

COMPARAÇÃO DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE O PISO DE CONCRETO COM TELA DUPLA E O PISO DE CONCRETO DE FIBRAS DE AÇO

Luiz Carlos da Encarnação Lima, Estudante de Engenharia Civil, Centro Universitário do Norte – UNINORTE

Charles Ribeiro da Silva, Professor Orientador, Centro Universitário do Norte - UNINORTE

RESUMO

Os pisos de concreto, possibilitam diversos tipos de uso e oferecem uma ótima solução para trabalhos onde se requer um pavimento de alto grau de resistência, ou apenas para usos comuns. Existem vários processos construtivos e materiais utilizados para se construir um piso de concreto. O trabalho a seguir, é um estudo feito de um comparativo de custo entre os processos construtivos para pisos de concreto armado com telas duplas, e um piso de concreto armado com fibras de aço, onde são apresentados os custos de execução da camada superior. A importância dessa compreensão, têm trazido muitos benefícios em diversos empreendimentos, e grandes empresas do setor já adotaram esta nova tecnologia, trazendo excelentes resultados e satisfação para os clientes que optam ou optaram por construir com uma tecnologia mais inovadora.

Palavras-chave: Piso de concreto; telas duplas, fibras de aço.

ABSTRACT

Concrete floors allow different types of use and offer a great solution for jobs where a high degree of resistance is required or only for common uses. There are several building processes and materials used to build a concrete floor. The following work is a study of a cost comparison between the constructive processes for double-reinforced concrete floors and a reinforced concrete floor with steel fibers, where the upper layer execution costs are presented. The importance of this understanding has

brought many benefits in many ventures, and large companies in the industry have already adopted this new technology, bringing excellent results and satisfaction to customers who choose or have chosen to build with a more innovative technology.

Keywords: Concrete floor; double screens, steel fiber

APRESENTAÇÃO / JUSTIFICATIVA

Há alguns anos atrás, a execução de pisos industriais era realizada da seguinte maneira: formava-se quadros de 20 a 30 metros quadrados, e concertava-os em formato de xadrez, com isso, a qualidade final dos pisos produzidos não atendiam algumas exigências, principalmente as que os fabricantes de equipamentos rodantes exigiam para operar suas máquinas, em locais como: Centros de distribuição, Supermercados, Depósitos e Armazéns. Observou-se que este setor da construção logo necessitaria de uma evolução, e tão logo um processo construtivo que pudesse atender as demandas de qualidade a qual o mercado exigia.

Em consequência disto, começaram a surgir empresas que se especializaram na construção de pavimentos rígidos de concreto armazéns indústrias e outros ambientes onde o pavimento era muito exigido mecanicamente. Os pisos industriais de concreto são elementos estruturais que têm a finalidade de resistir e distribuir ao subleito esforços verticais provenientes dos carregamentos. É sobre eles que as atividades de movimentação de cargas e de equipamentos se realizam.

As empresas especializadas passaram a adotar novos processos executivos e construtivos com equipamentos modernos que pudessem garantir um produto final de alta qualidade, foi então que surgiram as fibras de aço, que adicionadas ao concreto convencional melhoram em muito o seu desempenho, e não somente isso, mas trouxeram também economia para quem deseja construir um pavimento de alto desempenho.

Economizar na hora de construir, tem se tornado um desafio, visando isto, a proposta deste estudo, tem por finalidade apresentar a economia alcançada ao se executar um piso de concreto com o uso de novas tecnologias na área da construção civil, e como economizar tempo e dinheiro com adição de materiais que outrora não eram utilizados como material de construção. As fibras de aço têm sido utilizadas na construção de pavimentos de alto desempenho substituindo as telas eletrossoldadas e conseqüentemente eliminando etapas na hora de se construir um pavimento rígido, como: Materiais, Equipamentos e Mão de obra, o qual

demandariam um tempo superior na hora de executar o serviço, modificando assim o cronograma físico da obra e melhorando a capacidade de planejamento da mesma. Podendo assim entregar um produto de alta qualidade, minimizando o desconforto gerado na construção de uma obra para todos os envolvidos

1. OBJETIVO DO PROJETO

Facilitar a compreensão da viabilidade econômica entre um piso de alto desempenho, em concreto armado com tela dupla e um piso de alto desempenho em concreto armado com fibras de aço.

Demonstrar valores correspondentes a execução de um piso de concreto armado com fibras de aço. Apresentar uma comparação no custo entre os dois modos de execução e diferenciar a economia alcançada, quando se opta pelo piso de concreto armado com fibras de aço.

2. METODOLOGIA

Projeto realizado com a finalidade de fazer uma comparação de viabilidade econômica uma vez que utilizará o conhecimento da pesquisa para detecção dos problemas na execução de pisos.

Detectou-se a necessidade da pesquisa bibliográfica no momento em que se fez uso de materiais já elaborados: normas, leis e documentos eletrônicos na busca e aquisição de conhecimento sobre a viabilidade do uso do piso de concreto com fibras de aço, relacionando tal conhecimento com abordagens já trabalhadas por outros autores, e propor a solução mais favorável para a economia e viabilidade do uso de certos materiais. .

O projeto foi direcionando a pesquisa para a economia no uso de dois tipos de pisos distintos, sendo este necessário para o conhecimento da aplicação de novas tecnologias na construção civil e padronização do piso de concreto com fibras de aço fazendo um comparativo geral na economia alcançada com essa nova tecnologia.

2.1 COLETA DE DADOS

Será apresentado um levantamento de custo, avaliando dois processos de execução para pisos de alto desempenho, o armado com telas duplas ou o armado com fibras de aço, onde serão apresentados dois orçamentos distintos para obtenção dos valores de custo de cada processo, e em seguida feito o comparativo de cada um deles. A coleta de dados foi feita através de levantamentos feitos por uma empresa no ramo da engenharia civil, especialista na área de construção de pisos de alto desempenho, que solicitou que não tivesse seu nome divulgado, porém forneceu todas as informações necessárias para o resultado obtido neste trabalho.

As informações sobre quantidade de materiais, mão de obra aplicada para cada serviço e outras informações necessária para obtenção de valores de custo, são oriundos da própria empresa especializada na execução de pisos, e se adequa a realidade de cada projeto. E as informações sobre os carregamentos, segundo a empresa foram obtidos através de um programa de cálculo de pisos chamado draPRO, um software desenvolvido pela Belgo Bekaert que realiza o cálculo para esta atividade, analisando o volume crítico de fibras na matriz de concreto necessário para atingir um parâmetro de tenacidade, que seria área sob a curva do gráfico tensão x deformação para um determinado corpo de prova ensaiado, valores obtidos através de ensaios e parametrizados pela fibra e concreto podendo-se obter a resistência residual pós-fissuração que é provida por cada tipo de fibra em cada tipo de concreto.

Será mostrado em seguida a planta baixa e os detalhamentos do projeto do piso de um galpão, onde foi avaliado a melhor opção para sua construção. Foi elaborado um memorial de cálculo para se obter os valores para o orçamento de cada um dos modelos de piso.

2.1.1. Levantamento de dados para execução de piso com tela dupla

As figuras a seguir mostram a planta e os detalhamentos para piso com tela dupla.

Figura 01 – Planta do pavimento com o escopo da junta para piso com tela dupla

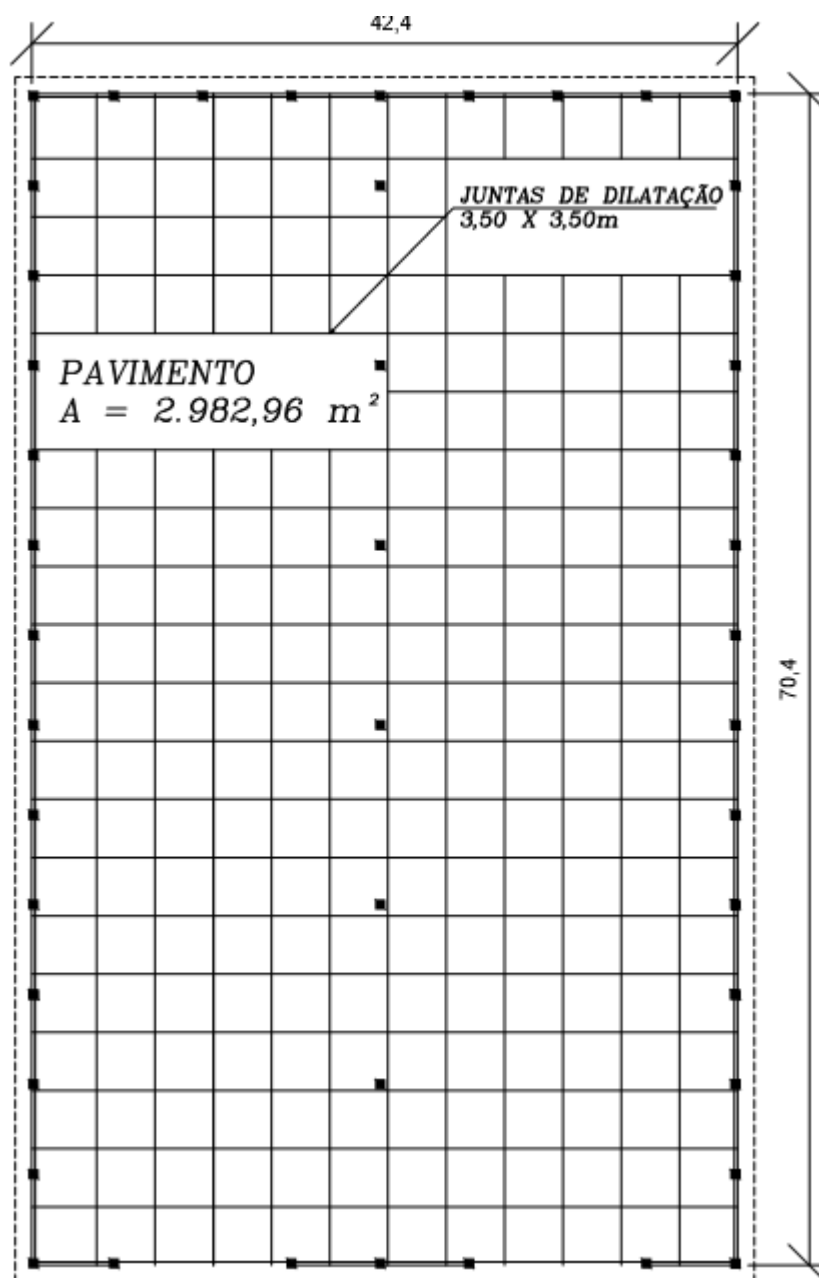


Figura02 – Corte do piso com detalhamento para piso com tela dupla

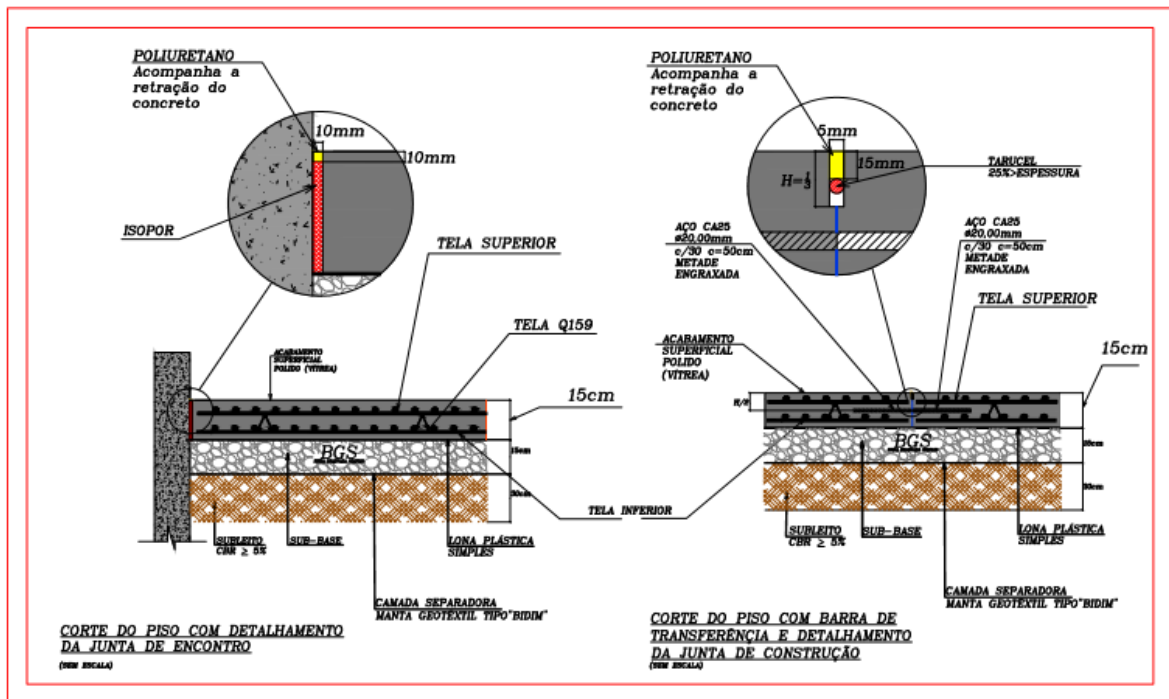


Figura 03 – Detalhamento das barras de transferência para piso com tela dupla

- Volume de concreto → $70,4 \times 42,4 \times 0,15 = 447,7 \text{ m}^3$ (Projeto)
- Quantidade de fibras de polipropileno $600\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 0,6 \times 447 = 268,2 \text{ Kg}$ (Projeto)
- Telas Q159 GERDAU $14,70\text{m}^2 \rightarrow 2984,96 / 14,70 = 203,05$ painéis (Projeto)
- Telas Q196 GERDAU $14,70\text{m}^2 \rightarrow 2984,96 / 14,70 = 203,05$ painéis (Projeto)
- Trelças espaçadores = 2 m para cada m de junta → $1.580 \times 2 = 3.160$ m trelça (Projeto)
- Barras de transferência $\phi 20 \text{ mm} \times 50 \text{ cm} = 1$ barra a cada 0,30 m → $1.580 / 0,30 = 5.266,67$ barras (Projeto)

2.1.3 Equipamentos para piso com tela dupla

- Bomba de concreto → R\$ 150,00/m³, acima de 10m³ o valor é acrescido R\$ 25,00 para cada m³.

2.1.4 Mão de obra para piso com tela dupla

- Execução (Armação de tela) → R\$/m² 6,25
- Execução (Piso) → R\$/m² 9,50

2.1.5 Orçamento para piso de concreto armado com telas duplas

A tabela a seguir mostra o custo por m², para o piso de concreto armado com tela dupla, com os dados levantados anteriormente. Os valores podem variar, dependendo da região.

Tabela 1

Orçamento para piso de concreto armado com tela dupla

PISO DE CONCRETO ARMADO COM TELA DUPLA					
DESCRIÇÃO	UNID	QUANT	P. UNIT.	SUBTOTAL	TOTAL

MATERIAIS					
Concreto Fck 25 Mpa	m ³	447,70	R\$ 460,00	R\$ 205.942,00	
Fibras de polipropileno	Kg	268,20	R\$ 12,00	R\$ 3.218,40	
Tela Q159 GERDAU	m ²	203,05	R\$ 204,03	R\$ 41.428,29	
Perdas e sobreposições 5%	m ²	10,15	R\$ 204,03	R\$ 2.071,41	
Tela Q196 GERDAU	m ²	203,05	R\$ 250,92	R\$ 50.949,31	
Perdas e sobreposições 5%	m ²	10,15	R\$ 250,92	R\$ 2.547,47	
Treliça (espaçadora)	M	3.160,00	R\$ 8,25	R\$ 26.070,00	
Barra de transferência ϕ 20 mm x 50 cm	Br	5.266,67	R\$ 4,05	R\$ 21.330,01	
Subtotal					353.556,89
EQUIPAMENTOS					
Bomba de concreto (Até 10 m ³ = 150,00 o m ³ bombeado, acima + 25,00 a cada m ³ bombeado)	Vb	437,70	25,00	12.442,50	
Subtotal					12.442,50
MÃO DE OBRA					
Execução armação de tela	m ²	2.984,96	6,25	18.656,00	
Execução de piso	m ²	2.984,96	9,50	28.357,12	
Subtotal					47.013,12
TOTAL GERAL					413.012,51
R\$ m² = 138,36					

2.1.6 Levantamento de dados para execução de piso com fibras de aço

As figuras 05,06 e 07 mostram a planta e os detalhamentos para piso com fibras de aço respectivamente. Os valores dos insumo, equipamentos e mão de obra, foram obtidos através de cotações junto as empresas de engenharia especialistas neste seguimento.

Figura 05 – Planta do pavimento com o escopo da junta para piso com fibras de aço

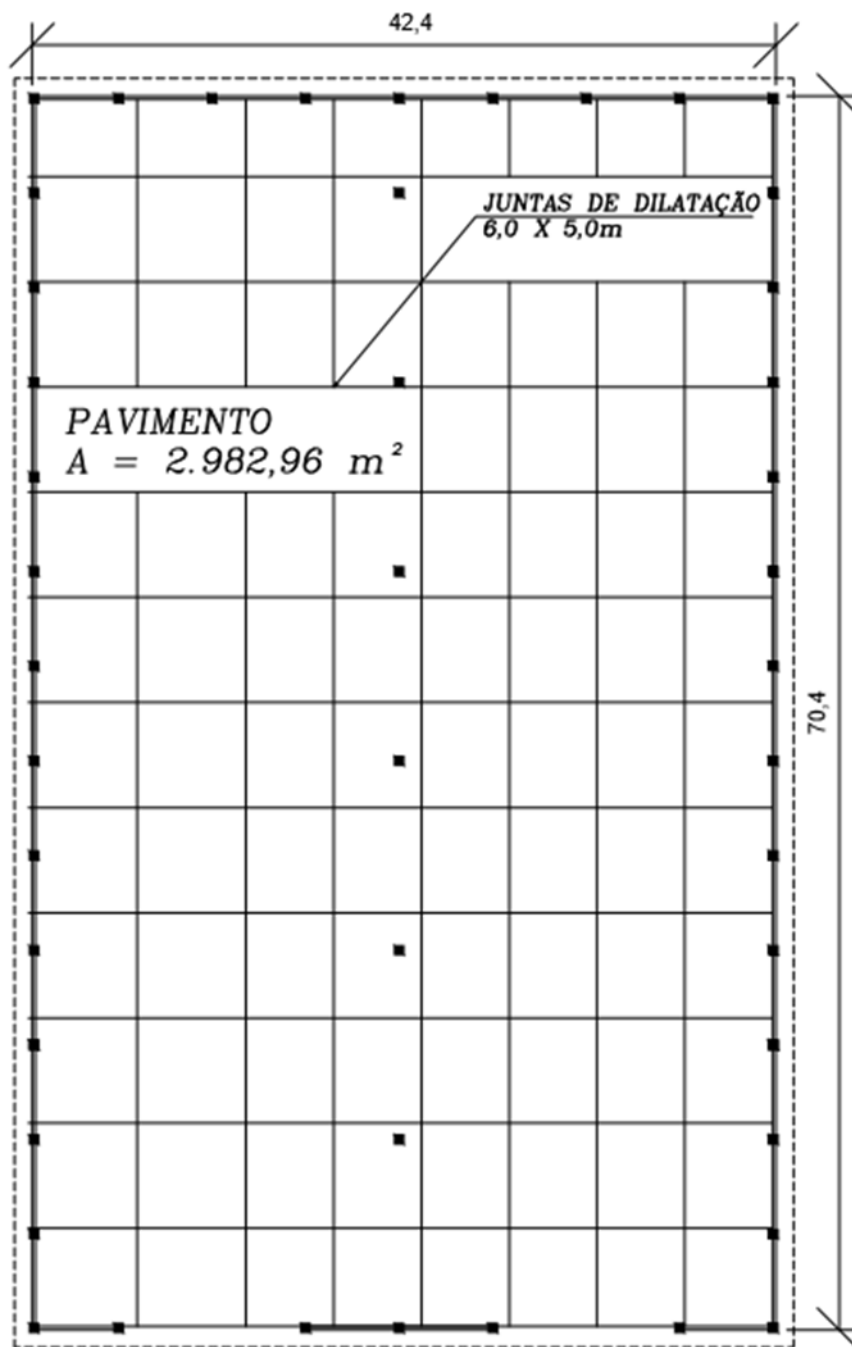


Figura 06 – Corte do piso com detalhamento para piso com fibras de aço

2.1.7 Levantamento de materiais para de piso com fibras de aço

- Volume de concreto → $70,4 \times 42,4 \times 0,12 = 358,2 \text{ m}^3$ (Projeto)
- Quantidade de fibras de polipropileno $600\text{gm}^3 \rightarrow 0,6 \times 358,20 = 214,92 \text{ Kg}$ (Projeto)
- Quantidade de fibras de aço $25 \text{ Kg/m}^3 \rightarrow 25 \times 358,2 = 8.955\text{Kg}$
- Treliças espaçadores = 2 m para cada m de junta → $959,20 \times 2 = 1.918,40 \text{ m}$ treliça (Projeto)
- Barras de transferência $\phi 20 \text{ mm} \times 50 \text{ cm} = 1$ barra a cada 0,30 m → $959,20 / 0,30 = 3.197,33$ barras (Projeto)

2.1.8 Equipamentos para execução de piso com fibras de aço

- Bomba de concreto → R\$ 150,00/m³, acima de 10m³ o valor é acrescido de R\$ 25,00 para cada m³. (Cotação em mercado local)

2.1.9 Mão de obra para execução de piso com fibras de aço

- Execução (Piso) → R\$/m² 9,50

2.1.10 Orçamento para execução de piso com fibras de aço

A tabela 2, mostra o custo por m², para o piso de concreto armado com fibras de aço. com os dados levantados anteriormente Os valores foram podem variar, dependendo da região.

Tabela 2

Orçamento para piso de concreto armado com fibras de aço

PISO DE CONCRETO ARMADO COM FIBRAS DE AÇO					
DESCRIÇÃO	UND	QUANT	P. UNIT.	SUBTOTAL	TOTAL
MATERIAIS					
Concreto Fck 25 Mpa	m ³	358,20	460,00	164.772,00	
Fibras de polipropileno	Kg	214,92	12,00	2.579,04	
Fibras de aço	Kg	8.955,00	12,00	107.460,00	
Treliça (espaçadora)	m	1.918,40	8,25	15.826,80	
Barra de transferência ϕ 20 mm x 50 cm	br	3.197,33	4,05	12.949,19	
Subtotal					R\$ 303.587,03
EQUIPAMENTOS					
Bomba de concreto (Até10 m ³ = 150,00 o m ³ bombeado, acima + 25,00 a cada m ³ bombeado	vb	437,70	25,00	R\$ 12.442,50	
Subtotal					R\$ 12.442,50
MÃO DE OBRA					
Execução de piso	m ²	2.984,96	9,50	R\$ 28.357,12	
Subtotal					R\$ 28.357,12
TOTAL GERAL					R\$ 344.386,65
				R\$/m² = 115,37	

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONTEXTUALIZAÇÕES HISTÓRICA DA ENGENHARIA

Ao procurarmos uma definição de Engenharia encontraremos: Engenharia é a arte de aplicar conhecimentos científicos e empíricos e certas habilitações específicas à criação de estruturas, dispositivos e processos que se utilizam para

converter recursos naturais em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas (FERREIRA, 1986).

Quando definida como arte esse conceito é tão antigo quanto o homem, porém ao ser considerada como um conjunto de conhecimentos com forte base científica, combinados de modo organizado, a engenharia surgiu no século XVIII. Desse modo, a engenharia, seja ela qual for, consiste na atuação de um profissional qualificado e capacitado, o qual possui diploma e legalmente habilidade para exercer a profissão. (Telles, 1994)

Quando apenas existiam duas engenharias, Civil e Militar, a engenharia civil foi uma das primeiras a se destacar. A engenharia militar era desenvolvida pelas pessoas que serviam ao conjunto militar, enquanto a engenharia civil era exercida pelos cidadãos. Com o tempo a engenharia civil foi aprimorando-se e subdividindo-se, entre as ramificações, hoje pode se encontrar subdivisões como a engenharia elétrica, mecânica, química, naval, mecatrônica entre outras. De acordo com Telles (1994), o engenheiro inglês John Smeaton, um dos descobridores do cimento Portland (século XVIII), foi quem usou pela primeira vez o termo engenheiro civil como caracterização profissional, para distinguir dos engenheiros.

Ao levar em consideração sua importância, é impossível pensar em um mundo sem a engenharia civil. Mas, se num exercício chegássemos a criar uma cidade sem intervenção da engenharia civil, com certeza teríamos uma realidade de barracos isolados, sem comunicação, energia ou sistema de água e esgoto.

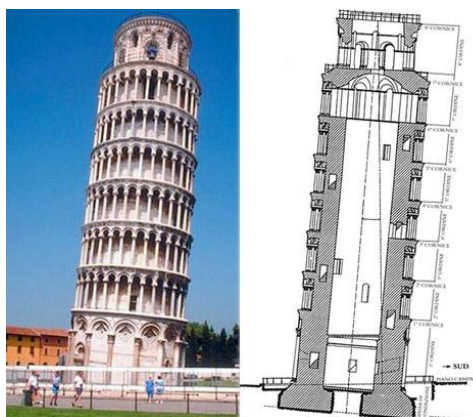
O engenheiro civil é o único que está qualificado a lidar com projetos e construções de edifícios, estradas, túneis, metrô, barragens, portos, aeroportos e até usinas de geração de energia, assim como apto a escolher os locais mais apropriados para se realizar uma construção, verificar se o terreno e o material realmente são adequados para a obra, fiscalizando o andamento da construção.

Atualmente a engenharia, seja ela qual for possui certo prestígio na sociedade, porém para alcançar esse “status” ela vem de um longo caminho entre falhas e sucessos. Quando o homem deixou as cavernas, preocupado com a proteção dos seus, passou a pensar num abrigo com mais segurança e conforto. Na Antiguidade surgiram os templos, os palácios e os canais de irrigação, esses passaram, devido a sua aparência, a fazer parte da paisagem.

Na Idade Média, a engenharia civil ganhou um novo impulso, mesmo que para fins militares com os frequentes ataques sofridos pelo Império Bizantino tornou-se necessário a construção de fortalezas e muralhas ao redor das cidades. Além disso, Igreja foi uma força paralela ao Império, impulsionou a construção de catedrais cada vez mais suntuosas com mosaicos e formas atraentes.

Entretanto, a história da engenharia não está escrita apenas por sucessos, também há falhas, algumas delas foram contornadas e desenvolveu-se uma solução, como no caso da Torre de Pisa (Figura 08), construída na cidade de Pisa, na Itália, devido à investigação do subsolo ineficiente, a torre começou a sair do seu eixo e, se não fossem os avanços tecnológicos, já teria ruído. Mas tal torre pode ser considerada um acidente de certo modo até compreensível, pois naquela época não havia escolas de engenharia civil e os conhecimentos quanto aos cálculos estruturais eram limitados. Pois segundo Pardal (1986), os primeiros engenheiros diplomados tiveram a sua formação acadêmica promovida pela ENPC - École Nationale des Ponts et Chaussées, estabelecimento de ensino que foi fundado em Paris, em 1747, por iniciativa de Daniel Trudaine.

Figura 08 - Torre de Pisa



Fonte: Pet engenharia civil

Os primeiros passos da engenharia no Brasil, foram dados ainda no período colonial, com a construção dos fortes e igrejas. A partir desse momento a construção civil tem um grande crescimento no Brasil com o levantamento dos muros da cidade de Salvador (BA), a capital da época, construção do edifício da alfandega e o sobrado de pedra-e-cal. Muito tempo depois houve a criação da primeira escola de engenharia brasileira, a Real Academia de Fortificação e Desenho em 17 de dezembro de 1792, na cidade do Rio de Janeiro, pioneira em ter o curso formal de

engenharia no Brasil, com o principal objetivo de formar oficiais da artilharia, além de engenheiros e cartógrafos, segundo registros de (PARDAL, 1986) e (TELLES, 1994). Em seguida a academia foi transformada em Escola Central de Engenharia e, depois, convertida em curso exclusivo de Engenharia Civil. Atualmente essa instituição é conhecida como a Escola Nacional de Engenharia.

Figura 09 - Academia Real Militar



Fonte: História da escola politécnica

Ao longo do tempo percebe-se um que a engenharia civil ganhou estudos mais sistematizados e as cidades passaram a crescer rapidamente, com os altos edifícios, as pontes quilométricas, o sistema de saneamento básico, as estradas pavimentadas e o metrô, proporcionando mais conforto e uma estrutura mais segura nesses empreendimentos. Para construir obras tão distintas, o engenheiro precisou adquirir conhecimentos profundos em pelo menos cinco grandes áreas para acompanhar esses avanços: estruturas, estradas e transportes, hidráulica e saneamento, geotecnia, materiais e construção civil, que são as modalidades que hoje compõem a base dos currículos acadêmicos dos cursos de engenharia civil.

O profissional qualificado como engenheiro civil tem a capacidade de projetar, gerenciar e executar construções ou reformas de casas, prédios, pontes, viadutos, estradas, barragens e outras obras da engenharia hidráulica fluvial e da hidráulica marítima, assim como a sanitária. Um profissional completo sendo incumbido de analisar as características do solo, o estudo da insolação e da ventilação do local e a

definição dos tipos de fundação. Com essas informações pode-se desenvolver o projeto, especificando todas as propriedades da obra

as redes de instalações elétricas, hidráulicas e de saneamento do edifício e definindo o material que será usado. Na execução das obras, chefia as equipes de trabalho, supervisionando prazos, custos, padrões de qualidade e de segurança. Cabe a ele garantir a estabilidade e a segurança da edificação, calculando os efeitos dos ventos e das mudanças de temperatura na resistência dos materiais. Além de tudo isso o engenheiro civil também pode dedicar-se à administração de recursos prediais, gerenciando a infra-estrutura e a ocupação de um edifício. (CONFEA, 1973).

Tendo como ferramentas mais usuais, a computação, a matemática, a física, a química, e um conjunto de técnicas no desenvolvimento de suas atividades, entre as quais os modelos matemáticos e os modelos físicos nos mais diversos laboratórios de engenharia civil das diferentes modalidades, vale ressaltar que qualquer uma delas isoladas não qualifica um bom profissional, apenas união de todos esses conhecimentos e a aplicação da interdisciplinaridade podem capacitá-lo para tal.

Dar-se-á ênfase neste trabalho, ao engenheiro civil especialista em cálculo estrutural, aquele que se aprimorou no ramo das estruturas, sendo capaz de dimensionar a estrutura como um todo, seja qual for à construção ou reforma, este possui atribuições, como nenhum outro, que lhe dão a oportunidade de calcular os pontos críticos da estrutura e, se necessário for realizar o reforço, da forma adequada.

Visando uma estrutura mais estável utilizando uma quantidade mínima de material e tempo o calculista deve manter, e é cobrado por isso, a melhor relação custo/benefício na obra, desse modo este deve ter mais cuidado com a segurança da obra e o custo, o engenheiro deve conciliar estes dois contraditórios princípios da engenharia estrutural

3.2. Contextualização histórica da engenharia estrutural

Timoshenko (1878-1972), um dos pais da Engenharia Estrutural moderna, apresenta em seu livro História da Resistência dos Materiais (Timoshenko 1983) um histórico do desenvolvimento teórico sobre o comportamento de estruturas.

Engenharia Estrutural vai encontrar raízes, nos grandes monumentos e pirâmides do antigo Egito e nos templos, estradas, pontes e fortificações da Grécia e da Roma antigas. A formalização teórica inicial da Engenharia Estrutural é atribuída à publicação do livro *Duas Ciências*, de Galileu, em 1638, que deu origem a todo o desenvolvimento da ciência desde o século 17 até os dias atuais. Bem antes, Leonardo da Vinci (1452-1519) já havia escrito algumas notas sobre Estática e Resistência.

Durante esses séculos, vários matemáticos e cientistas ilustres deram suas contribuições para formalizar a Engenharia Estrutural tal como se entende atualmente. Até o início do século XX podem ser citados, dentre outros, Jacob Bernoulli (1654-1705), Euler (1707-1783), Lagrange (1736-1813), Coulomb (1736-1806), Navier (1785-1836), Thomas Young (1773-1829), Saint-Venant (1797-1886), Kirchhoff (1824-1887), Kelvin (1824-1907), Maxwell (1831-1879) e Mohr (1835-1918). A formalização da Engenharia Estrutural através de teorias científicas permite que os engenheiros estabeleçam as forças e solicitações que podem trabalhar com segurança nas estruturas ou em seus componentes.

A Engenharia Estrutural permite também que os engenheiros determinem os materiais adequados para a estrutura, suas dimensões e seus componentes, sem que estes sofram efeitos prejudiciais para o seu bom funcionamento. Com Revolução Industrial no fim do século 19, grandes avanços ocorreram na Engenharia Estrutural. Novos materiais passaram a ser utilizados nas construções, tais como concreto armado, ferro fundido e aço. Também é nessa época que a Engenharia Estrutural teve um grande desenvolvimento no Brasil.

Em seu livro *História da Engenharia no Brasil* (Telles 1994-1, Telles 1984-2), Pedro Carlos da Silva Telles descreve, com uma impressionante quantidade de informações históricas, esse desenvolvimento. Durante o século XX, os principais desenvolvimentos se deram nos processos construtivos e nos procedimentos de cálculo. A Engenharia Civil brasileira é detentora de vários recordes mundiais, notadamente na construção de pontes.

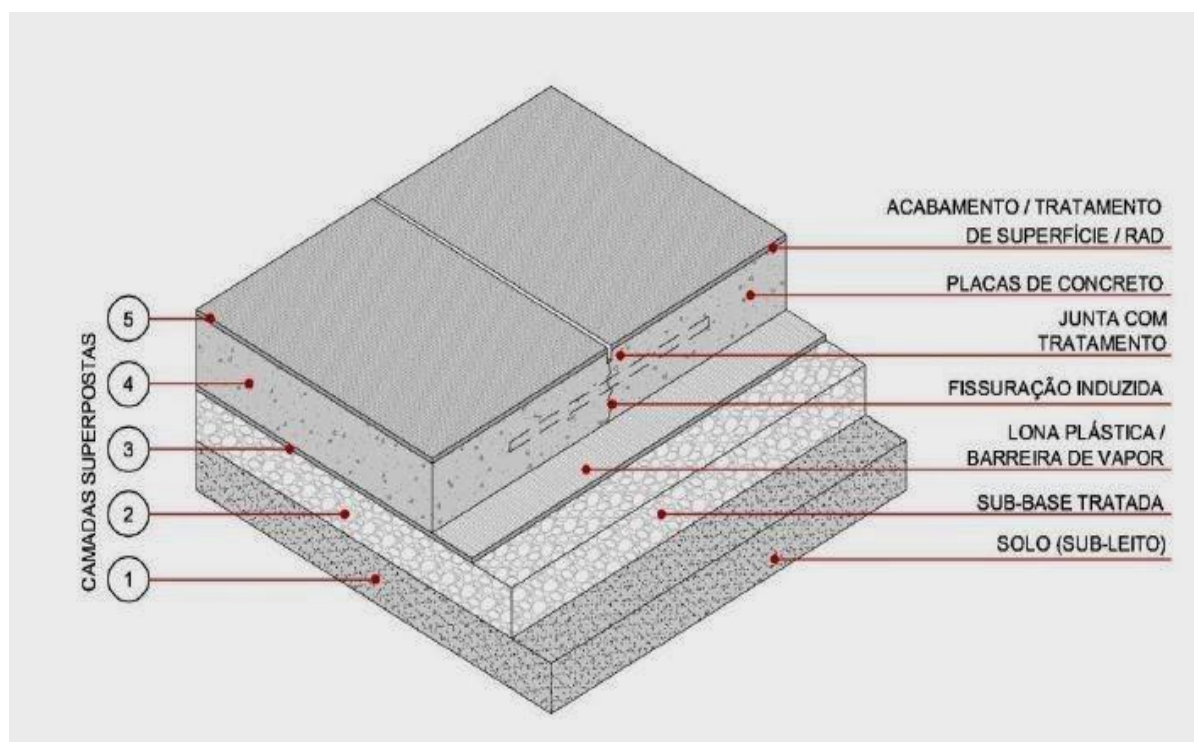
3.3 PISOS DE CONCRETO

A Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho 2009, (ANAPRE) define piso de alto desempenho, ou industrial como o elemento estrutural que tem por finalidade resistir e distribuir os esforços verticais provenientes dos carregamentos ao subleito.

Trata-se de elemento continuamente apoiado que apresenta dimensionamento capaz de suportar cargas diversificadas quanto à intensidade e forma de atuação.

É um sistema construtivo composto geralmente por cinco camadas superpostas, com diferentes funções, cujo correto dimensionamento, especificação e execução é de absoluta importância para a eficiência e qualidade do piso projetado, como mostra a figura 10.

Figura 10 – Camadas superpostas piso de alto desempenho



Fonte - Carvalho, (2009)

Quando se dimensiona um piso alguns fatores como traço, a granulometria dos agregados, o teor de argamassa, devem ser levados em consideração. Em relação a espessura, um piso deve ser dimensionado de acordo com o tipo de carga que será imposta, no entanto, recomenda-se que espessura mínima seja de 10 cm.

A espessura do piso deve ter três a quatro vezes o diâmetro do agregado máximo. Quando o dimensionamento do piso é realizado segundo as normas europeias existe uma limitação em relação a dimensão máxima da brita, sendo recomendada a dimensão máxima de 32 mm. GUIMARÃES, (2010).

Até a década de 1970, a execução de pisos industriais era realizada formando-se quadros de 25 metros quadrados concretados em dama, a qualidade final do piso produzido era muito distante das exigências impostas pelos fabricantes de equipamentos de rodagem para a operação de galpões de armazenagem, centros de distribuição, supermercados, depósitos e pavimentos industriais.

No Brasil, por volta de 1980, surgiram as primeiras empresas especializadas na execução de pisos industriais, que adotavam novos processos executivos e equipamentos modernos, específicos para a atividade. Este setor da construção logo se fixou no mercado, tornando impossível imaginar a execução de pavimentações de concreto para indústria, galpões, portos, aeroportos.

A grande durabilidade e a pequena necessidade de manutenção são consideradas condições fundamentais no desenvolvimento de projetos da nova geração de pavimentos. Ademais, na pavimentação de rodovias, grandes avenidas, corredores de ônibus, anéis viários e arruamento em indústrias, a relação custo/benefício envolvida na execução de pisos industriais é imbatível. As empresas de diversos ramos de atividade valorizam as boas técnicas, hoje mundialmente reconhecidas, e as adotam como condição de infraestrutura para desenvolvimento de suas atividades, sendo a qualidade do piso elemento relevante para a obtenção do aumento na produtividade.

Com completo domínio das técnicas de projeto e execução, o Brasil tornou-se, nos últimos 20 anos, um dos países líderes no dimensionamento e execução de pavimentos industriais.

A execução de pisos industriais no mercado brasileiro segue a prática evolutiva da escola europeia e cresce a passos largos, apresentando bons resultados tanto do ponto de vista econômico como da sustentabilidade pela utilização de menor quantidade de insumos para a obtenção de resultados satisfatórios. Comparado ao sistema americano, a presença da armadura é fator de maior relevância na formação do sistema europeu. A Arte dos Pisos Industriais - do

sistema de damas ao pretendido. (P. BINA; A. O. F. TEIXEIRA IBRACON, SÃO PAULO, 2002).

A ANAPRE contratou uma empresa especialista em pesquisas mercadológicas no segmento da construção para estimar o tamanho do mercado de piso industrial no Brasil. Esse levantamento era para apurar a quantidade de metros quadrados de piso executados em 2011 para os seguintes tipos de obras: comercial (atacadistas, varejo), industrial e de logística (centros de distribuição).

Quatro fontes referenciais foram utilizadas. Os players do mercado (projetistas e executores de piso) por meio de entrevistas para entender sua percepção do tamanho do mercado tecnicamente formal e informal. As associações setoriais de materiais (ligadas à produção de piso) também por meio de entrevistas para o levantamento de dados sobre a relevância desse mercado para cada insumo e de quanto o mercado de piso industrial representa em seu consumo total.

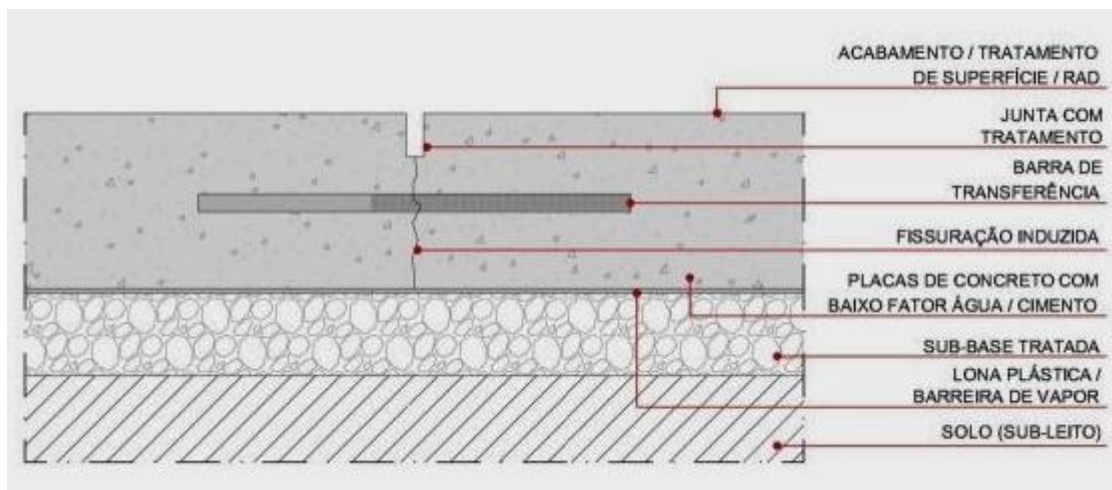
Os fornecedores de insumo para piso por meio de entrevistas para estimar diretamente o mercado de piso, a partir da segmentação realizada pelos próprios fornecedores.

3.4 TIPOS DE PISOS DE CONCRETO

3.4.1 Pisos de concreto Simples sem a presença de armadura

Segundo Chodounsky e Viecili (2007), nos pavimentos de pisos de concreto simples, todos os esforços de tração gerados pela retração, variação térmica e pelo carregamento, são resistidos pelo concreto. Não há presença de armadura estrutural ou de combate à retração, como demonstra a figura 11.

Figura 11 – Pavimento de concreto simples sem barra de transferência



Fonte - Carvalho (2009)

O processo executivo deste tipo de pavimento é bastante simplificado, porém apresenta menor resistência e durabilidade que os demais pisos de concreto. Sua utilização é restrita em áreas onde existem grandes necessidades de suporte de carga, sendo indicado geralmente para casos onde a grande quantidade de juntas não prejudica a vida útil do pavimento. Nakamura (2009)

Segundo Oliveira (2000), a quantidade de cimento deve ser elevada para aumentar a resistência do material e combater os esforços de compressão e flexão. Por isso, nestes tipos de pavimentos, o concreto deve apresentar fator água / cimento reduzido e processo de cura adequado como alternativa de combate às fissuras por retração hidráulica.

Outro fator importante é que o processo de fadiga do concreto (degradação da placa em função da repetição de carregamentos) pode comprometer a estrutura do material.

Segundo Chodounsky e Viecili (2007), devido a esse processo repetitivo, o concreto poderá romper mesmo que essa tensão admissível não seja alcançada.

Chodounky & Viecili (2007) comentam ainda que os pavimentos em concreto simples podem possuir, ou não, barras de transferência e armaduras em algumas placas, eventualmente, exigidas pelo projeto para controle de fissuração por retração ou devido ao formato irregular da placa. Essas placas, em que se utilizam barras de transferência, possuem uma espessura maior do que as que não utilizam.

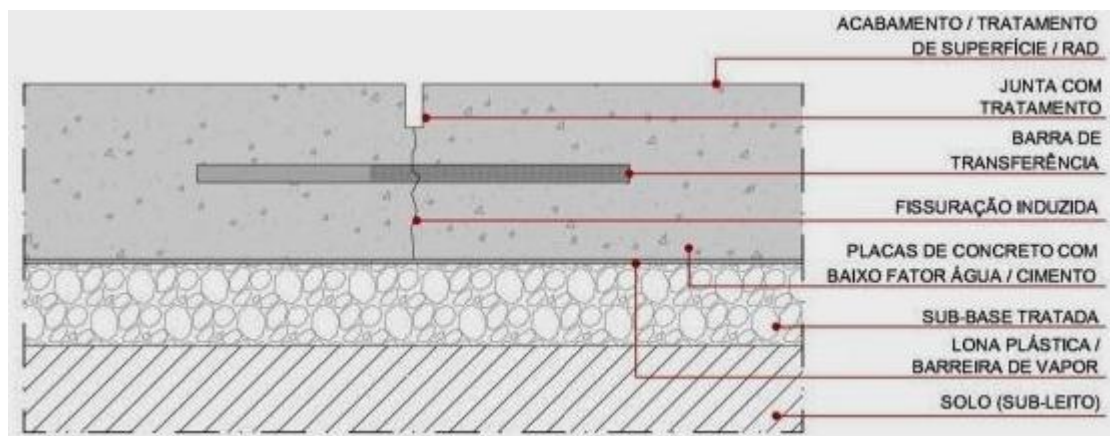
De acordo com Oliveira (2000), para evitar patologia nas áreas das juntas é utilizado barras de transferência entre as placas concretadas e não descaracteriza o

pavimento como um sistema de concreto simples, pois as barras de aço não trabalham como armadura, sendo apenas utilizadas para transferir os esforços entre as placas.

Para o dimensionamento da espessura dos pavimentos de concreto simples apresentam limitações graves, por exemplo, a impossibilidade de consideração da contribuição estrutural de bases cimentadas aderidas ou não, bem como os efeitos de gradientes térmicos sobre estas placas de concreto (CRISTELLI, 2010).

A figura 12, mostra o perfil de um piso de concreto simples com barra de transferência.

Figura 12 – Pavimento de concreto simples com barra de transferência



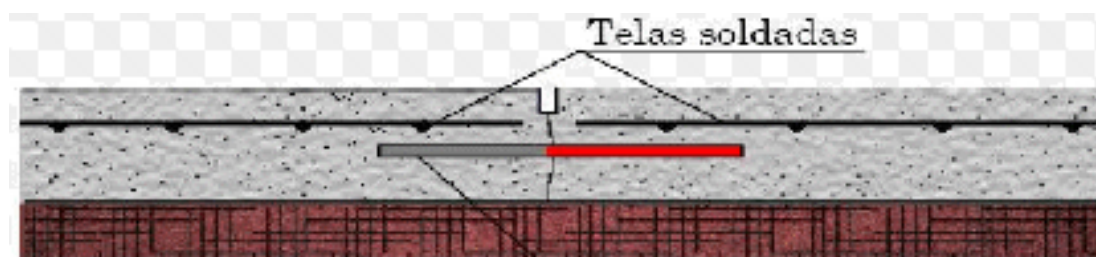
Fonte - Carvalho, (2009)

3.4.2 Piso de concreto armado com apenas 01 armadura

Segundo Chodounsky e Viecili (2007), os pavimentos de pisos de concreto simples, com apenas uma (01) armadura, são mais utilizados para pequenos carregamentos, aqueles utilizados para cargas de veículos leves nos estacionamentos ou de pessoas em passeios públicos, como calçadas e shoppings, podem ser armados com telas somente na face superior com o objetivo principal de combater as tensões de retração do concreto.

A figura 13 mostra o perfil de um piso de concreto simples com apenas uma (01) armadura distribuída.

Figura 13 – Piso de concreto com 01 armadura distribuída



Fonte - Oliveira, (2000)

Quanto às dimensões da placa de concreto, Oliveira (2000) afirma que a armadura distribuída possibilita a execução de placas de concreto de 6 metros de largura por 30 metros de comprimento, porém é comum adotar 15 metros como sendo um comprimento usual para esse tipo de piso.

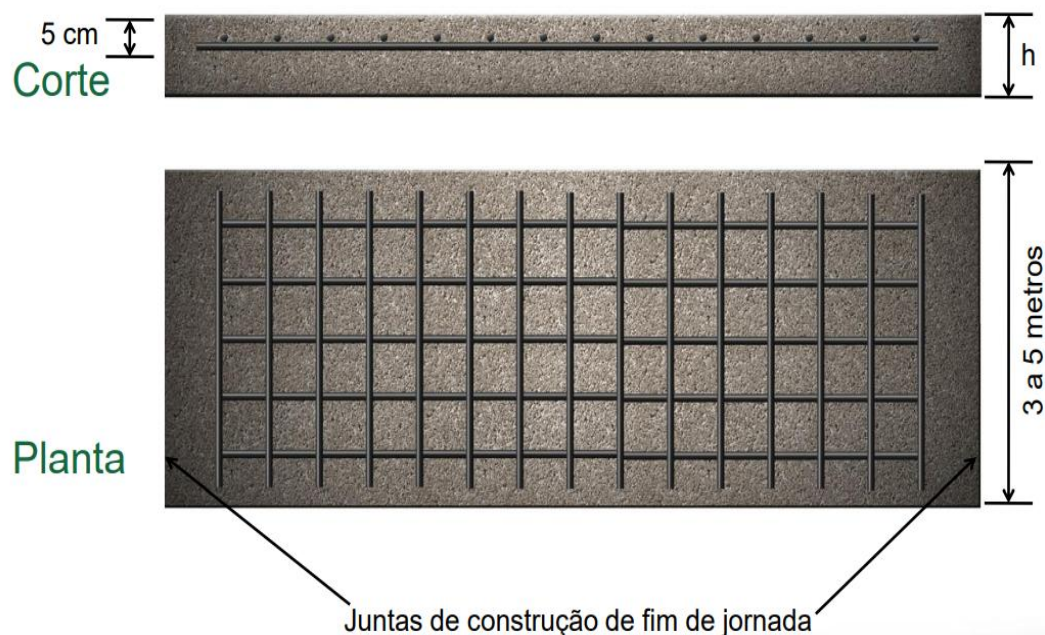
3.4.3 Piso com armadura distribuída contínua sem função estrutural

Segundo Nakamura (2009), quando se utiliza armadura simples, ela é posicionada a 3 cm da face superior do piso, apenas para absorver os esforços provenientes da retração; esta armadura não tem nenhuma função estrutural. Não é dimensionada para absorver esforços de tração na flexão do conjunto, mas somente para carga distribuída.

Desta maneira, o dimensionamento utilizando armadura simples deverá ser feito utilizando os critérios de cálculo para concreto simples. Os pisos com armaduras contínuas.

A figura 14 representa um piso de concreto com armadura simples, distribuída continuamente.

Figura 14 – Pavimento de concreto armado com tela contínua sem função estrutural



Fonte – Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP

Segundo DAL-MASO (2008), são compostos por malhas de fios de diâmetro reduzido, possuem pequena rigidez e não combatem com eficiência a fissuração das placas de concreto causada pelo processo de retração hidráulica.

A redução e a eliminação das trincas e fissuras podem ser alcançadas com a utilização de barras com maiores bitolas, espaçamento adequado entre os fios e dosagem adequada do concreto. Pode-se subclassificar este grupo de pisos em pavimento de concreto com armadura distribuída continuamente e pavimento de concreto com armadura distribuída descontinuamente. As interrupções nas armaduras são executadas quando há necessidade de disposição de juntas serradas no pavimento para controle da fissuração causada por retração e dilatação (OLIVEIRA, 2000).

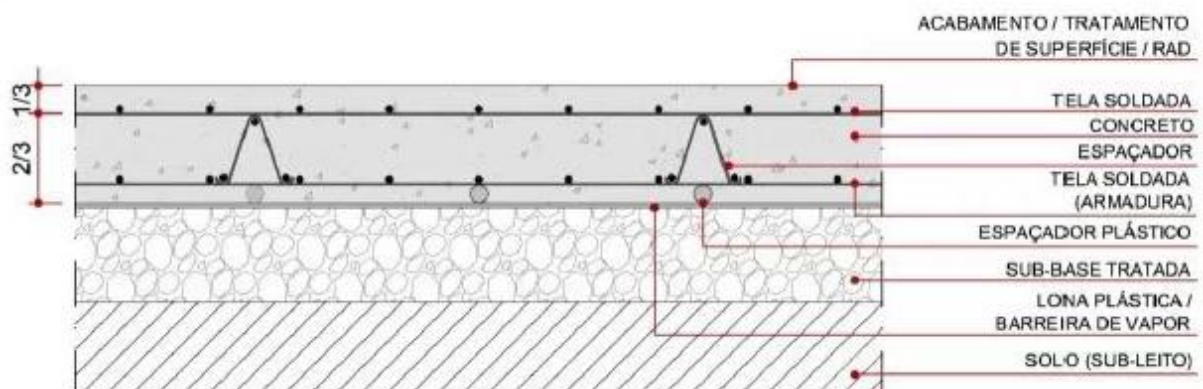
3.4.4 Piso com armadura dupla estruturalmente distribuída

Piso com armadura distribuída, é o sistema de pavimentação industrial mais popularmente adotado no Brasil, uma vez que a presença das telas (armadura distribuída) não só controla a fissuração como também participa com resposta estrutural ao sistema. O pavimento é composto por placas de concreto e uma tela

metálica eletrossoldada no terço superior da altura, com o objetivo de controlar a fissuração causada pela retração por secagem do concreto devido às variações de temperatura (dilatação hidrotérmica). Toda a camada de um piso de concreto, dentro do sistema construtivo, tem uma função. Os cuidados de execução de cada uma delas são de extrema importância para a eficiência e qualidade do piso industrial. Essas camadas trabalham como um conjunto de mecanismos integrados de um único sistema construtivo e a interação entre as mesmas é fator determinante para a qualidade do pavimento.

Quando se projeta um piso industrial uma série de quesitos devem ser levados em consideração, como o desempenho estrutural, a estética, a durabilidade e a questão econômica. Devido ao fato da construção civil estar cada vez mais exigente novos materiais e tecnologias estão, constantemente, sendo desenvolvidos, porém, nos últimos anos, engenheiros e técnicos têm avaliado que cada vez mais crescem as patologias em pisos industriais (CHODOUNKY; VICIELI,2007; FORTES et al.2008).

Figura 15 – Corte de pavimento de concreto estruturalmente armado com tela dupla

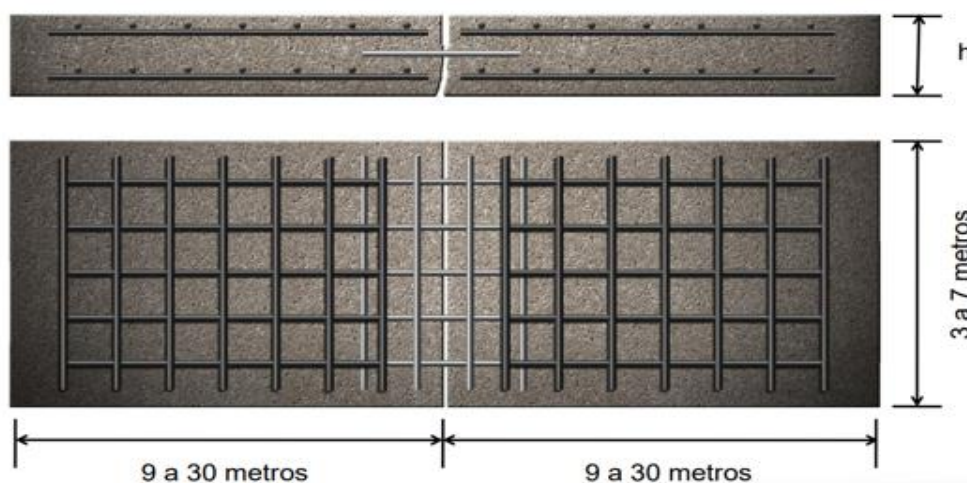


Fonte – Carvalho (2009)

Segundo Bina e Teixeira (2002), o piso de concreto armado utiliza armaduras com finalidade estrutural, isto é, a armadura tem de fato a função de controlar as tensões de tração na flexão geradas na placa. A armadura principal, habitualmente constituída de telas eletrossoldadas ou de aço convencional em

barras, é sempre colocada na parte inferior das placas, região onde as principais tensões se desenvolvem. Neste tipo de piso é possível executar placas de até 25 metros de comprimento, desde que se inclua uma armadura complementar na face superior destinada a absorver os esforços devidos à retração e variações térmicas do concreto, como mostra a figura 16.

Figura 16 – Pavimento de concreto estruturalmente armado com tela dupla



Fonte – Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2010)

O piso industrial é um dos componentes mais importantes de uma instalação industrial, em qualquer área de produção ou logística. Frequentemente são encontradas muita desagregação superficial em relação a outras estruturas, por isso se deve ter cuidado com os critérios de dimensionamento utilizados (CHODOUNKY & VICILLI 2007).

3.4.5 Piso de concreto armado com fibras de aço.

Chodounsky e Viecili (2007), define o concreto armado com fibras de aço como uma mistura (compósito) constituída de duas fases: o concreto e as fibras, como mostra a figura 15.

Suas propriedades são determinadas pelo comportamento estrutural do conjunto formado por seus componentes.

A figura 16, apresenta o perfil de pisos de concreto armado com fibras de aço, a adição de fibras ao concreto substitui a armadura distribuída convencional, e devido ao seu alto módulo de deformação, resiste aos esforços de tração, reduzindo os índices de fissuração dos pavimentos, gerando material com elevado índice de ductilidade e boa capacidade de redistribuição dos esforços. O número de juntas é reduzido devido às tensões geradas no interior das placas (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007).

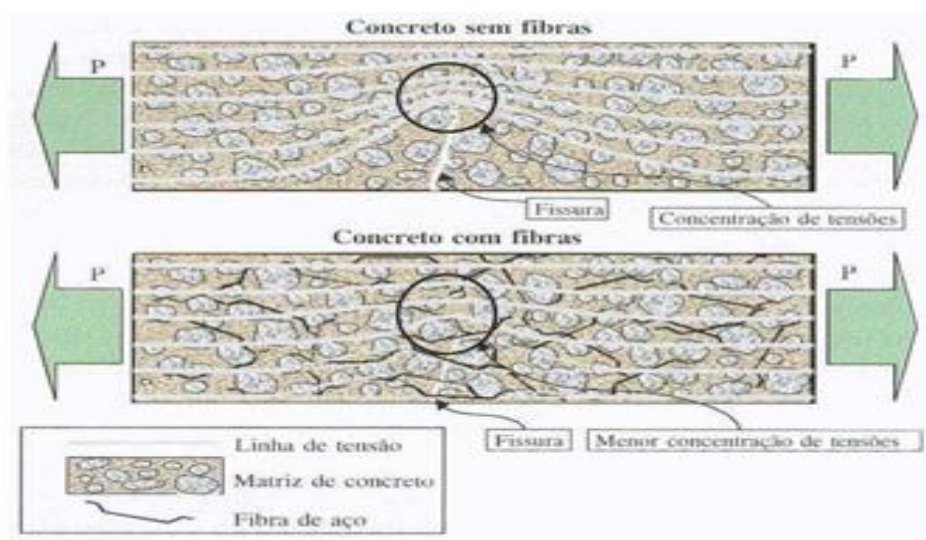
Figura 17 – Mistura de concreto reforçado com fibras de aço



Fonte – Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP

Pode-se utilizar as fibras de aço em substituições totais ou parciais da armadura convencional em estruturas que tenham distribuição de esforços e tensões no apoio da placa.

Figura 18 – Perfil do concreto com fibras de aço



Fonte – Concreto com fibras. Concreto, São Paulo, Ed. Geraldo Cechella Isaia, IBRACON (2005)

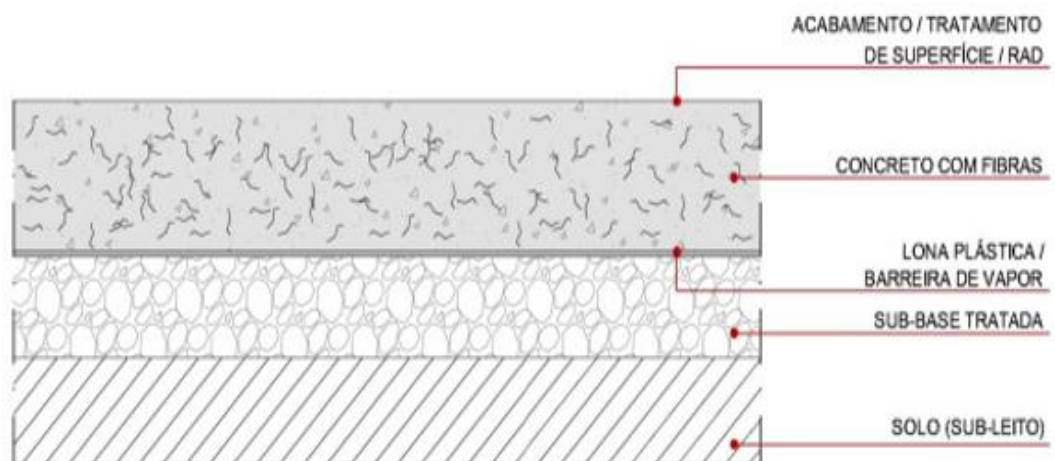
Para combater os esforços mecânicos atuantes nas placas dos pavimentos industriais, tem-se como alternativa o uso das fibras de aço. Normalmente as dosagens variam de 15 kg/m³ a 40kg/m³, visando atingir resistência suficiente para que a placa absorva e controle a fissuração causada pela retração por secagem do concreto. O papel das fibras descontínuas, distribuídas aleatoriamente, é o de transpor as fissuras que se formam no concreto quando sujeito a cargas externas ou a variações na temperatura ou umidade do meio ambiente, além de promover certa ductilidade após a fissuração. Se as fibras forem suficientemente resistentes, bem aderidas à matriz cimentícia e em quantidade adequada, elas ajudarão a reduzir a abertura das fissuras e permitirão ao pavimento resistir a elevadas tensões de tração com grande capacidade de deformação no estágio pós-fissuração.

O desempenho das fibras dentro de uma matriz de concreto dependerá de vários fatores, como classe de resistência do concreto, dosagem de fibras (kg/m³), compatibilidade dimensional entre o agregado graúdo e o comprimento da fibra, forma geométrica, módulo de elasticidade, resistência mecânica e fator de forma (L/d) das fibras (REVISTA TECHNE, EDIÇÃO 163).

A utilização dos valores de tenacidade é o parâmetro fundamental de avaliação do desempenho das diversas fibras existentes no mercado. No Brasil, o método mais comumente utilizado para a determinação da tenacidade é o ensaio à flexão em vigas segundo a norma japonesa JSCE SF4, de 1984, da Japan Society of Civil Engineers. A especificação da fibra de aço no projeto deve ser feita de acordo com os critérios estabelecidos pela norma brasileira NBR 15530:07 – Fibras de Aço para Concreto – Especificação. Essa norma define parâmetros de classificação para todos os tipos de fibras de aço, estabelecendo os requisitos mínimos referentes à sua forma geométrica, tolerâncias dimensionais e resistência mecânica. A grande aplicação das fibras de aço, estão nos pisos industriais, pavimentos rígidos e também em estruturas de concreto de túneis. Mas o segmento que mais utiliza as fibras é o de pisos e pavimentos.

Nos pisos de concreto apoiados sobre solo, figura 17, as fibras estruturais podem ser utilizadas em praticamente todos os tipos de obra: áreas comerciais, como pisos de estacionamento de veículos, área de circulação e lojas em shoppings; radies; pisos de galpões de fábrica; depósitos; câmaras frias; pátios de circulação de empilhadeiras e carretas; ou pátio para depósito de contêineres (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007).

Figura 19 – Camadas do pavimento de concreto armado com fibras de aço.



Fonte - Carvalho, (2009)

Segundo Chodounsky (2007) quanto maior for a quantidade de fibra no concreto maior será a possibilidade de a fibra interceptar uma fissura, sendo usual uma concentração na ordem de 0,25% do volume de concreto utilizado. Se o piso com adição de fibras for bem dimensionado é possível executá-lo com menor espessura e com maior distância entre as juntas, se comparado com o piso de concreto simples.

A solução do piso/pavimento ocorre com um cálculo estrutural (dimensionamento), que deverá levar em consideração: as diversas cargas atuantes na estrutura (cargas móveis, uniformemente distribuídas, pontuais e lineares), as características de suporte do solo (ensaios de CBR e sondagens), tipo de ambiente em que se realizará a concretagem, etc. Com todos os dados em mãos, o projetista especificará o tipo de concreto, a espessura do piso, o tipo de fibra e a sua respectiva dosagem.

A grande aplicação das fibras estruturais está nos pisos industriais, pavimentos rígidos e também em estruturas de concreto de túneis. Mas o segmento que mais utiliza as fibras é o de pisos e pavimentos. Nos pisos de concreto apoiados sobre solo, as fibras estruturais podem ser utilizadas em praticamente todos os tipos de obra: áreas comerciais, como pisos de estacionamento de veículos, área de circulação e lojas em shoppings; radiers; pisos de galpões de fábrica; depósitos; câmaras frias; pátios de circulação de empilhadeiras e carretas; ou pátio para depósito de contêineres (CHODOUNSKY; VIECILI, 2007).

Segundo Chodounsky e Viecili (2007), o uso das fibras estruturais possibilita o incremento da tenacidade do concreto, representada pela energia necessária para conduzir a peça ao colapso, permitindo ao concreto maiores deformações antes da ruptura.

Os dois tipos de fibras estruturais, de aço ou macrofibras polímeras, têm a mesma gama de aplicações. Porém, existe uma faixa de domínio em que cada uma é mais eficiente que a outra. Em cargas leves, como estacionamento de shoppings, de edifícios comerciais, residenciais, ou seja, pisos com baixa capacidade de carga, as macrofibras poliméricas são um pouco mais competitivas. Mas quando se trabalha com cargas elevadas e pisos muito carregados, as fibras de aço são mais competitivas (RODRIGUES, 2006).

Conforme tabela 4.1 as fibras metálicas mais comuns são feitas a partir do arame trefilado a frio. Também podem ser feitas a partir de chapas cortadas ou arame trefilado e escarificado. Seu comprimento varia entre 30mm e 60mm e, seu diâmetro, entre 0,50mm e 1,05mm. Este tipo de fibra tem resistência à tração de 600 até 1.200 MPa, resistência que aumenta com alto teor de carbono. O módulo de deformação é de cerca de 200 GPa. E as macrofibras poliméricas, compostas usualmente de polipropileno, têm comprimento entre 40mm e 60mm e diâmetro menor que 0,3mm. Apresentam resistência à tração entre 450 e 1.000 MPa e módulo de deformação entre 2 e 10 GPa.

3.5 JUNTAS DE DILATAÇÃO

Rodrigues (2006) afirma que a função básica das juntas é permitir as movimentações de contração e expansão do concreto, permitindo a adequada transferência de carga entre as placas contíguas e garantindo o conforto do rolamento.

Segundo Pinheiro (2000), a função das juntas, nos pavimentos de concreto, é promover a fissuração com geometria pré-definida a fim de garantir o funcionamento estrutural previsto e manter o nível estético do pavimento.

Segundo Chodounsky (2007) as juntas são os elementos mais sensíveis nos pisos de concreto onde deve-se ter especial atenção à execução. Estima-se que mais de dois terços das patologias dos pisos de concreto estejam relacionadas com falhas nas juntas.

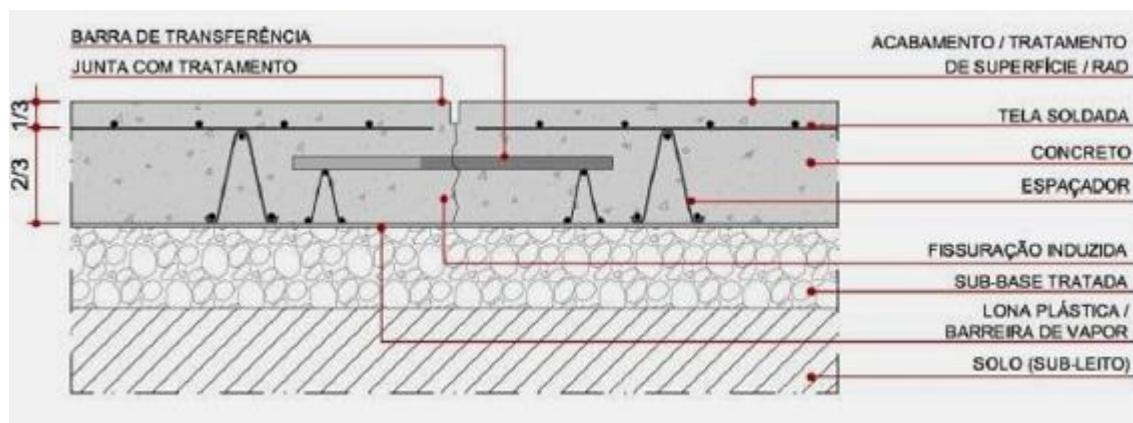
Rodrigues et al. (2006) classifica as juntas dos pisos industriais em três tipologias, devendo cada uma delas ser empregada em casos específicos e conseqüentemente gerar desempenho satisfatório do sistema construtivo: juntas de construção (JC), juntas serradas (JS) e juntas de encontro (JE). Podemos ver em detalhes nos anexos.

3.5.1 Juntas de construção (JC)

As juntas de construção (JC) são usualmente longitudinais às obras, e são limitadas de acordo com as formas usadas para concretar cada pista ou placa de piso que devem ser concretadas em períodos diferentes. Segundo

Na figura 15, pode-se observar a seção e o detalhe da junta de construção com barra de transferência.

Figura 20 – Junta de Construção



Fonte - Cristelli, (2010)

Chodounsky (2007) esse tipo de junta se mostra deficiente à medida que sofre maior exsudação e segregação devido às vibrações excessivas ocorridas no processo de desforma.

Devido a isso elas devem ser posicionadas em locais onde o tráfego de empilhadeiras é reduzido. As juntas de construção devem ser cortadas em uma profundidade de até 25 mm. Caso elas fiquem expostas ao tráfego de empilhadeiras de rodagem pneumática podem ser tratadas com selantes mais flexíveis ou mais rígidos dependendo do volume de tráfego. Já se as juntas construtivas estiverem mais sujeitas ao tráfego de empilhadeiras de rodagem maciça devem ser tratadas com argamassa epoxídica, mais conhecida como “lábio polimérico”.

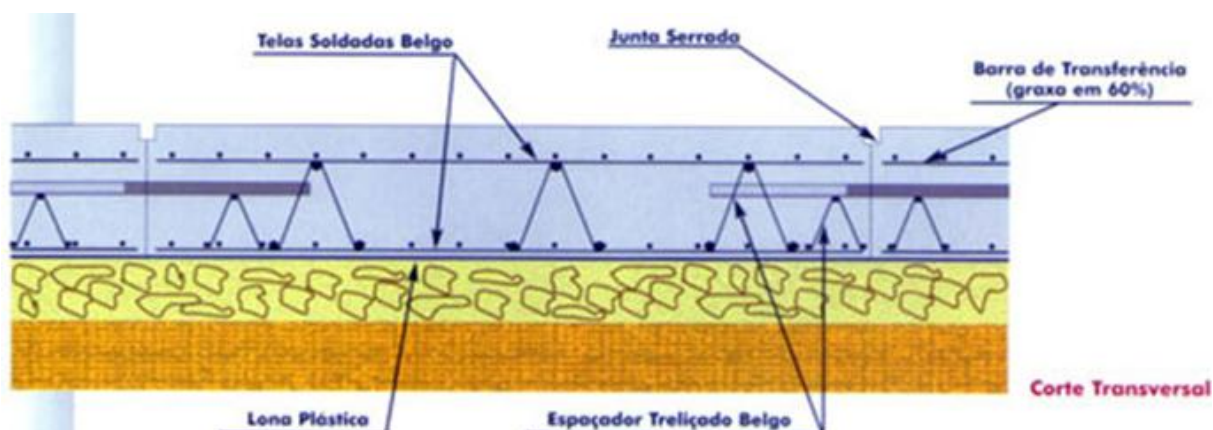
3.5.2 Juntas serradas (JS)

Segundo Chodounsky (2007), as juntas serradas são executadas transversalmente ao eixo das placas e tem a função de disciplinar em uma determinada seção, as fissuras ocasionadas pela retração do concreto, conforme

ilustrado na Figura 19. Devem ser cortadas num período de 4 à 12 horas após a concretagem, com uma profundidade de até 1/3 da espessura do piso e com abertura na ordem de 3 a 4 mm, induzindo efetivamente as fissuras em seu leito

O Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS) afirma que em pavimentos com armadura de retração a distância entre as juntas serradas pode chegar à 30m.

Figura 21 - Detalhe de uma junta serrada e fissuração induzida



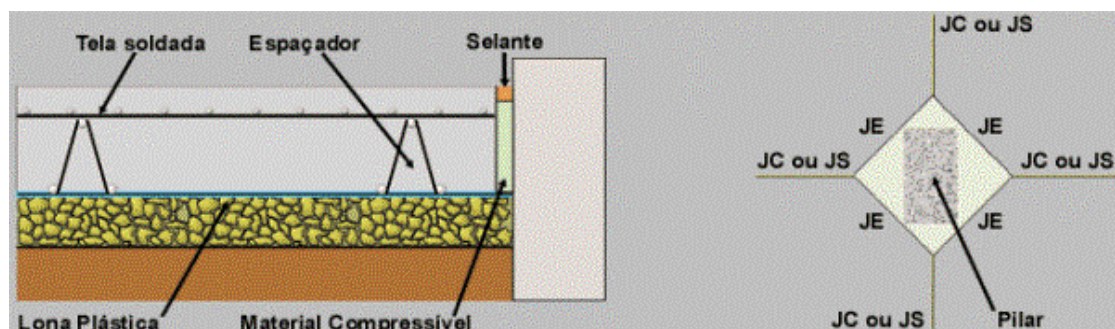
Fonte: Diferração, (2015)

3.5.3 Juntas de encontro (JE)

Segundo Chodounsky (2007), as juntas de encontro ou expansão são construídas com o objetivo de separar o piso dos demais elementos estruturais, como vigas baldrame e blocos de concreto, permitindo uma livre movimentação do piso quando da existência dos fenômenos de retração e variação térmica.

A espessura da junta é de 5 a 20 mm, sendo preenchida por um material compressível com bom índice de resiliência, como isopor ou borracha, ilustrado na Figura 20.

Figura 22 - Junta de expansão



Fonte: Rodrigues & Gasparetto (1999)

3.6 SUBLEITO

Segundo a ANAPRE, denominamos *subleito* o terreno de fundação preparado para receber o pavimento industrial. No Brasil, que segue a escola europeia de trabalhar com pisos delgados, o subleito, que na maioria das vezes exerce o papel de fundação direta, é uma camada bastante exigida pela transmissão de esforços do pavimento industrial ao solo. Na fase preliminar ou de projeto do pavimento é importante realizar ensaios com intuito de se conhecer as características do terreno, através de sondagens SPT (Standard penetration test), e ensaios de caracterização do solo superficial através da realização de ensaios de limites de liquidez (NBR 6459), limite de plasticidade (NBR 7180), análise granulométrica por peneiramento e/ou sedimentação (NBR 7181), Índice de Suporte Califórnia (C.B.R.) (NBR 9895) e coeficiente de recalque (K), sendo que esses dois últimos podem ser correlacionados através de tabelas bastante usuais para esse tipo de serviço.

Na fase de execução é fundamental o controle tecnológico, com a realização dos ensaios de laboratório especializado para comprovar exigências de projeto e acompanhamento da compactação da camada através dos ensaios de compactação (NBR 7182), densidade “in situ” (NBR 7185 ou 12102) e umidade “in situ” (DER M28), ocorrendo a liberação da camada somente quando os parâmetros de projeto forem alcançados.

De acordo com Cristelli (2010), o subleito é a camada de fundação da maioria dos pisos industriais, tem a função de absorver esforços dos carregamentos transmitidos pelas placas de concreto, sendo de fundamental importância o estudo do solo para que, a partir de análises detalhadas e interpretações das informações

geotécnicas, o projeto do pavimento possa ser elaborado com um nível de segurança. A figura 21, mostra a preparação do subleito, com grade de disco

Figura 23 – Preparação de Subleito com grade de disco



Fonte - Divulgação Fernandes Engenharia, (2013)

3.7 SUB-BASE

Após a regularização do subleito, é lançado o material de sub-base como especificado em projeto, O material da sub-base é lançado com a utilização de caminhões basculantes, e espalhado pelo processo de gradeamento. O espalhamento e compactação da camada é realizada com equipamentos do tipo Motoniveladora e Rolo compactador tipo pé de carneiro (TAMAKI, 2011). A figura 22, mostra o espalhamento da BGS feita com o equipamento Motoniveladora. O tipo e a espessura da camada de sub-base são definidos de acordo com a capacidade de suporte do subleito e o carregamento do piso, e podem ser utilizadas camadas de BGS (Brita Graduada Simples), ou solo melhorado com cimento Tamaki (2011).

Figura 24 – Preparação Sub-base. Espalhamento de BGS com Motoniveladora.



Fonte - Divulgação Fernandes Engenharia, (2013)

De acordo com Rodrigues (2010), as sub-bases apresentam algumas funções que vão ser citadas abaixo, algumas conhecidas e outras poucas exploradas. As seguintes funções são:

- Homogeneização nas condições de apoio: o solo apresenta características mecânicas variadas na superfície do subleito e a sub-base. A função mais importante é uniformizar
- O suporte de modo que se tenha coeficiente de recalque do sistema praticamente constante ou o mais constante possível;
- Controlar solos expansivos: a movimentação dos solos expansivos acaba se reduzindo por sua ação física do seu próprio peso;
- Impedir a umidade ascendente: o bloqueio da camada ascendente que ocorre por movimentação da água nos solos capilares;
- Drenagem: Para evitar que o acúmulo de água sob o pavimento venha causar danos ao subleito em áreas abertas, a sub-base pode funcionar como drenante. (RODRIGUES 2010).

De acordo com Pitta (1998), para pavimentos rígidos a sub-base pode ser dividida em dois grupos, sub-bases granular e sub-bases cimentadas. A camada de sub-bases granular pode ser do tipo de granulometria aberta ou fechada, sendo esta última a mais usual em pisos industriais, quanto às cimentadas, as mais comuns são o solo melhorado com cimento, brita graduada tratada com cimento (BGTC) e concreto com rolo (CCR).

Rodrigues (2010), ainda cita mais um grupo de sub-base com solo tratado ou solo melhorado com cimento, são sub-bases aonde se emprega o próprio solo local, de modo que aumenta a capacidade de suporte do material e aumento de rigidez.

4.0 RESULTADOS

A tabela 3 nos permite verificar o comparativo dos dois orçamentos anteriores em uma única tabela, mostrando um resultado vantajoso para um modelo, entre os dois relacionados.

Tabela 3

Comparativo de R\$/m² para piso com telas duplas e piso com fibras de aço

CARACTERÍSTICAS			
Área (m ²)	2.984,96	Fck (Mpa)	25,00
Fibras de aço (R\$ / Kg)	12,00	Carga m ² (ton.)	5,00
Execução de piso (R\$ / m ²)	9,50	Tela (Q159 - R\$ / m ²)	13,88
Fibra de polipropileno. (kg)	12,00	Execução (ar. tela) R\$ / m ²	6,25
Concreto (R\$ / m ³)	460,00	Perdas (5%)	0,05
Espaçador treliças(m)	1.918,40	Bomba de concreto	34,73
Barra de transferência (3 barras/m)	4,05	Espaçador (treliça)	8,25
Juntas (mts lineares/fibras de aço)	959,20	Tela (Q196 - R\$ / m ²)	17,07
Juntas (mts lineares/tela dupla)	1.580,00		
FIBRAS DE AÇO		TELA DUPLA	
Espessura do piso (m)	0,12	Espessura do piso (m)	0,15
Quantidade de concreto (m ³)	358,20	Quantidade de concreto (m ³)	447,74
Fibras de aço (25 Kg / m ³)	8.955,0	Execução (Armação de tela)	18.656,00
Execução (Piso)	28.357,12	Execução (Piso)	28.357,12
Concreto (R\$)	164.772,00	Concreto (R\$)	205.962,00
Fibra de polipropileno. (R\$)	2.579,04	Fibra de polipropileno. (R\$)	3.218,40
Fibras de aço(R\$)	107.460,00	Tela de aço Q159 (R\$)	41,428,29
Barras de transferência 25mm x 0,50(m)	R\$ 12.949,20	Tela de aço (R\$ Perdas e sobreposições)	2.071,41
Bomba de concreto	12.442,50	Tela de aço Q196 (R\$)	50.949,31
Espaçador treliças(m)	15.826,80	Tela de aço (R\$ Perdas e sobreposições)	2.547,50
		Bomba de concreto	12.442,50
		Treliça (Suporte das br de transferência.)	26.070,00
		Barras de transferência 0,025mm x 0,50(m)	21.330,01
TOTAL	R\$ 344.386,65	TOTAL	R\$ 413.012,51
	R\$/m² =115,37		R\$ / m² = 138,36

O orçamento realizado para as duas formas de execução nos permite verificar, através do estudo realizado que: O custo por m² do piso de concreto armado com telas duplas é de R\$ 136,36 (Cento e trinta e seis reais e trinta e seis centavos), e o custo por m² do piso de concreto armado com fibras de aço é de R\$ 115,37 (Cento e quinze reais e trinta e sete centavos).

Quando se opta pelo piso de concreto armado com fibras de aço, pelo comparativo realizado, tem-se uma economia de 17 %.

Verifica-se ainda uma série de vantagens na escolha desse tipo de piso, no que diz respeito ao espaço no canteiro de obras, que é otimizado; O espaço na estocagem dos materiais, que também é reduzido, por eliminar alguns materiais, principalmente a matéria-prima relativas à montagem das armaduras; A simplificação do processo da concretagem; Os acessos são facilitado para equipamentos de lançamento nos locais a serem concretados e facilidade de vibração devido à ausência de armaduras e a simplificação do processo de execução das juntas de dilatação.

Entende-se que a economia alcançada, não é somente financeira, mas é também um ganho para todos os envolvidos no processo construtivo

REFERÊNCIAS

projeto e execução. Santa Maria, 77p. Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização de cimento Portland.** São Paulo, ABCP, 1994.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:** Carga para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

BINA, P.: TEIXEIRA, A. O. F. – **Como Construir Pisos e Pavimentos**

CARVALHO, C. R. **Análise não linear de pavimentos de edifícios de concreto através da analogia de grelha.** 218 f. Tese (Doutorado em engenharia) – Departamento de estruturas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1994. Disponível em: <http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1994DO_RobertoChustCarvalho.pdf>.

CARVALHO, Marcos Dutra de. **Pisos industriais de concreto.** São Paulo: ABCP, 2009

CHODOUNKY, M.A., VIECILI, F.A **Pisos Industriais de Concreto:** aspectos teóricos e executivos. São Paulo: Reggenza, 2007.

CONFEA, **Resolução nº 218, de 29 de Junho de 1973.** Disponível em: <<http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=266>>. Acesso em: 15 setembro. 2017. **SITE**

CRISTELLI, Rafael. **Pavimento industriais de concreto.** Atuação e formação.2010.161f. Monografia apresentada ao curso de especialização em construção civil- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte,1912.

CRISTELLI, R. Pavimentos Industriais de Concreto – Análise do Sistema Construtivo . 2010. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2010

DAL-MASO, Josiano. **Pisos Industriais de concreto com armadura distribuída**

DUARTE, H. **Aspectos da Análise Estrutural das lajes de edifícios de concreto armado**. 83 f. Dissertação (Mestrado em engenharia de estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998. Disponível em: <<http://www.set.eesc.usp.br/>>.

GERALDO CEHELLA ISAIA, São Paulo, Ed. IBRACON, 2005.

GUIMARÃES, Diego. **Pisos industriais em concreto**: determinação de teores de fibras de aço e polipropileno em ensaios mecânicos. Atuação e formação. 2010.90. Projeto de conclusão do curso-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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

PET ENGENHARIA CIVIL. Disponível em: <<http://blogdopetcivil.com/2011/02/03/desentortando-predios/>>. Acesso em: 26 de outubro de 2017. **SITE**

Protendidos – Revista Técnica – Edição nº 55 – São Paulo – 2001.

RODRIGUES, P. A. **Manual de Pisos Industriais – Fibra de Aço Protendido**. Ed.: PINI. ISBN.:978-85. 2010.

RODRIGUES, P. P. F & PITTA, M. R. **Dimensionamento de Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados**. Revista do IBRACON nº 19, 1997.

RODRIGUES, P. P. F. & BOTACINI, S. M & GASPARETTO W. E. **Manual Gerdau de pisos industriais**. São Paulo: PINI, 2006.

RODRIGUES, P. P. F.; GASPARETTO, Wagner E. Juntas em Pisos Industriais de Concreto. Revista Técnica, Set/Out-99.

TAMAKI, Luciana. **Pisos de Concreto Reforçado com Fibras de Aço**. Revista Técnica PINI 163ª Ed.; São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/163/como-construir-piso-industrial-de-concreto-reforçado-com-fibras-285827-1.aspx>> Acesso em 20/10/2017.

TELLES, P. C. S., **História da engenharia no Brasil: séculos XVI a XIX.** Rio de Janeiro: Clavero, 1994-2.

TELLES, P. C. S., **História da engenharia no Brasil: século XX.** Rio de Janeiro: Clavero, 1994-1.