

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA

DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE PISOS E PAVIMENTOS DE
CONCRETO ESTRUTURALMENTE ARMADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao programa de Pós-graduação Lato sensu do curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Edificações: excelência construtiva e anomalias.

ORIENTADOR: PROFA. DRA. RITA MOURA FORTES

São Paulo
2009

A minha família em especial aos meus pais,
aos colegas de trabalho que muitas vezes
apoiaram e incentivaram a conclusão deste
trabalho.

AGRADECIMENTOS

Para a Prof. Rita Moura Fortes, grande conhecedora do assunto, por orientar-me para concretização deste trabalho, tornando-o um instrumento de pesquisa e fonte de consulta para os nobres colegas engenheiros.

Ao Prof. Simão Prizskulnik, pelo conhecimento e orientações no decorrer dos estudos e na realização deste trabalho.

Ao Prof. Celso Orlando, pela atenção, conhecimento e orientações no decorrer do curso.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar as diretrizes básicas para elaborar um projeto de piso industrial de concreto estruturalmente armado. Faz-se um levantamento bibliográfico para compor a teoria necessária ao dimensionamento e premissas na elaboração de um projeto executivo de piso em concreto estruturalmente armado. Serão abordados os conceitos teóricos de análise física e capacidade de suporte do solo, diferentes tipos de sub-base e suas características, tipos de solicitações de carregamentos e pontos de aplicação na placa de concreto, determinação das tensões atuantes através de modelo matemático. Serão analisadas as propriedades físicas e químicas do concreto para atender as funcionalidades da placa do piso. Serão apresentados os diferentes tipos de juntas que determinarão as dimensões das placas de concreto e o projeto geométrico das mesmas. Na seqüência serão mostradas as armaduras que combatem as tensões atuantes no piso e os dispositivos de transferência de cargas entre as placas. Os conceitos teóricos serão complementados através da seqüência construtiva abordando as etapas desde a preparação do solo até o acabamento superficial da placa de concreto armado e serão ilustrados através da elaboração das etapas de um projeto executivo.

Palavras – chave: Piso industrial; suporte do solo; cargas atuantes; resistência mecânica; projeto executivo.

ABSTRACT

This work has the objective of to introduce the basic routes of an industrial floor of structural reinforced concrete. Doing a bibliographyc gathering to compose the necessary theory for get the dimensions and basis in the executive floor development of structural reinforced concrete. The theoretical concepts of physical analysis and soil's support capacity will be adressed The different types of sub-basis and their features, loading request types and application points in the concrete plate, determination of active tensions through a mathematical model will be adressed also. The physical and chemical properties for answer the plate's functionality of the floor will be adressed. The different types of junctions that will determine the dimensions of the concrete plate and geometric project of them will be adressed. In sequence, will be shown the armors that combat the active tensions in the floor and the load transference devices among the plates. The theoretical concepts will be supplemented through the constructive sequence adressing the steps for the floor preparation to the superfical finishing of the concrete reinforced plate and will be illustrated through the elaboration steps of a executive project.

Keywords – Industrial Floor, Soil Support, Active Loads, Mechanical Resistance; Executive Project.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Desenho 1	Prova de carga estática	26
Desenho 2	Drenagem provisória	29
Desenho 3	Drenagem permanente	29
Desenho 4	Subpressão	30
Fotografia 1	Piso estaqueado	32
Desenho 5	Piso com sub-base	36
Desenho 6	Piso sem sub-base	36
Fotografia 2	Sacarias	40
Fotografia 3	Estoque a granel	40
Fotografia 4	Pallets	41
Desenho 7	Cargas distribuídas em faixas	41
Fotografia 5	Prateleiras	43
Fotografia 6	Carga linear de alvenaria	43
Desenho 8	Empilhadeiras	44
Fotografia 7	Empilhadeira de rodagem maciça	45
Fotografia 8	Empilhadeira de container	45
Esquema 1	Tipos de caminhões	46
Esquema 2	Tipos de carreta	47
Desenho 9	Ponto de aplicação das cargas	47
Desenho 10	Raio de contato da carga	49
Desenho 11	Tendência de empenamento das placas durante a noite	53

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Desenho 12	Tendência de empenamento das placas durante o dia	53
Fotografia 09	Lona plástica preta	54
Desenho 13	Posicionamento das cargas	56
Desenho 14	Tensões hidrostáticas desenvolvidas no concreto	60
Desenho 15	Junta de construção	65
Desenho 16	Junta serrada	65
Desenho 17	Junta de encontro	66
Desenho 18	Layout das juntas	67
Fotografia 10	Painel de tela soldada padronizada	69
Fotografia 11	Características das telas soldadas	69
Desenho 19	Seção típica do piso e armaduras	71
Fotografia 12	Subleito compactado	72
Fotografia 13	Preparo da sub-base	72
Fotografia 14	Forma de madeira para pisos	73
Fotografia 15	Nivelamento das formas	73
Fotografia 16	Colocação da lona plástica	74
Fotografia 17	Posicionamento das telas soldadas inferiores	74
Fotografia 18	Colocação do espaçador plástico	75
Fotografia 19	Emenda de tela soldada	75
Fotografia 20	Barras de transferência da junta serrada	76

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 21	Posicionamento das barras de transferência	76
Fotografia 22	Barras de transferência na junta construtiva	77
Fotografia 23	Reforço do piso na região de cantos dos pilares	77
Fotografia 24	Reforços em caixas de passagem	78
Fotografia 25	Colocação do espaçador treliçado	78
Fotografia 26	Armadura pronta para concretagem	79
Fotografia 27	Concretagem com régua vibratória	79
Fotografia 28	Laser screed	80
Fotografia 29	Rodo de corte	80
Fotografia 30	Float	81
Fotografia 31	Aspersão manual de agregado mineral	81
Fotografia 32	Aspersão mecanizada de agregado mineral	82
Fotografia 33	Flotador mecânico	82
Fotografia 34	Cura úmida	83
Fotografia 35	Cura química	83
Fotografia 36	Faixa de concretagem	84
Fotografia 37	Disco de corte	84
Fotografia 38	Equipamento que promove o espelhamento dos pisos	85
Desenho 19	Esquema geral de proteção das juntas	86
Desenho 20	Aplicação do material de preenchimento	86

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Desenho 21	Aplicação do selante	86
Desenho 22	Fissura induzida	87
Fotografia 39	Aparência final do piso	87
Esquema 3	Sondagem – Furo 2	91
Desenho 23	Layout do galpão	93
Tela 1	Carga distribuída	95
Tela 2	Carga de empilhadeira	95
Tela 3	Carga de carreta	95
Tela 4	Dados de solos, sub-base, espessura, cobrimento, solo e concreto	96
Tela 5	Entrada gráfica	97
Quadro 1	Resumo total do aço	98
Desenho 24	Seção típica da solução	99
Quadro 2	Dados técnicos	99
Quadro 3	Quantitativos completos	100
Desenho 25	Planta de juntas	101
Desenho 26	Detalhe da junta serrada	101
Desenho 27	Locação das telas	102
Desenho 28	Esquema de corte das telas	102
Desenho 29	Detalhe do reforço de canto	103
Desenho 30	Detalhe de apoio da barra de transferência	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores de EC em função da resistência à compressão	42
Tabela 2	Classes de resistência do concreto.....	52
Tabela 3	Tipos de camadas deslizantes	54
Tabela 4	Barra de transferência	55
Tabela 5	Correlação entre resistência a compressão e módulo de ruptura	58
Tabela 6	Teor mínimo de finos	62
Tabela 7	Consumos de cimento recomendados	63
Tabela 8	Valores mínimos de resistência	64

LISTA DE SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ACI	American Concrete Institute
CA	Concreto Armado
CAD	Computer Auxiliar Design
CBR	Califórnia Bearing Ratio
INAP	Indústria Nacional do Aço Pronto
ISC	Índice de Suporte Califórnia
JCB	Junta Construtiva com Barra
JES	Junta de Encontro sem Barra
JSB	Junta Serrada com barras de transferência
JSS	Junta Serrada sem barras de transferência
PCEA	Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado
PM	Proctor Modificado
PN	Proctor Normal
SPT	Standard Penetration Test

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Objetivo	19
1.1.1	Objetivo geral	19
1.1.2	Objetivo específico	19
1.2	Justificativa	19
1.3	Metodologia	20
1.4	Estrutura do trabalho	21
2	REVISÃO DA LITERATURA	23
3	SOLO	25
3.1	Caracterização dos solos	25
3.1.1	Classificação	25
3.1.1.1	Estados limites	25
3.1.1.2	Granulometria	26
3.1.1.3	Resistência	26
3.2	Drenagem dos solos	28
3.2.1	Introdução	28
3.2.2	Drenagem provisória	28
3.2.3	Drenagem permanente	29
3.2.4	Sub-pressão	30
3.3	Solos problemáticos	31
3.3.1	Introdução	31
3.3.2	Solos moles	31

SUMÁRIO

3.3.2.1	Soluções	32
3.3.3	Solos expansivos	33
3.3.3.1	Características	33
3.3.3.2	Soluções	33
3.3.4	Solos colapsáveis	34
3.3.4.1	Características	34
3.3.4.2	Soluções	34
3.4	Subbases	34
3.4.1	Introdução	34
3.4.2	Funções das subbases	35
3.4.2.1	Bombeamento de finos	35
3.4.2.2	Instabilidade volumetria	35
3.4.2.3	Resistência mecânica	35
3.4.2.4	Transferência de cargas	37
3.4.3	Tipos de subbases	37
3.4.3.1	Subbases granulares	37
3.4.3.2	Subbase melhorada	37
3.4.3.3	Concreto compactado a rolo	38
4	CARREGAMENTOS	39
4.1	Cargas estáticas	40
4.1.1	Cargas estáticas distribuídas	40
4.1.2	Cargas estáticas concentradas	43

SUMÁRIO

4.1.3	Cargas móveis ou dinâmicas	44
4.1.3.1	Cargas móveis de empilhadeiras	44
4.1.3.2	Cargas móveis de caminhões e carretas	46
4.2	Aplicação de cargas	47
4.2.1	Cargas lineares no interior da placa	48
4.2.2	Cargas lineares no canto e na borda da placa	48
4.2.3	Cargas pontuais de rodas	49
4.2.4	Cargas pontuais de pés de prateleiras	50
4.2.5	Cargas pontuais no interior da placa	50
4.2.6	Cargas pontuais na borda da placa	51
4.2.7	Cargas pontuais no canto da placa	51
4.3	Espessura da placa de concreto	51
4.4	Camada deslizante	53
4.5	Transferência de cargas	55
5	PLACAS DE CONCRETO	57
5.1	Concreto	57
5.1.1	Resistência mecânica do concreto	57
5.1.2	Resistencia ao desgaste	58
5.1.3	Retração	59
5.1.3.1	Retração plástica	59
5.1.3.2	Retração hidráulica	60
5.1.3.3	Retração autógena	61

SUMÁRIO

5.1.3.4	Retração por carbonatação	61
5.2	Recomendações para escolha do concreto	62
5.2.1	Consumo de cimento	62
5.2.2	Dimensão máxima característica	62
5.2.3	Abatimento	63
5.2.4	Resistência	63
5.3	Tipos de juntas	64
5.3.1	Junta de construção	64
5.3.2	Junta serrada	65
5.3.3	Junta de encontro	66
5.3.4	Layout das juntas	67
5.4	Armaduras	68
5.4.1	Descrição do aço	68
5.4.2	Posicionamento das armaduras	70
5.4.3	Tipos de armaduras do piso	70
5.4.4	Cálculo das armaduras de concreto estruturalmente armado	71
5.5	Execução dos pisos	71
5.5.1	Preparo do subleito	71
5.5.2	Preparo da subbase	72
5.5.3	Assentamento das formas	73
5.5.4	Aplicação da camada deslizante	74
5.5.5	Colocação da armadura inferior	74

SUMÁRIO

5.5.6	Colocação do espaçador plástico	75
5.5.7	Emendada de tela soldada	75
5.5.8	Preparação das barras de transferência	76
5.5.9	Barras de transferência na junta serrada	76
5.5.10	Barras de transferência na junta construtiva	77
5.5.11	Armaduras de reforço	77
5.5.12	Armaduras superiores em tela soldada	78
5.5.13	Concreto do piso	79
5.5.14	Concretagem do piso	80
5.5.15	Proteção superficial do piso	81
5.5.16	Cura do concreto	83
5.5.17	Corte das juntas	84
5.5.18	Espelhamento do piso	85
5.5.19	Tratamento das juntas	85
5.6	Considerações do capítulo	87
6	PROJETO PRÁTICO	88
6.1	Introdução	88
6.2	Levantamento das informações mínimas	88
6.2.1	Identificação da obra	88
6.2.2	Caracterização do solo local	89
6.2.3	Identificação dos carregamentos	89
6.2.4	Condições de execução	89

SUMÁRIO

6.2.5	Definição do layout	89
6.2.6	Informações adicionais	90
6.3	Organização dos dados	90
6.3.1	Dados de solos	90
6.3.2	Definição da subbase	92
6.3.3	Levantamento das cargas atuantes	92
6.3.3.1	Cargas distribuídas	92
6.3.3.2	Cargas de empilhadeiras	93
6.3.3.3	Cargas de carretas	93
6.3.4	Layout do galpão	93
6.4	Elaboração do estudo preliminar	94
6.4.1	Utilização do software belgo pisos	94
6.4.1.1	Entrada de dados de carregamentos	94
6.4.1.2	Entrada de dados técnicos	96
6.4.1.3	Interface gráfica e quantidades	97
6.4.2	Elaboração da proposta técnica	98
6.5	Elaboração do projeto executivo	100
6.5.1	Detalhes do projeto executivo	100
7	DISCUSSÃO DO OJETIVO GERAL	105
8	CONCLUSÕES	106
	REFERÊNCIAS	107
	APÊNDICE	109

1 INTRODUÇÃO

Os pisos industriais no Brasil sempre foram tratados com pouca importância deixando sempre em segundo plano os cuidados com a sua execução.

O padrão de piso executado antigamente possuía juntas grandes pois eram executadas com sarrafos desempenhando o papel das formas para concretagem das placas. Essas placas eram concretadas isoladamente das placas adjacentes e por isso tornaram-se conhecidas como concretagem em xadrez. Depois da cura do concreto concretavam-se as placas restantes sem que fossem removidas os sarrafos entre as placas. As placas de concreto eram pequenas chegando no máximo a dimensão de 3 m x 3m.

O resultado deste sistema pode ser visto em galpões antigos onde se observam várias patologias devido a uma grande quantidade de juntas. Os veículos que circulavam nos pisos possuíam rodagem pneumática e as cargas atingiam baixas alturas de içamento, ou seja eram pisos que não exigiam boa planicidade tornando aceitável o convívio com ondulações e fissuras em sua superfície.

A partir dos anos 90 no Brasil, o segmento de pisos industriais apresenta mudanças acentuadas nos seus padrões de exigências. Com a chegada de veículos randômicos circulando com grandes velocidades em rodas maciças e elevando suas cargas a grandes alturas de prateleiras, fez surgir a necessidade de pisos super planos e com alta resistência superficial.

Para atender esta crescente necessidade os projetos de pisos foram obrigados a crescer em informações e o assunto passou a exigir mais engenharia buscando conhecimento nas áreas de solos, pavimentação rodoviária, tecnologia do concreto, projeto geométrico e tratamento de juntas.

Novas tecnologias e produtos passaram a ser implantados para atender as mais variadas formas de utilização de pisos como aqueles sujeitos a elevado desgaste a abrasão, pisos sujeitos a desgaste devido à ação de agentes químicos, sujeitos a elevados carregamentos estáticos, a carregamentos dinâmicos, pisos descobertos, e muitos outros.

Novos equipamentos foram introduzidos na execução de pisos para atender as mais variadas necessidades como os equipamentos manuais para compactação dos solos, régua vibratórias manuais ou régua mais sofisticadas com nível a laser, equipamentos para acabamentos superficiais e equipamentos para leitura de planicidade.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho pretende reunir diretrizes para elaboração de um projeto de pisos industriais visando à organização das informações e detalhamento do projeto executivo, buscando a excelência construtiva e evitando patologias futuras em pisos industriais.

1.1.2 Objetivo específico

Descrever os conhecimentos teóricos básicos sobre solos, subbases, solicitações de cargas em pisos, tecnologia de concreto, juntas e armaduras, utilizando as referências citadas.

Mostrar um estudo de caso de um piso industrial explicando cada etapa de trabalho do projeto e utilizando um programa de computador para entrada de dados de solos, subbases, solicitações de cargas, tipo de concreto, juntas, cálculo da armadura e geração do desenho executivo.

1.2 Justificativa

A ausência de critérios no levantamento das informações compromete a elaboração de um projeto eficiente acarretando prejuízos financeiros imediatos ou a médio prazo. A elaboração de dimensionamento e projeto executivo adequados visa atender a finalidade específica para cada tipo de utilização, refletindo positivamente em custos de execução e manutenção.

A falta de conhecimentos teóricos básicos pode levar o executor do piso à tomada de decisão incorreta sobre uma etapa qualquer do piso como exemplo o momento do corte das juntas serradas pois a restrição ao encurtamento do concreto, imposta pela base, armadura ou outro elemento qualquer, induz ao aparecimento de tensões elevadas que podem levar à deformação de fissuras (CHODOUNSKY e VIECILI, 2007, p.278).

A incorreta avaliação dos esforços atuantes podem provocar um esforço solicitante em algum ponto da estrutura de pavimento de maneira que supere numericamente

o valor da resistência específica do material quanto àquele tipo de esforço fazendo com que ocorra a ruptura do mesmo (BALBO, 1997, p.17).

A falta de cuidado na especificação e execução do selamento das juntas nos pisos pode ocorrer a infiltração de água. A infiltração de água, mesmo quando do projeto consta uma subbase adequada, não bombeável, traz conseqüências danosas à durabilidade do pavimento como um todo (PITTA; CARVALHO e RODRIGUES, 1999, p.125).

Uma correta estimativa do tráfego de veículos em pavimentos rodoviários ou industriais influem no fator de confiabilidade que determina que o pavimento resistirá durante o período para o qual ele foi projetado. Este conceito não se aplica apenas a deterioração estrutural mas também pela perda de serventia devido às cargas (RUFINO,1997, p.192).

As corretas especificações nos pisos garantem o planejamento de aquisição de materiais, equipamentos e mão de obra necessária para a execução da obra, a elaboração do cronograma físico e financeiro, prevê os detalhes executivos minimizando as decisões no canteiro de obra.

A elaboração de um projeto específico visa prevenir as possíveis interferências patológicas de um piso de concreto em uma área industrial, minimizando provavelmente a paralisação das atividades exercida na indústria com conseqüentes prejuízos.

O projeto é ferramenta fundamental aos proprietários, pois estabelece os limites de utilização da obra evitando a ocorrência de patologias decorrentes da má utilização e permitindo adequações de mudança de utilização através do conhecimento e avaliação por um profissional habilitado.

Este trabalho pretende servir como uma contribuição ao estudo de pisos industriais de concreto estruturalmente armado, além de tornar mais claros os procedimentos para a realização dos projetos de piso, o que permite a sua utilização em estudo para novas obras.

1.3 Metodologia

Serão utilizadas as referências técnicas e acadêmicas relacionadas aos pisos industriais tratando cada elemento separadamente.

A análise teórica será dividida em três etapas:

- Definição e caracterização dos solos, ensaios e avaliações de suporte e propriedades físicas. Definição de subbases, tipos, propriedades e características.

- Definição dos carregamentos atuantes nos pisos, tipos de aplicação de carga, resistência das placas de concreto, equações para cálculo dos momentos atuantes, avaliação da espessura da placa de concreto e conceituação dos dispositivos de transferência de cargas.
- Tecnologia do concreto, definição das juntas das placas, projeto geométrico de juntas, armaduras, etapas de execução de pisos e tratamento de juntas.

A análise prática será constituída por uma obra real abordando todos os procedimentos a que são submetidos os projetos de pisos desde a investigação e análise dos dados de solos, carregamentos e solicitações diversas, até a introdução dos dados em um programa de cálculo para dimensionamento das armaduras e geração do projeto executivo com todas as informações de projeto (planta de juntas, seções típicas, detalhes diversos, armaduras, lista de materiais, notas e especificações).

1.4 Estrutura do trabalho.

Capítulo 1: Apresenta a Introdução. Ela é composta pelos seguintes itens: texto de conceituação e caracterização do tema; Objetivos; Justificativa; e Metodologia.

Capítulo 2: Apresentada a revisão da literatura.

Capítulo 3: É abordada a camada de apoio do piso industrial e analisadas as características geotécnicas do solo através do ensaio de SPT e CBR que será feito por uma empresa especializada; os dados destes ensaios serão utilizados para compor o dimensionamento. Serão destacados os tipos de solo e a capacidade de suporte necessária para apoio da placa de concreto do piso industrial. Serão especificados os tipos mais comuns de camadas de sub-base granulométrica, destacando-se as características e aplicações.

Capítulo 4: São mencionados os tipos de carregamentos para pisos e pavimentos industriais e os pontos de aplicação na placa. A determinação da espessura da placa e suas dimensões em função do carregamento e interação com o solo. Serão citados os tipos de barras de transferência em função da espessura da placa de concreto.

Capítulo 5: São abordados os tipos de concretos mais utilizados na especificação de pisos industriais, considerando o desgaste a abrasão, resistência características do concreto na compressão e na flexão, durabilidade e trabalhabilidade. A especificação do concreto será considerada para definição do layout das juntas, visto que a variação volumétrica do concreto e as tensões de retração influem diretamente na determinação do tamanho das placas.

Capítulo 6: Apresenta o estudo prático contendo projeto preliminar e projeto executivo mostrando todas as etapas importantes nas obras de pisos. Será utilizado um estudo de caso de uma obra real já executada.

Capítulo 7: Faz a discussão do objetivo geral.

Capítulo 8: Relata as conclusões do trabalho e indica algumas recomendações para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

(ABCP, [2008?]); Descreve os procedimentos executivos para o tratamento das juntas do piso desde o corte do concreto até a aplicação de material para selamento das juntas. (BALBO,1997); Trata das patologias nos pisos ressaltando sobre falhas nas avaliações dos esforços solicitantes quando estes superam a capacidade resistente dos materiais causando a ruptura dos mesmos. (BELGO, 2002); Relata sobre aplicação de tela soldada no piso mostrando o correto manuseio em obra e ilustra os tipos de juntas do piso. (CÁRNIO, 1999); Descreve os procedimentos de cálculo dos momentos atuantes e descreve os tipos de carregamentos e os pontos de aplicação relevantes para o dimensionamento das armaduras dos pisos. (CHODOUNSKY, 2007); Descreve todas as etapas de construção dos pisos fazendo um grande detalhamento sobre os solos, a camada da subbase, a placa de concreto. Faz uma descrição dos tipos de cargas atuantes nos pisos, mostra as patologias devido a ausência de cuidados diversos como ausência de subbase e tecnologia do concreto. (CRUZ FILHO, 2007); Trata de tecnologia do concreto ressaltando os tipos de reações químicas que resultam em retração. Descreve os diferentes tipos de retração que ocorrem nos concretos. (FORTES, 2002); Detalha o ensaio de CBR descrevendo suas etapas até chegar no valor que determina o índice da capacidade de suporte dos solos. (NUNES, 2007) Relata sobre tecnologia dos concretos e aborda a questão da retração enumerando os vários tipos de retração ocasionadas nos concretos com enfoque as causas químicas e físicas que provocam este fenômeno. (OLIVEIRA, 2000); Traz um completo relato sobre as diretrizes para elaboração de projetos de pisos. Trata os diversos tipos de carregamentos, projeto geométrico de juntas, causas do empenamento das placas de concreto e aspectos da retração nos concretos. (PINTO JR, 2001); Aborda o conceito de placas de concreto apoiadas no meio elástico, demonstra as equações que foram utilizadas para o software de computador da Belgo para cálculo da armadura nos pisos. Define o conceito dos dispositivos de transferência de cargas através das barras de transferências e faz uma abordagem sobre as juntas dos pisos. (PITTA,1979); Descreve sobre as propriedades das subbases nos pisos como camada drenante e contribuição na resistência mecânica. (PITTA,1998); Trata das juntas dos pisos, projeto geométrico das juntas de barras de transferência. (PITTA; CARVALHO e RODRIGUES, 1999); Relata sobre a tecnologia dos concretos enfatizando a questão dos tipos de retração e aborda sobre a resistência mecânica do concreto do piso pelo fator água cimento. (ROCHER, 2007) Define sobre a resistência superficial da placa de concreto no combate ao desgaste a

abrasão e descreve sobre os tipos de juntas que são utilizadas nos pisos. (RODRIGUES, 2006); Relata sobre tecnologia do concreto aplicado aos pisos industriais e cita as diversas solicitações a que são submetidos os concretos para pisos como solicitações de cargas distribuídas, desgaste a abrasão e ataques químicos, e descreve sobre a resistência do concreto a tração na flexão. (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006); Analisa os materiais constituintes do concreto ressaltando sobre a relação entre o cimento e os agregados através de sua composição granulométrica, cita sobre os ensaios de concreto como o abatimento do cone e ensaio a compressão de corpos de prova. Também cita sobre as juntas dos pisos. (RODRIGUES e CASSARO, 2002); Apresenta uma noção de geotécnica descrevendo tipos e características dos solos, relata os tipos de subbases bem como suas funções nos pisos e as propriedades mecânicas e de drenagem e aborda as características de concreto para pisos. (RUFINO, 1997); Relaciona os tipos de carregamentos e descreve as diversas solicitações a que são submetidos os pisos dependendo do ponto de aplicação das cargas. Descreve o processo de empenamento que ocorre nos pisos mediante a variação de temperatura ambiente.

3 SOLO

3.1 Caracterização dos solos

É também designado como Subleito no segmento de pisos e pavimentos e pode ser considerada a camada que irá receber as tensões finais transmitidas pelas camadas acima dele que absorverão e reduzirão as cargas atuantes provenientes do uso do piso (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006, p.15).

Este subleito também conhecido como solo natural é constituído por partículas sólidas mais ou menos compressíveis, água e ar. As variações entre estes elementos e quantidade de elementos distintos compondo cada tipo de solo atribuem a eles diferentes características estruturais e comportamentos diversos diante de solicitações e condições naturais (CHODOUNSKY, 2007, p.61).

Os solos são obtidos na natureza através da decomposição de rochas associados às condições naturais de clima das diferentes regiões do planeta. Com isso fica explicada a diversidade de solos dispostos em camadas na crosta terrestre.

Para o segmento de pisos e pavimentos são as primeiras camadas do solo que irão definir a capacidade de suportar os carregamentos.

3.1.1 Classificação

A evolução das construções humanas despertou a necessidade do homem na investigação e estudo dos solos para contribuir a questão das seguranças nas edificações. Com o passar do tempo foram surgindo investigações elaboradas com muito critério que é seguido até hoje. Esta classificação leva em conta plasticidade, granulometria, resistência e permeabilidade.

3.1.1.1 Estados Limites

Como exemplo pode citar um estudo feito por Atterberg onde o solo é classificado pelo regime de plasticidade onde de acordo com o índice de umidade de cada solo ele é dividido em três partes: líquido, plástico e quebradiço.

3.1.1.2 Granulometria

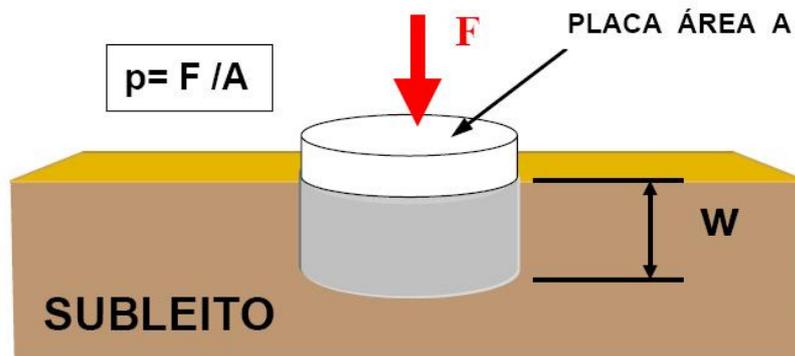
Um dos critérios conhecidos para avaliar e definir os solos segundo sua granulometria é o da HRB (Highway Research Board) onde são utilizados três tipos de peneiras para a caracterização de diversos tipos de solos (CHODOUNSKY, 2007, p.65).

3.1.1.3 Resistência

Um dos critérios para medir a capacidade de suporte do subleito pode ser determinado pelo Módulo de Reação de Westergard ou Coeficiente de Recalque, expresso por:

$$k = \frac{p}{w} \quad \text{Equação 01}$$

Onde **k**: módulo de reação ou coeficiente de recalque (N/mm³); **p**: pressão transmitida ao subleito (N/mm²); **w**: deslocamento vertical da área carregada (mm). O valor do módulo de reação **k** é obtido por meio de uma prova de carga estática, carregando-se uma placa metálica circular com 750 mm de diâmetro (30") assente sobre a superfície da sub-base, como esquematizado no Desenho 01 (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.5):



Desenho 01 – Prova de carga estática para determinação do módulo de reação Westergard K (NBR 6489/1984) – (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.12)

Outro parâmetro utilizado para se conhecer a resistência de um solo é o ensaio de CBR (Califórnia Bearing Ratio), Índice de Suporte Califórnia normatizado de acordo com a NBR 9895/1987.

Esse ensaio foi concebido pelo Departamento de Estradas de Rodagem da Califórnia (USA) para avaliar a resistência dos solos. No ensaio de CBR, é medida a resistência à penetração de uma amostra saturada compactada segundo o método Proctor. Para essa finalidade, um pistão com seção transversal de 3 pol² penetra na amostra a uma velocidade de 0,05 pol/min. O valor da resistência à penetração é computado em porcentagem, sendo que 100% é o valor correspondente a penetração em uma amostra de brita graduada de elevada qualidade que foi adotada como padrão de referência (FORTES, 2002, p.1).

O terceiro método utilizado para levantamento da resistência de um solo é o ensaio de SPT (Standard Penetration Test). É um ensaio normatizado de acordo NBR 6484/2001 e amplamente utilizado nas Edificações. Permite o reconhecimento visual e avaliação da heterogeneidade das diversas camadas que compõe os subsolos. Outro aspecto importante neste ensaio é a profundidade do lençol freático que é determinante na avaliação desta resistência.

O ensaio consiste basicamente na cravação de um amostrador padrão que é cravado no solo por meio da queda livre de um peso metálico desempenhando a função de um martelo padronizado de 65 kg que é lançado de uma altura conhecida de 75 cm. A cravação do amostrador é feita em 45 cm de profundidade registrando o número de golpes necessários para perfurar cada camada de 15 cm. O número do SPT é a soma dos golpes necessários para perfurar os últimos 30 cm (2/3 da profundidade analisada). Em seguida remove-se os 55 cm finais da camada de um metro até o início da próxima cota de 1 m para então repetir o procedimento (CHODOUNSKY, 2007, p.72).

A cada um metro de camada ensaiada é analisado o tipo de solo para se obter uma caracterização de classificação do solo.

Quando um amostrador penetra no solo a medida de 30 cm com apenas 1 golpe o número do SPT é expresso pela fração 1/30, identificando neste caso um solo muito mole e de baixo suporte. O contrario pode ser exemplificado quando para uma camada de 15 cm são necessários 12 golpes sendo expresso como 12/15, mostrando-se neste caso um solo de boa capacidade de suporte (CHODOUNSKY, 2007, p.73).

Tanto os ensaios de placa, CBR e SPT são executados por empresas especializadas dotadas de profissionais com responsabilidade técnica. Os valores de suporte do solo também irão influenciar no dimensionamento do tipo e espessura de subbase bem

como a espessura da placa de concreto e sua armadura estrutural para absorção das tensões provenientes das cargas de trabalho.

3.2 Drenagem dos solos

3.2.1 Introdução

Normalmente a questão de drenagem é negligenciada nos projetos de pisos e podem trazer conseqüências danosas as obras.

A presença da água em fases isoladas na execução dos pisos acarretam também patologias distintas.

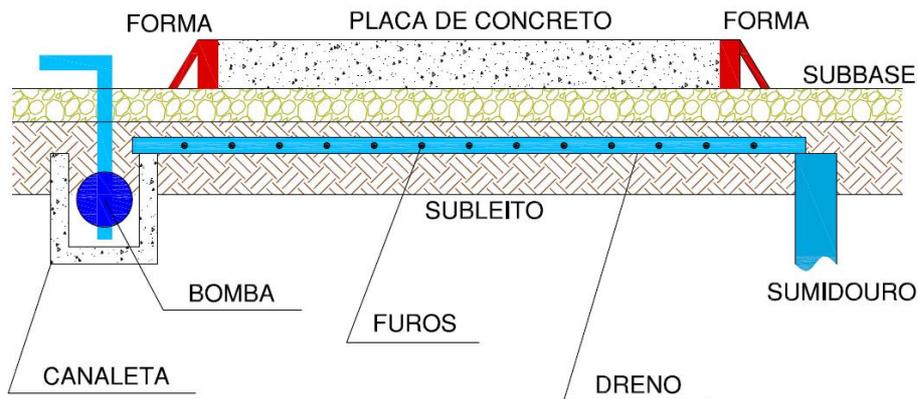
Serão abordados nas próximas páginas os diferentes problemas acarretados pela falta de drenagem bem como as precauções necessárias para cada caso.

3.2.2 Drenagem provisória

No caso de obras em execução pode ocorrer a presença de água decorrentes das chuvas por falta de cobertura e proteção lateral dos pisos acarretando a saturação do solo através das juntas entre as placas de concreto.

Esta água acarretará o bombeamento de finos do subleito ou desagregação da subbase, acarretando o descalçamento da placa de concreto e assim o surgimento de fissuras na placa de concreto. A saturação do solo também reduz sua resistência de suporte, até a cura do concreto da placa que pode ser comprometida em virtude do retardamento da pega pela presença da água (CHODOUNSKY, 2007, p.82).

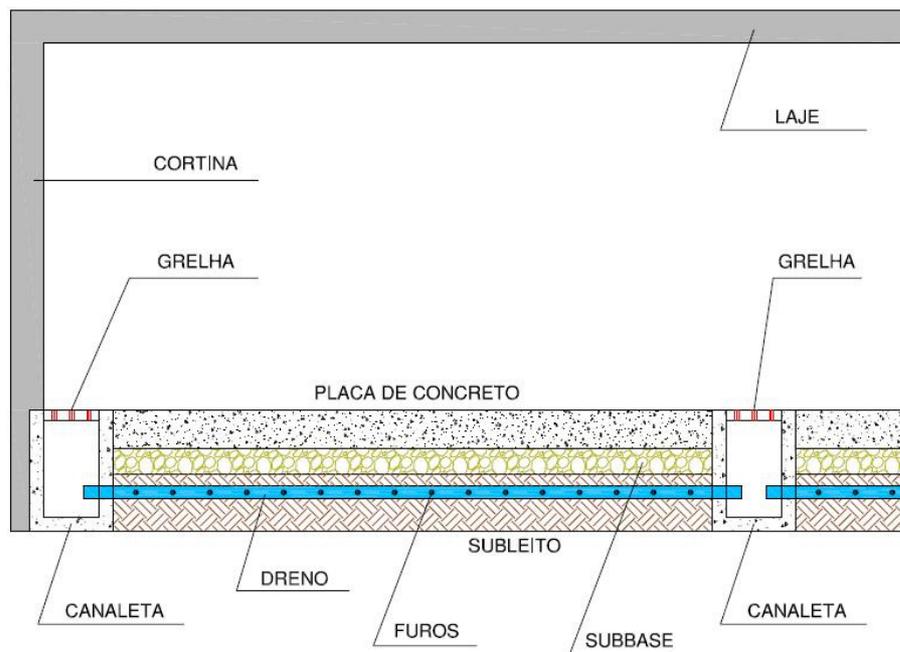
A eliminação desta água pode ser resolvida através drenos provisórios, pequenos poços auxiliares, bombas submersas e sumidouros quando o terreno permitir. (ver Desenho 02).



Desenho 02 – Drenagem provisória (Fonte: Própria)

3.2.3 Drenagem permanente

Em regiões próximas a rios, elevados índices pluviométricos e solos com presença de lençol freático cuja variação do seu nível da água é freqüente faz-se necessário a adoção de sistemas de drenagens permanentes como drenos interligados a redes de águas pluviais canaletas com sistemas de recalques de bombas (ver Desenho 03). O cuidado na execução do selamento das juntas dos pisos também é ponto importante para evitar a infiltração da água assim como o cuidado nas inclinações das placas para permitir o rápido escoamento das águas (CHODOUNSKY e VIECILI, 2007, p.83).



Desenho 03 – Drenagem permanente (Fonte: Própria)

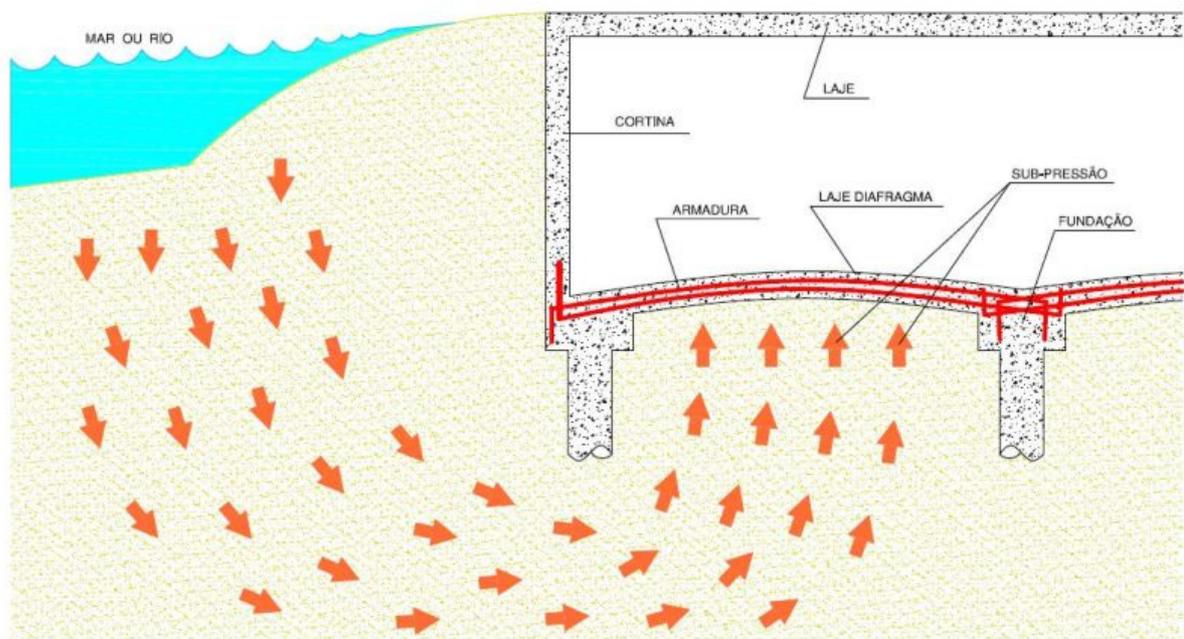
3.2.4 Sub-Pressão

Um caso extremo como sub-pressão vale a pena mencionar devido a grande risco que pode causar a obra quando não detectado.

Mais freqüentes em regiões litorâneas devido à variação das marés a sub-pressão é detectada pelo engenheiro estrutural quando há necessidade de se executar pisos em cotas abaixo do nível da rua.

Neste caso pisos convencionais com juntas não funcionariam mesmo com ótimos selamentos de juntas e barras de transferência pelo grande fluxo de água emergindo do subsolo.

Certamente este tipo de piso terá uma solução estrutural que dispensará uma subbase ou compactação do subleito pois serão necessários grandes consumos de concreto armado para compor lajes com grandes espessuras armadas com grandes quantidades de aço solidarizadas na superestrutura (pilares, blocos de fundação, estacas, vigas horizontais, paredes, cortinas, muros e etc...) devidos a elevadas pressões de águas agindo de baixo para cima. (ver Desenho 04).



Desenho 04 – Pisos sujeitos a sub-pressão (Fonte: Própria)

3.3 Solos problemáticos

3.3.1 Introdução

Alguns tipos de solos não oferecem uma resistência satisfatória para servir de apoio para pisos, nem sequer os pisos com incidência de cargas mínimas como circulação de pessoas. Esses solos podem sofrer recalque e conseqüentemente fissura da placa de concreto pela simples ação do peso próprio do piso.

Isto se deve a constituição geomorfológica de solos onde há predominância de material orgânico ou solos de características demasiadamente compressíveis ou saturados de água, solos com característica de expansibilidade e outros.

De acordo com CHODOUNSKY e VIECILI, 2007, os solos problemáticos podem ser divididos basicamente em três grupos distintos: solos moles, solos expansivos e solos colapsáveis.

Nos próximos tópicos será brevemente caracterizado cada grupo de solos.

3.3.2 Solos moles

Os solos orgânicos são de natureza muito mole devido a grande presença de material decorrente da decomposição de origem animal e vegetal, possuem uma característica muito compressível e por isso tornam-se muito ineficientes para se apoiarem os pisos.

Solos muito porosos e saturados de água também representam baixa capacidade de suporte, pois quando a água é expulsa dos vazios ele sofre elevadas deformações pela incidência de pequenos carregamentos e das próprias camadas de solo acima (RODRIGUES e CASSARO, 2002, p.8).

Os solos arenosos são os menos deformáveis neste grupo devido sua alta porosidade e rápido escoamento da água, daí a ocorrência de deformações instantâneas.

Solos de características argilosas são extremamente compressíveis e de baixa permeabilidade tornando difícil a expulsão da água entre as partículas de formato laminar das argilas.

A diferença de carga hidráulica na camada de solo mole, confinada entre as faces superiores e inferiores, dá origem a um fluxo de água provocando a dissipação progressiva do excesso de pressão neutra e a transferência gradual do incremento de tensão total da fase líquida para a fase sólida do solo. Com

a expulsão da água do solo mole, há redução do índice de vazios e a ocorrência dos recalques. (CHODOUNSKY e VIECILI, 2007, p.81).

3.3.2.1 Soluções

A técnica da substituição da camada de solo mole por um solo de boa resistência e compacidade é tida como a solução mais rápida e eficaz quando a camada a ser removida encontra-se na superfície e não possua grandes profundidades devido ao elevado custo de movimentação para grandes volumes de solos. Esta solução é adotada para carregamentos significativos e pisos com rigorosas exigências de planicidade.

Quando a camada de solo mole estiver muito profunda e for receber cargas elevadas adota-se a solução de apoiar o piso em estrutura de concreto armado apoiado em estacas com grandes proximidades entre elas que irão transmitir os esforços ao terreno através da resistência de ponta e atrito lateral com o solo. É uma solução muito cara chegando a custar quatro vezes mais do que os pisos convencionais (Fotografia 01).



Fotografia 01 – Piso estaqueado (Fonte: Própria)

Uma solução econômica consiste em tratar o recalque através do pré-adensamento do mesmo utilizando-se grandes camadas de aterro de maneira que seja transmitido ao solo mole uma carga superior àquela que se pretende transmitir na fase de uso definitivo.

O grande inconveniente é o elevado tempo necessário para a estabilização dos deslocamentos horizontais e deve haver um grande controle nesta execução para que haja a garantia que não haverá recalques futuros.

Este processo pode ser acelerado com a adoção de drenos vertical dotados de grande capacidade de permeabilidade. Esses drenos podem ser basicamente de areia ou pré-fabricados.

O período de tempo necessário para estabilização dos recalques varia em função da permeabilidade do solo, da espessura da camada de solo mole e da magnitude do pré-carregamento, podendo ser de poucos meses a mais de um ano. (CHODOUNSKY e VIECILI, 2007, p.82).

3.3.3 Solos expansivos

3.3.3.1 Características

Solos expansivos são aqueles que apresentam um aumento de volume na ausência de água. Este fenômeno se dá devido à presença de siltes ou argilas de plasticidade ou argilas orgânicas. A compactação de solos cuja fração fina define alto potencial de expansibilidade deve ser rigorosamente controlada considerando umidades abaixo da ótima para que não haja o risco de deformações excessivas (RODRIGUES e CASSARO, 2002, p.5).

3.3.3.2 Soluções

A compactação controlada dos solos expansivos segmentando em camadas de 30 e 60 cm com a umidade de 1 a 3 pontos percentuais acima da ótima e com grau de compactação elevado reduzem a ocorrência de expansão.

Outro artifício é a adoção de estabilização química que consiste na mistura in loco de aglomerantes ao solo expansivo em proporções controladas. Estes aglomerantes são basicamente constituídas por cal ou cimento. Essas incorporações têm por finalidade reduzir o volume de vazios existentes neste tipo de solo (CHODOUNSKY e VIECILI, 2007, p.85).

3.3.4 Solos colapsáveis

3.3.4.1 Características

São classificados como solos muito instáveis em situação de saturação de água pois possuem elevada porosidade e são constituídos por argila (argila porosa vermelha da cidade de São Paulo). A estabilização das partículas destes solos se dá apenas por forças capilares, eletromagnéticas ou pela presença de algum material cimentante (RODRIGUES e CASSARO, 2002, p.8).

Em solos colapsáveis para que haja a ruptura imediata é necessária à cominação da saturação de água a níveis críticos combinados com uma parcela de uma carga atuante.

3.3.4.2 Soluções

Há registro de emprego de método de estabilização de solos colapsáveis por injeção de uma solução de silicato de sódio, para redução do recalque de colapso e acréscimo na capacidade de carga (CHODOUNSKY e VIECILI, 2007, p.88).

É possível obter a redução do recalque nestes solos através de elevado controle de compactação de modo a atingir um grau de compactação mínimo de 98% a 100%.

E por fim proceder à adição de aglomerantes nas sub-bases de modo a isolar este solo conservando-o na condição de não saturado. As sub-bases de brita graduadas tratadas com cimento e concreto rolado conferem a propriedade de camada impermeável para uma melhor estabilização e conservação dos solos colapsáveis.

3.4 Sub-bases

3.4.1 Introdução

A sub-base tem a função básica de promover uma transição entre duas camadas do piso conferindo a ele acréscimo de resistência, durabilidade e estabilidade (ROCHER, 2007, p.71). Entretanto há outras particularidades das sub-bases para a tomada de decisão nos

projetos. Nas páginas a seguir será feita uma boa descrição de cada uma dessas particularidades.

3.4.2 Funções das Sub-bases

São duas as funções das subbases nos pisos; função drenante e função de resistência mecânica.

3.4.2.1 Bombeamento de finos

Evitar o bombeamento das partículas plásticas mais finas dos solos onde há a combinação de vários eventos simultâneos como solo argiloso saturado, excesso de juntas ou trincas, grande repetição de cargas móveis como circulação de empilhadeiras em pisos industriais ou de caminhões em pavimentos rodoviários.

O processo do bombeamento, ou pumping, é a expulsão dos finos plásticos de um solo através das juntas, bordas ou trincas de um pavimento, diminuindo drasticamente a capacidade de suporte do subleito, uma vez que o fenômeno provoca profundas alterações no esqueleto sólido do solo, a falta de suporte adequado induz a maiores deformações da placa, levando a níveis críticos as tensões de tração na flexão do piso, redundando na sua ruptura . (RODRIGUES e CASSARO, 2002, p.15).

3.4.2.2 Instabilidade volumétrica das camadas do subleito

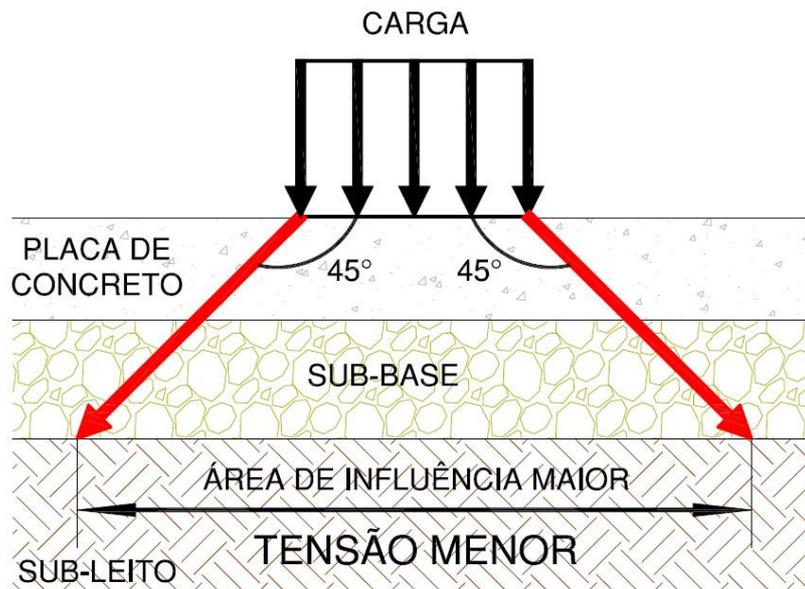
Como foi visto nos itens anteriores as diversas camadas que compõem o subleito sofrem constantes variações de volume devido o surgimento ou a perda de água, a expansão ou retração devido à presença de solos expansivos e recalques localizados de diferentes porções do solo. Tais eventos podem resultar deformações excessivas no piso comprometendo a sua utilização.

Nestas situações a subbase tem a função de contrabalancear as pressões verticais decorrentes das variações volumétricas dos subleitos.

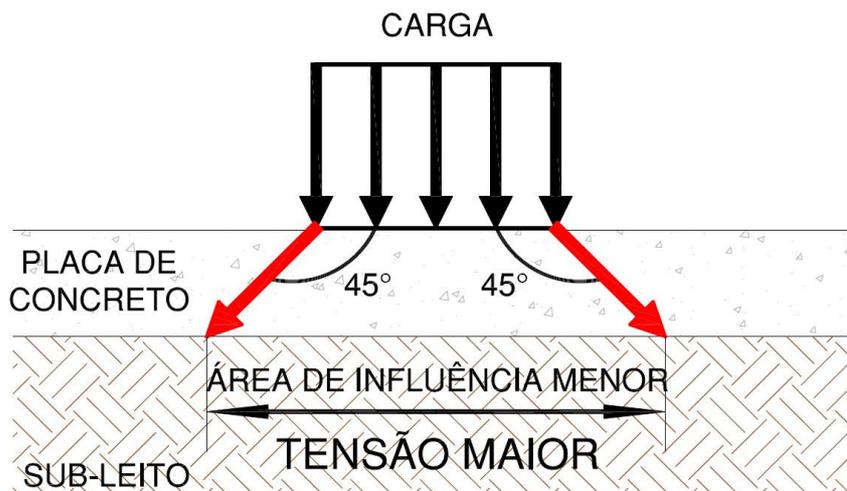
3.4.2.3 Resistência mecânica

A presença da subbase confere aos pisos um ganho de rigidez global no conjunto piso x fundação. Considerando o espraiamento das linhas de ruptura com inclinação

de aproximadamente 45° a partir da área de contato dos carregamentos da placa de concreto até o subleito tem-se no Desenho 05 uma redução das tensões pelo aumento da área de influência dessas cargas no piso com sub-base e no Desenho 06 uma tensão maior devido à redução da área de influência no piso sem sub-base (CÁRNIO, 1999, P.6).



Desenho 05 – Piso com sub-base (Fonte: Própria)



Desenho 06 – Piso sem sub-base (Fonte: Própria)

3.4.2.4 Transferência de cargas entre as placas

As sub-bases têm uma pequena contribuição na transferência de cargas entre as placas adjacentes juntamente com as barras de transferência. Entretanto esta parcela pode ser maior se a sub-base for tratada com cimento ou quando se utilizar concreto rolado.

3.4.3 Tipos de Sub-bases

As sub-bases são divididas em dois grupos; aquelas que são constituídas somente por materiais naturais e cuja granulometria pode defini-las em sub-bases com granulometria aberta e granulometria fechada e aquelas que são tratadas com substâncias químicas como os aglomerantes do tipo cal e cimento (CHODOUNSKY e VIECILI, 2007, P.96).

3.4.3.1 Sub-bases granulares

São constituídas basicamente por pedras atendendo as especificações para se obter a estabilização necessária para atender as necessidades dos projetos. Muitas especificações seguem ensaios realizados por diversos pesquisadores e países. Em muitos casos de obras no Brasil o material britado é o mais comum (RODRIGUES e CASSARO, 2002, p.17).

Os agregados de maior diâmetro são indicados quando há a necessidade de promover uma rápida permeabilidade das águas, já os agregados de menor diâmetro são indicados quando houver a necessidade de se obter uma camada mais impermeável (RODRIGUES e CASSARO, 2002, p.17).

3.4.3.2 Sub-base melhorada com cimento

Essas sub-bases melhoram a qualidade de um modo geral quer na absorção das cargas como na questão da impermeabilidade, redução das deformações, e estabilidade no nivelamento.

As sub-bases tratadas com cimento são indicadas para pavimentos estruturalmente armados devido a baixa espessura da placa de concreto. As espessuras

praticadas variam entre 100 e 200 mm atingindo a resistência a compressão simples de 3,5 Mpa aos 7 dias (PITTA, 1979, p.18).

3.4.3.3 Concreto compactado a rolo

É caracterizado por um concreto de consistência seca e possui vantagens sobre as demais quanto resistência a compressão atingindo valores entre 4 MPa e 10 MPa, facilidade de ser transportado, lançado e preparado por equipamentos utilizados em serviços de terraplanagem. Atinge elevados consumos de cimento entretanto não exige elevados rigores granulométricos trabalhando com diâmetros entre 19 e 25 mm (RODRIGUES e CASSARO, 2002, p.20).

4 CARREGAMENTOS

Os pisos industriais estão sujeitos as mais diferentes solicitações de carregamentos. A grande gama de combinação de situações de uso dos pisos resulta nas mais diversas soluções de projetos e custos finais das obras.

Por isso é que se faz imprescindível o cuidado na investigação do uso de um piso levantando os tipos de cargas e onde irão ocorrer tais solicitações, prever a possibilidade de mudança destas solicitações ao longo da vida útil dos pisos e também alertar as limitações de uso após a sua construção (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.2).

Os carregamentos dos pisos podem ser divididos de duas formas básicas; cargas estáticas e cargas dinâmicas.

As cargas estáticas são aquelas que sempre ocorrem continuamente como o caso de estanterias que são construídas em estrutura metálica fixadas em bases metálicas parafusadas na placa de concreto dos pisos. As posições das prateleiras são previstas em projeto porém até o momento de sua montagem pode ocorrer alguma alteração no layout da obra fazendo com que sua montagem ocorra em local não previsto ou até em áreas do piso com uma solução para solicitações menores o que pode trazer problemas para este piso (RUFINO, 1997, p.79).

As cargas dinâmicas ou cargas móveis são definidas pelos veículos podendo ser empilhadeiras, caminhões, carretas, pontes rolantes, tratores, aeronaves e etc.

Para cada tipo de veículo deve ser considerado no projeto o tipo de rodagem deste veículo e a frequência de passagem no piso.

Para o dimensionamento será necessário conhecer a geometria e a área da figura que representa o contato entre a roda e a placa de concreto. Para rodagens do tipo pneumáticas a figura é uma falsa elipse e a pressão de enchimento aumenta ou diminui esta área. Já as rodas maciças não formam figuras no contato devido à indeformabilidade do material que pode ser aço ou poliéster. Para essas situações a solução do piso acaba sendo mais onerosa para a obra devido à necessidade de robustez deste piso (OLIVEIRA, 2000, p.23).

As equações que serão apresentadas neste capítulo foram utilizadas na construção do programa de computador Belgo Pisos que será mostrado no capítulo 5. É utilizado para cálculo das armaduras do piso e geração do desenho executivo.

4.1 Cargas estáticas

As cargas estáticas serão relacionadas a seguir destacando cada tipo e mostrando o efeito que cada uma causará ao piso.

4.1.1 Carga estática distribuída

São constituídas pelas cargas de sacarias, estoques a granel e estoques por meio de pallets de madeira ou de plástico ver Fotografias 02 a 04.



Fotografia 02 – Estoque em sacarias – Fonte: Jornal Estado de Minas¹



Fotografia 03 – Estoque a granel – Fonte: CASEMG²

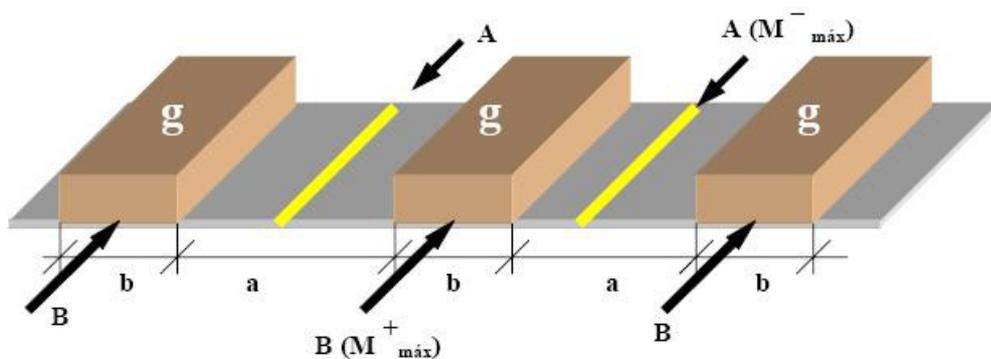
¹ Fonte: http://www.comercializa.com.br/ver_noticia.asp?id=335 (17/03/2009)

² Fonte: http://www.casemg.com.br/servicos/armaz_index.htm (17/03/2009)



Fotografia 04 – Estoque em pallets – Fonte: Revista Tecnológica³

As solicitações advindas de cargas distribuídas solicitam a face superior da placa de concreto nas regiões de corredores entre estocagens. Os momentos são calculados com o auxílio da teoria das vigas apoiadas sobre base elástica. Um caso freqüente de distribuição de cargas é aquele que alterna zonas com carga (largura **b**) e sem carga (largura **a**) indicada na Desenho 07, resultando em um momento máximo negativo no centro das regiões da placa que estão descarregadas (seção **A**), e um momento máximo positivo no centro das regiões carregadas (seção **B**) (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.4).



Desenho 07 – Pallets (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.4)

As equações que expressão os esforços devidos às ações em placas apoiadas em meio elástico são fundamentadas nas teorias de Westergard, e para as ações provenientes

³ Fonte: <http://inf.unisinos.br/~sellitto/loglafar.pdf> (17/03/2009)

das cargas distribuídas seguem as considerações abaixo para determinação dos momentos fletores positivos e negativos (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.5).

$$Mg^{-} = -0,168 \frac{g}{\lambda^2} \quad \text{Equação 02}$$

$$Mg^{+} = 0,081 \frac{g}{\lambda^2} \quad \text{Equação 03}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{3k}{E_c h^3}} \quad \text{Equação 04}$$

sendo

g: carga uniformemente distribuída (N / mm²)

h: espessura da placa (mm)

k: módulo de reação do conjunto subleito e sub-base (N / mm³)

E_c: módulo de elasticidade secante do concreto, de acordo com Tabela 01 abaixo apresentada, devendo-se tomar a metade destes valores (**1/2 E_c**) para os carregamentos de longa duração (com permanência de atuação superior a 6 meses).

CLASSES DE RESISTÊNCIA	MÓDULO DE ELASTICIDADE SECANTE DO CONCRETO E _c (N / mm ² ou MPa)
C20	29000
C25	30500
C30	32000
C35	33500
C40	35000

Tabela 01 – Valores de E_c em função da resistência à compressão – Fonte: EUROCODE - EC 2

4.1.2 Carga estática concentrada

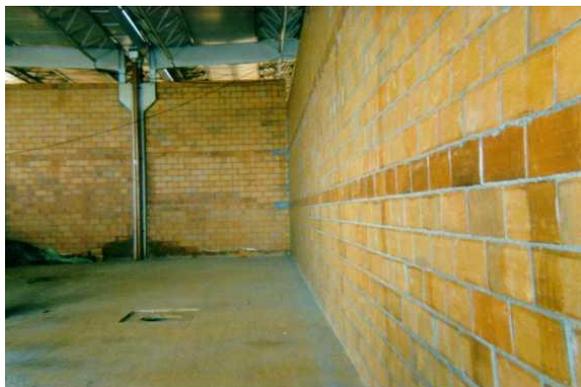
São definidas pelas estanterias ou prateleiras cujo ponto de aplicação das cargas que são os pés destas prateleiras e afastados entre si por mais de 1,0 m. Geralmente a distância é de 1,2 m a 2,0 m conforme a Fotografia 05.



Fotografia 05 – Prateleiras (Fonte: Própria)

Eventualmente um equipamento industrial pode ocasionar uma carga estática concentrada mas é necessário analisar a superfície de contato e o afastamento do próximo apoio. A maioria dos equipamentos industriais pesados são apoiados diretamente em fundações próprias e completamente isolados do piso (RODRIGUES, 2006, p.62).

Os pisos podem receber carga de alvenaria diretamente sobre ele, neste caso o tipo de carga estática é linear e calculam-se os esforços considerando o ponto de aplicação que ela está atuando (ver Fotografia 06).



Fotografia 06 – Carga linear de alvenarias (Fonte: Própria)

4.1.3 Cargas móveis ou dinâmicas

Serão mostrados a seguir as cargas móveis de empilhadeiras, caminhões e carretas por serem mais comuns nos pisos industriais.

4.1.3.1 Cargas móveis de empilhadeiras

As empilhadeiras são veículos muito compactos com elevado peso próprio e cerca de 80 % da carga total concentrada no eixo dianteiro e possuindo garfos telescópicos com a finalidade de içar cargas de todos os tipos, leves e pesadas. O Desenho 08 representa o esquema de uma empilhadeira de rodagem pneumática. Este tipo de rodagem produz um alívio das tensões no piso produzidas pelo eixo mais solicitado da empilhadeira devido a grande área de contato produzida pela deformação dos pneus (OLIVEIRA, 2000, p.28).



Desenho 08 – Empilhadeira – Fonte: (BELGO, 2003).

As empilhadeiras de rodagem maciça produzem grande concentração de tensões devido à ausência de deformação da roda que é constituída por aço ou poliéster como na Fotografia 07.



Fotografia 07 – Empilhadeira de rodagem maciça (Fonte: Própria)

Empilhadeiras de grande porte possuem eixo tandem simples e são destinadas ao transporte de containers que chegam a pesar 90 toneladas. Estas empilhadeiras são conhecidas como transtainer e o eixo mais solicitado chega a suportar 200 toneladas. A pressão de enchimento dos pneus chega a 4,5 MPa o que representa uma elevada concentração de cargas nos pisos e daí o grande cuidado que deve ser tomado no dimensionamento ver Fotografia 08.

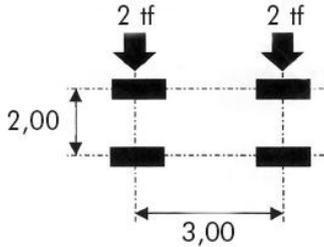
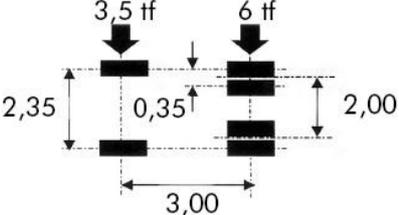
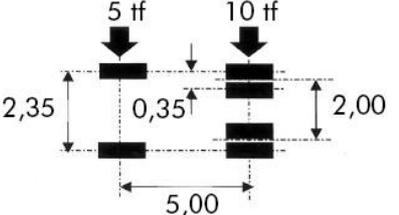


Fotografia 08 – Transtainer (Fonte: Própria)

4.1.3.2 Cargas móveis de caminhões e carretas

Muitos pisos de indústrias excluem a circulação de caminhões e carretas de suas áreas internas para obter ganho de tempo na logística do seu negócio adotando em suas plantas industriais as docas. Quando uma planta industrial não permite adotar este sistema haverá a incidência destas solicitações acrescidas dos demais carregamentos do piso fazendo com que seja tratada com maior importância a questão do desgaste e abrasão (CHODOUNSKY e VIECILI, 2007, p.185).

Os Esquemas 01 e 02 mostram os mais utilizados tipos de caminhões e carretas com suas respectivas dimensões entre pneus e arranjos dimensionais.

Tipo de Veículo	Esquema de Eixos	Peso Bruto Máximo
Veículos leves (automóveis, caminhonetes, caminhões até 2 tf/eixo)		4 t
Caminhões Leves		10 t
Caminhões Toco		15 t

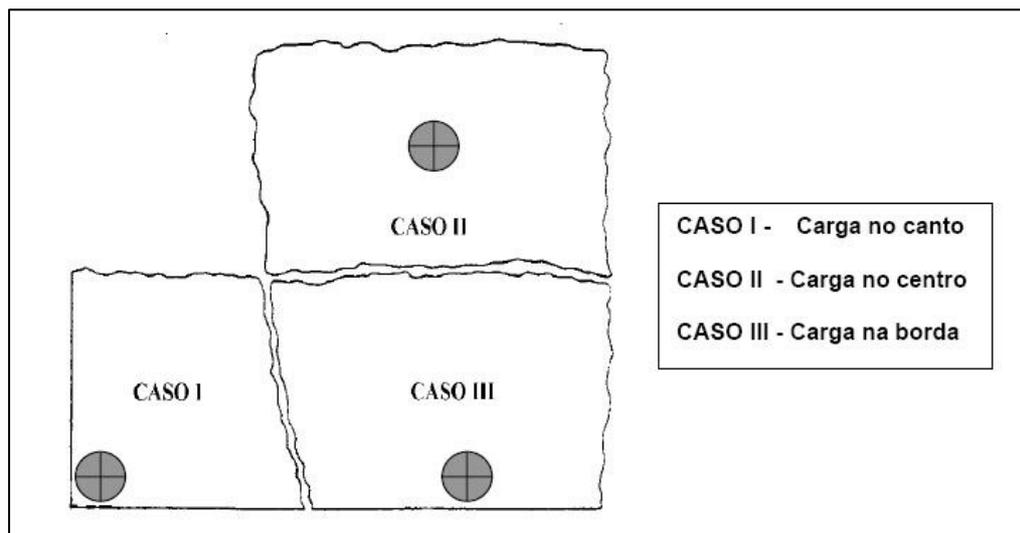
Esquema 01 – Tipos de caminhões – Fonte: (BELGO, 2003).

Tipo de Veículo	Esquema de Eixos	Peso Bruto Máximo
Caminhões Truck		23 t
Carretas com Tandem Duplo		35 t
Carretas com Tandem Triplo		45 t

Esquema 02 – Tipos de carretas – Fonte: (BELGO, 2003).

4.2 Aplicação das cargas

De acordo com PINTO JR e CÁRNIO, 2007 , as cargas pontuais são consideradas em três posições básicas em relação às bordas da placa, ou seja, canto, centro e borda como mostrados na Desenho 09.



Desenho 09 – Casos de posicionamento das cargas nos pisos - Extraído de (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.3) – Manual Técnico Soluções Belgo Pisos.

As cargas internas e de borda produzem momentos fletores que tracionam a face inferior da placa, com valor máximo na seção que se situa no ponto de aplicação das cargas. Cargas posicionadas nos cantos geram momentos fletores que tracionam a face superior da placa, ocorrendo seu valor máximo numa seção que dista $2\sqrt{al\sqrt{2}}$ do canto da placa, onde a é o raio de contato da carga e l o raio de rigidez relativo da placa (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.4).

4.2.1 Cargas lineares no interior da placa

São as cargas definidas pelas alvenarias e estoque de barras de aço longos apoiados diretamente nos pisos.

$$M_{1,i} = -0,45g\lambda_0 \quad \text{Equação 05}$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{E_c h^3}{12k}} \quad \text{Equação 06}$$

onde:

g: carga linearmente distribuída (N / mm)

h: espessura da placa (mm)

k: módulo de reação do conjunto subleito e sub-base (N / mm³)

Ec: módulo de elasticidade secante do concreto devendo-se tomar a metade destes valores ($1/2 E_c$) para os carregamentos de longa duração.

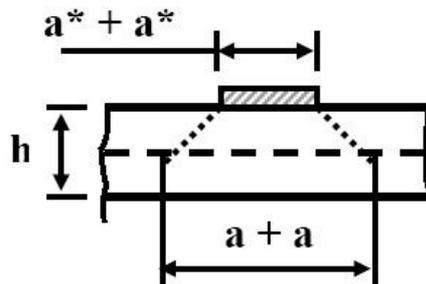
4.2.2 Cargas lineares no canto e na borda da placa

$$M_{1,cb} = \frac{1}{2\sqrt{2}} g\lambda_0 \quad \text{Equação 07}$$

4.2.3 Cargas pontuais de rodas

As cargas pontuais nos pisos são 98% provenientes de rodas e pés de prateleiras ou porta pallets e de acordo com PINTO JR e CÁRNIO, 2001, os momentos fletores são determinados com base na teoria das placas apoiadas sobre base elástica desenvolvida por Westergard e apresentadas no trabalho de Losberg.

Para o calculo é necessário determinar a área de contato através do raio de contato da carga (ver Desenho 10).



Desenho 10 - Raio de contato da carga - Extraído de (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.8) – Manual Técnico Soluções Belgo Pisos.

O primeiro passo é obter o valor do raio de contato utilizando a carga que chega no ponto de aplicação dividindo-se (P) pela pressão de enchimento (p) expresso em MPa.

$$a^* = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad \text{Equação 08}$$

$$A = \frac{P}{p} \quad \text{Equação 09}$$

- Se $a^* > 1,25 h$ adotar $a = 1,25 h$;
- Se $a^* < 1,25 h$ o parâmetro a deve ser calculado por:

$$a = \sqrt{\frac{A}{\pi}} + 0,6h \quad \text{Equação 10}$$

Que corresponde a admitir a área de contato da carga, no plano médio da placa, considerando um espraiamento com ângulo de 50°. Nesta situação o valor de a deve ser limitado a $1,25 h$ (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.8).

4.2.4 Cargas pontuais de pés de prateleiras

Para este tipo de solicitação o valor do raio de contato é dado por:

$$a = \sqrt{\frac{(\sqrt{A} + 2,4h)^2}{\pi}} \quad \text{Equação 11}$$

4.2.5 Cargas pontuais no interior da placa

É dado pela equação abaixo sendo aplicada para os casos de rodas ou pés de prateleiras.

$$M_i = -P(1-\nu) \left[0,1833 \log \frac{a}{\lambda} - 0,049 - 0,0078 \left(\frac{a}{\lambda} \right)^2 \right] \quad \text{Equação 12}$$

sendo

P: carga pontual atuante

ν : coeficiente de Poisson (**0,20** para o concreto)

a: raio da área de contato da carga

l : raio de rigidez relativo da placa, expresso por

$$\ell = 4 \sqrt{\frac{E_c h^3}{12(1-\nu^2)k}}$$

Equação 13

Onde E_c , h e k são, respectivamente, o módulo de elasticidade secante do concreto, a espessura da placa e o módulo de reação do conjunto subleito e sub-base, já definidos anteriormente. Salienta-se que uma carga é considerada atuando no interior quando se posicionar a uma distância igual ou superior ao raio de rigidez relativo l das bordas da placa (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.7).

4.2.6 Cargas pontuais na borda da placa

O máximo momento é calculado pela expressão:

$$M_b = -P(1 + 0,5\nu) \left(0,489 \log \frac{a}{\ell} - 0,012 - 0,063 \frac{a}{\ell} \right)$$

Equação 14

com parâmetros anteriormente já definidos.

4.2.7 Cargas pontuais no canto da placa

O momento é determinado por:

$$M_c = -\frac{P}{2} \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{\ell} \right)^{0,6} \right]$$

Equação 15

4.3 Espessura da placa de concreto

A espessura da placa de concreto varia não somente de acordo com os carregamentos mas dependem muito da solução utilizada.

Um piso de concreto simples ou seja sem armaduras de flexão ou retração assume grandes espessuras pois o limite de resistência passa a ser somente o concreto e sua resistência característica a tração na flexão variando com as classes de resistência como mostra na Tabela 02.

Tabela 02 – Classes de resistência do concreto – Fonte: (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.5) – Manual Técnico Soluções Belgo Pisos.

Classes de Resistência	C20	C25	C30	C35	C40
f_{ck} (MPa)	20	25	30	35	40

A resistência à tração na flexão do concreto simples (sem fibras) pode ser calculada utilizando-se a seguinte expressão:

$$f_{ct, f} = 0,429 \cdot \sqrt[3]{(f_{ck})^2} \quad \text{Equação 16}$$

A faixa de utilização das espessuras para concretos simples varia entre 18 cm para pisos leves e baixos carregamentos⁴ e podem chegar até 30 cm de espessura com carregamentos de veículos ou cargas concentradas de valores significantes.

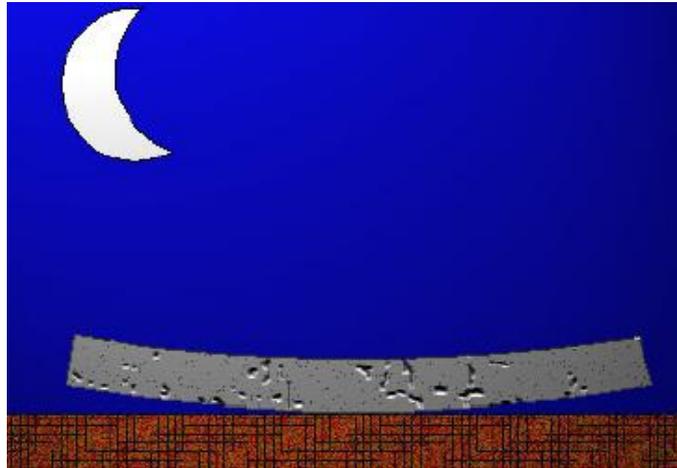
Uma outra característica dos pisos de concreto simples são as suas dimensões máximas de placas ou seja a distancia entre as juntas de concretagem restritas a um determinado valor de espessura devido o problema das fissuras de retração de tensões de empenamento provocadas pela variação de temperatura.

O padrão de espessuras para os pisos que contam com a contribuição do aço passa a ser da ordem de 12 cm para pisos leves e 18 cm para pisos com cargas elevadas.

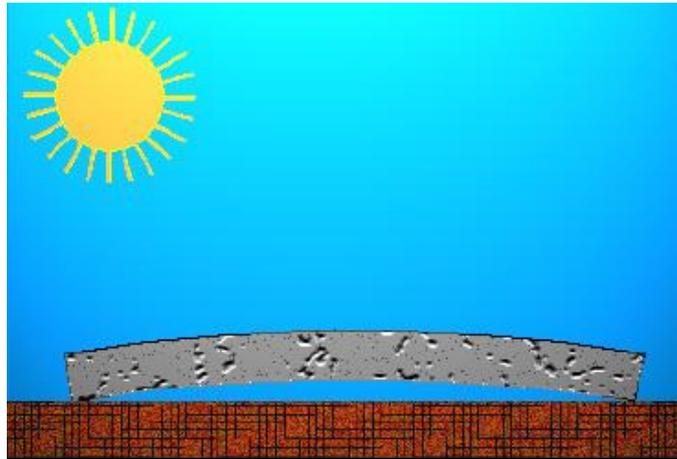
O impedimento de que essas deformações ocorram, devido ao peso próprio, provoca, durante o dia, tensões de trações na fibra inferior e de compressão na superior. No período da noite ocorre o inverso: compressão na fibra inferior e tração na fibra superior. Desta maneira, durante o dia há uma soma dos esforços introduzidos pelo tráfego com as tensões induzidas pelo empenamento da placa. Durante a noite, os dois efeitos se subtraem (OLIVEIRA, 2000, p.33).

⁴ Exclusão de veículos, pés de prateleiras e cargas pontuais diversas.

Os Desenhos 11 e 12 ilustram as placas de concreto sujeitas ao empenamento devido a variações de temperatura.



Desenho 11 - Tendência de empenamento das placas durante a noite (OLIVEIRA, 2000, p.33).



Desenho 12 - Tendência de empenamento das placas durante o dia (OLIVEIRA, 2000, p.33).

4.4 Camada deslizante

A camada deslizante tem fundamental importância para garantir a não aderência da placa à sub-base. A placa de concreto deve trabalhar completamente isolada e solta de toda a construção por se tratar de um elemento muito esbelto sujeitas a variações volumétricas constantes em toda a vida útil do piso.

Embora a Tabela 03 apresenta vários tipos de camadas deslizantes entretanto o mercado que contrata e executa obras de pisos industriais utiliza a lona de poliéster como ilustra a Fotografia 09 em 98% dos casos salvos em obras públicas e rodovias onde a escolha da camada deslizante obedece outras exigências e especificações técnica.



Fotografia 09 - Lona plástica preta (Fonte: Própria)

Tabela 03 – Tipos de camadas deslizantes e os respectivos coeficientes de atrito entre o concreto e a subbase – Fonte: (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.14) – Manual Técnico Soluções Belgo Pisos.

Camada asfáltica.....	3,2
Emulsão asfáltica.....	2,0
Solo plástico.....	1,7
Mistura de saibro e areia lavada.....	1,6
Subbase granular.....	1,3
Camada de areia.....	0,9
Folha de polietileno – 1 camada.....	0,7
Folha de polietileno – 2 camadas.....	0,5

As armaduras contribuem eficazmente no combate das fissuras de empenamento e também de retração do concreto no seu processo de cura. Essas armaduras devem ser colocadas junto à face superior da placa. Esta armadura, constituída por telas soldadas em aço CA-60, são dimensionadas a partir de uma expressão que será abordada no próximo capítulo quando será esgotado o assunto sobre armaduras para pisos de concreto armado. Na expressão da armadura de retração e empenamento possui um coeficiente que multiplica o produto entre a maior dimensão da placa por sua espessura e que corresponde ao

coeficiente de atrito entre a placa e a sub-base, função do tipo de camada deslizante adotada como mostrado abaixo:

4.5 Transferência de cargas

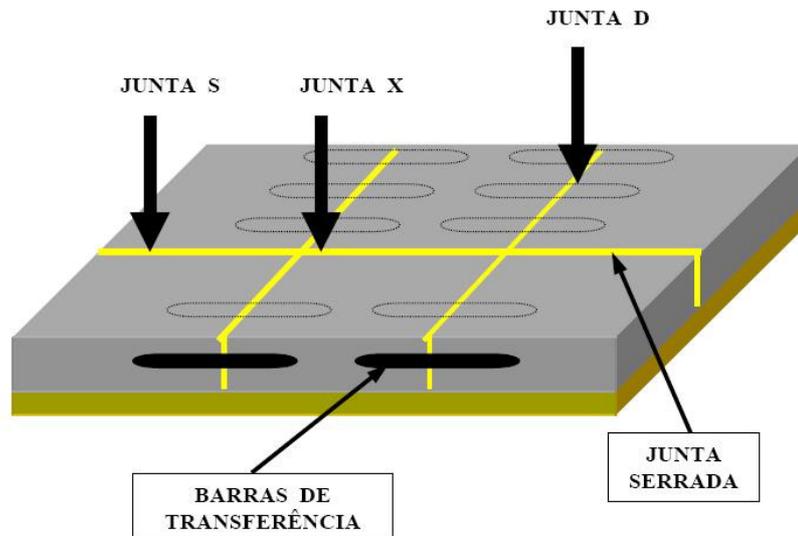
As barras de transferência de carga são armaduras que visam interligar as placas, garantindo uma certa continuidade. Assim sendo, no dimensionamento deve ser descontada, do valor da carga atuante, a parcela transferida para a placa adjacente.

O ACI apresenta as seguintes recomendações para escolha adequada destas barras, conforme apresentado na Tabela 04.

Tabela 04 – Barra de transferência - Extraído de (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.13) – Manual Técnico Soluções Belgo Pisos.

ESPESSURA DA PLACA (cm)	DIÂMETRO MÍNIMO DA BARRA (mm)	COMPRIMENTO MÍNIMO DA BARRA (cm)	ESPAÇAMENTO MÁXIMO ENTRE AS BARRAS (cm)
12 a 15	20	40	30
16 a 20	25	45	30
21 a 28	32	45	30

Segundo (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.13) os momentos atuantes nas bordas e nos cantos das placas que compõem o piso podem ser reduzidos pela transferência de parte da carga para placas adjacentes, considerando-se os seguintes posicionamentos de cargas, como mostrado na Desenho 13.



Desenho 13 - Posicionamento das cargas – Fonte: (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.12) – Manual Técnico Soluções Belgo Pisos.

O dimensionamento para a carga atuando na junta X (interligação entre placas) é feito considerando a carga aplicada no canto da placa, transferindo 30% desta carga para as placas adjacentes. A carga aplicada na junta D (com barras de transferência) considera-se como atuando na borda da placa, transferindo 40% desta carga para a placa adjacente através das barras de transferência. No caso da carga aplicada na junta S (junta serrada) considera-se, também, como aplicada na borda da placa, transferindo 20% desta carga para a placa adjacente através do engrenamento dos agregados (PINTO JR e CÁRNIO, 2001, p.12).

Até o momento foram abordadas as diretrizes para elaboração de um bom projeto de piso no que diz respeito ao conhecimento teórico mínimo necessário sobre solos, subbase, solicitações, tipos de cargas e equações dos momentos. O próximo capítulo seguirá com a conceituação teórica mínima sobre as placas de concreto dos pisos.

5 PLACAS DE CONCRETO

Este capítulo tratará das diretrizes teóricas em que estão fundamentadas a tecnologia do concreto, os tipos de juntas, as armaduras e as etapas construtivas necessárias para se obter um piso industrial estruturalmente armado da melhor qualidade.

5.1 Concreto

Os concretos para pisos devem atender várias exigências pois representará a última camada dos pisos e pavimentos onde ocorrerão todos os tipos de solicitações, ou o contato direto com as superfícies que irão transmitir as cargas de serviço. Na superfície do concreto da placa do piso poderão ocorrer sinais de desgastes devido às inúmeras repetições de cargas das rodas dos veículos, sinais de descamação ou destacamento em decorrência do fenômeno da exsudação (será visto nos próximos tópicos), quadros de fissuração provenientes de diversos fenômenos como retração, empenamento, cargas distribuídas, ataques por agentes químicos ou climáticos e por várias outras causas (RODRIGUES, 2006, p.45).

É importante salientar que na escolha do tipo de concreto deve ser levando em conta todas as variáveis que poderão afetar a aparência e funcionalidade do piso no decorrer de sua vida útil que não pode ser inferior a 20 anos. Por isso a escolha de cada material que participa na composição do concreto deve ser cuidadosamente analisada para que sua resistência característica seja garantida em todas as partes do concreto (CHODOUNSKY e VIECILI, 2007, p.157).

5.1.1 Resistência mecânica do concreto

Na resistência o primeiro fator a ser considerado é o fator água-cimento que para a resistência característica a compressão influencia em 95% porém nos pisos industriais a placa de concreto solicita o concreto a tração por se tratar de um elemento estrutural esbelto pois é muito alto a relação entre as dimensões largura e comprimento da placa pela sua espessura (PITTA, 1999, p.29).

A forma dos agregados graúdos do concreto exerce grande influência na sua resistência à tração na flexão, devido a sua natureza mineralógica, forma geométrica e textura das partículas. A forma mais adequada seria a forma cúbica, formas circulares, de discos ou

de agulhas apresentam baixa resistência a flexão além de dificultarem a saída da água exsudada e diminuindo a aderência da matriz-agregado (RODRIGUES, 2006, p.82).

A correlação entre a resistência a compressão tem sido bastante utilizada devido proximidade dos ensaios de tração e compressão do concreto. O ensaio de tração do concreto utilizando corpos de prova prismáticos nas dimensões de 150 mm x 150 mm x 500 mm levam a correlação da Tabela 05 e a Equação 16 (RODRIGUES e CASSARO, 2002, p.27).

Tabela 05 – Correlação entre resistência a compressão e módulo de ruptura – Fonte: (RODRIGUES e CASSARO, 2002, p.26)

Resistência Compressão (MPa)	Módulo de Ruptura (MPa)
20,0	3,4
25,0	3,9
30,0	4,3
35,0	4,7
40,0	5,1

$$f_{ct,M} = 0,56 \times (f_{cj})^{0,6}$$

Equação 17

5.1.2 Resistência ao desgaste

A resistência ao desgaste ou a abrasão confere a superfície da placa de concreto a propriedade de suportar grandes solicitações de caráter abrasivo como rodas metálicas de empilhadeiras, regiões de estacionamentos onde ocorre o trilho das rodas de veículos com o agravante da frenagem ou trechos em curvas, arrastes de cargas e etc.

A resistência à abrasão também está intimamente ligada a resistência do concreto. É recomendado a resistência mínima do concreto de 30 MPa para combater as patologias relacionadas ao desgaste (ROCHER, 2007, p.99).

Um grande causador da perda de eficiência no combate ao desgaste é a exsudação que ocorre devido à separação da água do concreto, que por ser mais leve aflora na superfície de acabamento, podendo influir bastante na redução da resistência superficial. O que ocorre na realidade é que a ascensão da água provoca um aumento da relação água/cimento na região da superfície da placa, reduzindo a resistência mecânica do concreto. As causas da exsudação estão intimamente ligadas aos teores de finos, inclusive o cimento, e ao teor de água do concreto, havendo aditivos, como os plastificantes, que podem incrementá-las (RODRIGUES, 2006, p.48).

O método de ensaio hoje disponível no Brasil (ABNT, 1992) foi concebido para argamassas de alta resistência, que eram polidas, deixando os agregados aparentes, conferindo a eles valores abrasivos elevados.

Soluções atualmente adotadas resumem na aspersão de agregados de alta resistência a aplicação de líquidos endurecedores de superfície.

5.1.3 Retração do concreto

A retração por secagem é o fenômeno da perda da água do concreto com o tempo acarretando em perda do volume da placa do piso. Essa perda de volume ao se deparar com as restrições do peso próprio e do atrito da placa com a sub-base induz ao aparecimento de tensões de tração no concreto e por consequência surgem os quadros de fissuração e empenamento da placa (OLIVEIRA, 2000, p.30).

Existem várias causas que provocam a retração do concreto como perda de água em excesso, reações químicas e composição mineralógica dos materiais constituintes do concreto. Os diversos tipos de retração serão caracterizados nos subitens abaixo.

5.1.3.1 Retração plástica

Ocorre antes de começar a pega, quando a pasta de cimento tem consistência plástica, vinda daí a denominação retração plástica ou retração inicial.

O intervalo de tempo que transcorre entre o adensamento e as fissuras iniciais de retração é de, aproximadamente, 20 minutos. O aparecimento das fissuras iniciais tem como causa principal a diminuição de volume da massa pela perda de água de amassamento.

As fendas desenvolvem-se rapidamente, logo que desaparece a água livre superficial, raramente sendo progressivas, e mantendo a sua forma original após a pega e o endurecimento (PITTA; CARVALHO e RODRIGUES, 1999, p.111).

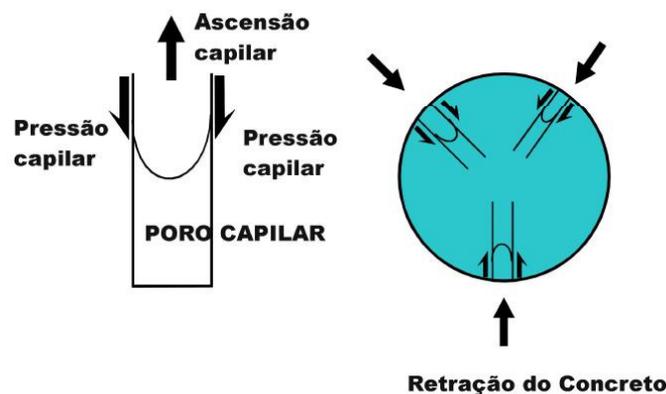
5.1.3.2 Retração hidráulica

A retração hidráulica é devida à movimentação da água, que pode sair por evaporação ou entrar por capilaridade, permeabilidade ou, ainda, por condensação capilar.

As causas da retração hidráulica são devido às tensões originadas nos vazios com dimensões capilares, pela pressão de absorção nas superfícies do cimento hidratado e ações repulsivas e atrativas entre elas, e pela entrada e saída da água entre as lamelas (PITTA; CARVALHO e RODRIGUES, 1999, p.120).

Quando ocorre perda de água na pasta de cimento, ocorre movimentação capilar da água nos poros capilares. Como consequência, há o desenvolvimento de tensões hidrostáticas que induzem tensões de compressão no interior da estrutura sólida. As tensões hidrostáticas são desenvolvidas quando um menisco é formado no capilar. Quanto menor o raio do menisco, maior é a pressão capilar. A umidade relativa também determina o valor do raio do menisco; com umidade relativa abaixo de 40 a 45 % não existem tensões capilares, pois nesta situação os meniscos não são estáveis (NUNES e FIGUEIREDO, 2007, p.12).

O Desenho 14 ilustra a perda de água na retração hidráulica.



Desenho 14 - Tensões hidrostáticas desenvolvidas em meniscos capilares do concreto – Fonte: (NUNES e FIGUEIREDO, 2007, p.13).

5.1.3.3 Retração autógena

A retração autógena é a contração volumétrica da pasta de cimento durante a hidratação, sem perda de água para o ambiente externo, sob temperatura constante e desconsiderando as deformações térmicas. É causada pela redução da água livre nos poros, a qual migra para participar das reações de hidratação, bem como para absorver-se na superfície dos recém-formados cristais de hidratos. Este fenômeno é conhecido como auto-secagem ou autodessecação, dado que não há trocas de umidade com o meio ambiente. Quanto mais finas as porosidades e os capilares, maior será a retração autógena na pasta de cimento (PITTA; CARVALHO e RODRIGUES, 1999, p.42).

A retração autógena é resultado da redução da água livre nos poros do esqueleto cimentício (FILHO, 2007, p.27).

5.1.3.4 Retração por carbonatação

A reação dos produtos de hidratação do cimento com o anidrido carbônico do ar tem como consequência a ocorrência de retração. O concreto exposto a carbonatação perde água e comporta-se como se tivesse exposto a uma umidade relativa mais baixa do que a umidade em que está exposto. Uma característica da retração por carbonatação é a sua irreversibilidade. Atribui-se isto a mudanças nas características adesivas do C-S-H.

A retração por carbonatação é maior quando a umidade relativa do ar está em torno de 50 % de umidade relativa. Quando a umidade relativa está próxima de 100 %, a carbonatação é baixa porque os poros estão preenchidos com água e a difusão do CO₂ no interior da pasta é muito lenta. Em níveis de umidade muito baixos (em torno de 25 %) a quantidade de água nos poros é insuficiente para formação do ácido carbônico (NUNES e FIGUEIREDO, 2007, p.11).

A retração por carbonatação se deve pela fixação do dióxido de carbono na pasta de cimento e que por causa disso, a massa da pasta aumenta. Junto com o aumento da pasta de cimento, ocorre também o aumento da massa de concreto. Quando o concreto entra na condição de secagem e simultaneamente sofre carbonatação, a retração causada pela perda de água é compensada pela expansão devida à carbonatação, por isso, pode-se concluir incorretamente que o concreto atingiu o seu ponto de equilíbrio, sendo a sua secagem dada por completo (FILHO, 2007, p.31).

5.2 Recomendações para escolha do concreto

A escolha do concreto não deve basear-se somente na sua resistência mecânica mas também a outros pontos importantes como trabalhabilidade e durabilidade.

5.2.1 Consumo de cimento

O cimento melhora a trabalhabilidade do concreto quando suas partículas ultrafinas atuam como rolamentos, reduzindo o atrito entre as outras maiores além de aumentar a coesão da mistura fresca, reduzindo a exsudação.

Esta função é cumprida não só pelo cimento mas também pelo ar incorporado durante a mistura e ainda pela presença de finos com aproximadamente 0,15 mm como recomendado na Tabela 06 (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006, p.41).

Tabela 06 – Teor mínimo de finos – Fonte: (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006, p.41).

Dimensão máxima do agregado	Teor dos finos (kg/m³)
32	280
15	300
19	320
12,5	350

5.2.2 Dimensão máxima característica

Quanto maior for a dimensão máxima característica do agregado, menor será o consumo de cimento (ver Tabela 07) mas o módulo de ruptura tende a diminuir com o incremento.

A dimensão máxima do agregado não pode ser superior a 32 mm, devendo ser preferencialmente 25 mm ou 19 mm, sem ser maior do que 1/3 da espessura da placa (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006, p.41).

Tabela 07 – Consumos de cimento recomendados – Fonte: (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006, p.42).

Dimensão máxima do agregado (mm)	Consumo de cimento (kg/m ³)	
	Mínimo	Máximo
37,5	280	330
25	310	360
19	320	375
12,5	350	405
9,5	360	415

5.2.3 Abatimento (Slump)

O surgimento dos pisos de alto desempenho, caracterizados por elevados índices de planicidade e nivelamento, força o emprego de concretos mais plásticos, situados entre 70 mm e 100 mm. Isso ocorre pela necessidade de se re-trabalhar o concreto durante o período de dormência, que antecede a pega. O emprego de aditivos, nesses casos, deve ser feito com cautela, evitando-se os superplastificantes, tomando-se como referência a curva de perda de trabalhabilidade do concreto, para garantir o retrabalho necessário. O abatimento do concreto deve ser preferencialmente empregado próximo dos 50 mm, não devendo exceder a 100 mm (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006, p.42).

5.2.4 Resistência

A resistência à tração na flexão é critério de projeto definido pelo calculista. A espessura na placa de concreto não é grandemente influenciada pela resistência a tração do concreto.

Nos pisos de concreto estruturalmente armado a influência da resistência na taxa de armadura é menor ainda porém o fato de se utilizar resistências mais elevadas reside na necessidade de combater o desgaste aumentando a durabilidade do piso (OLIVEIRA, 2000, p.41).

A Tabela 08 (ACI, 2004) indica os valores mínimos de resistência em função da utilização do piso e de seu revestimento se houver (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006, p.42).

Tabela 08 - Valores mínimos de resistência - Fonte: (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006, p.42) – (ACI, 2004).

Classe do piso	Resistência mínima à compressão (MPa)
1,2 e 3	21
4,5 e 6	24
7 (substrato)	24
7 (overlay aderido)	35
8 (overlay não-aderido)	28
9 Superplano	28

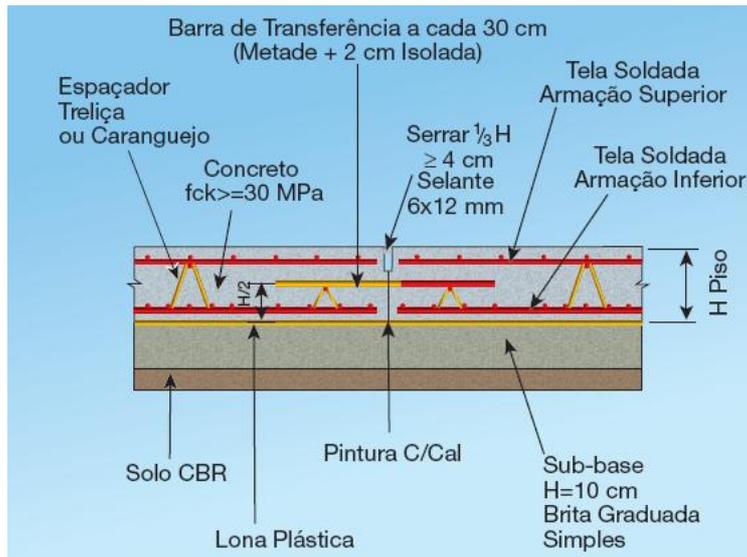
5.3 Tipos de juntas

As juntas dos pisos são os afastamentos entre as placas de concreto nas quais se definem as dimensões de cada placa. As juntas devem ser muito bem planejadas, desenhadas e executadas pois é através delas que começa um dano no piso. Serão relacionados a seguir os diferentes tipos de juntas e suas peculiaridades.

5.3.1 Junta de construção

Permite a movimentação horizontal do pavimento e a transferência de carregamentos verticais entre placas através das barras de transferência. Está localizada entre duas faixas de concretagem.

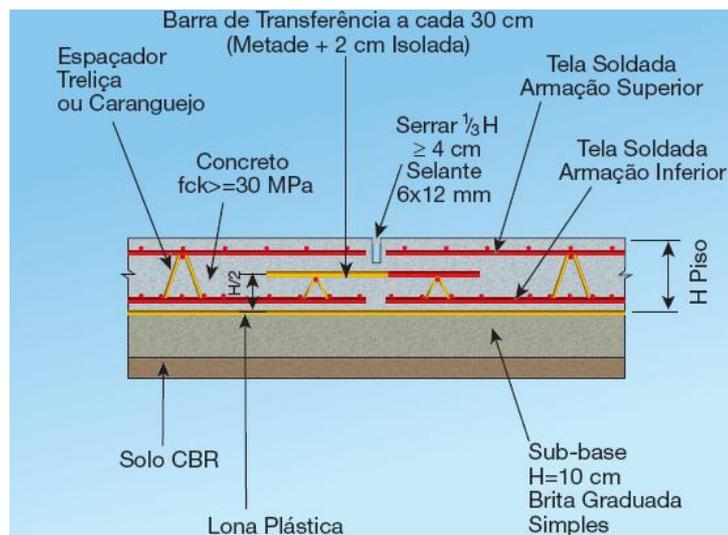
A largura das faixas de concretagem em muitos casos práticos é definida pela escolha da régua vibratória que dependendo da sua rigidez pode vencer vãos de 12 m ou 15 m. Em contra partida existem régua de comprimentos menores de rigidez insuficiente que pode provocar uma deflexão no meio da placa do piso (ver Desenho 15) (ROCHER, 2007).



Desenho 15 – Junta de construção – Fonte: Manual pisos industriais – (BELGO, 2003).

5.3.2 Junta serrada

As juntas serradas são executadas durante a cura do concreto aproximadamente seis horas após o início da concretagem no momento que o concreto atinge uma resistência que permite a circulação de operários caminhando no piso sem produzir marcas na superfície do concreto (ver Desenho 16) .



Desenho 16 – Junta serrada – Fonte: Manual pisos industriais – (BELGO, 2003).

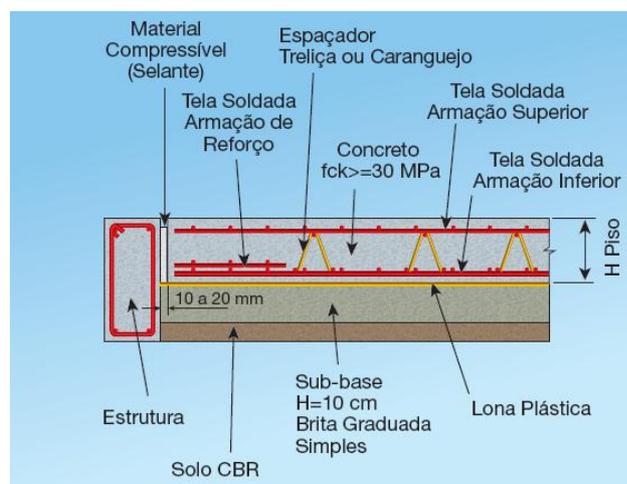
O corte das juntas deve penetrar um terço da espessura da placa sem que seja cortada a armadura posicionada próximo à superfície.

O conceito das juntas serradas reside em criar regiões enfraquecidas nas faixas concretadas, por onde as fissuras se desenvolverão com a movimentação horizontal das placas, evitando a fissuração generalizada do pavimento. Possibilita a concretagem da faixa de uma única vez, evitando a concretagem em xadrez. É protegido com selante, impedindo a entrada de fragmentos nas fissuras, o que poderia prejudicar o funcionamento da junta (OLIVEIRA, 2000, p.9).

5.3.3 Junta de encontro

Tem por finalidade isolar o pavimento dos demais elementos estruturais e das alvenarias. É utilizada, em geral, no contorno do pavimento mas em tipos específicos de pisos elas são empregadas em maior quantidade como no caso de piso de estacionamento de edifícios onde na projeção do prédio há grandes interferências nos poços de elevadores, caixas de escadas e áreas com elevação de nível (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006, p.82).

O piso em toda sua vida útil sofre variações volumétricas devido à variação de temperatura daí a necessidade do recuo de elementos estruturais rígidos. Entre o piso e os elementos a serem isolados deve ser utilizado um material compressível como o isopor (ver Desenho 17) (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006, p.82).



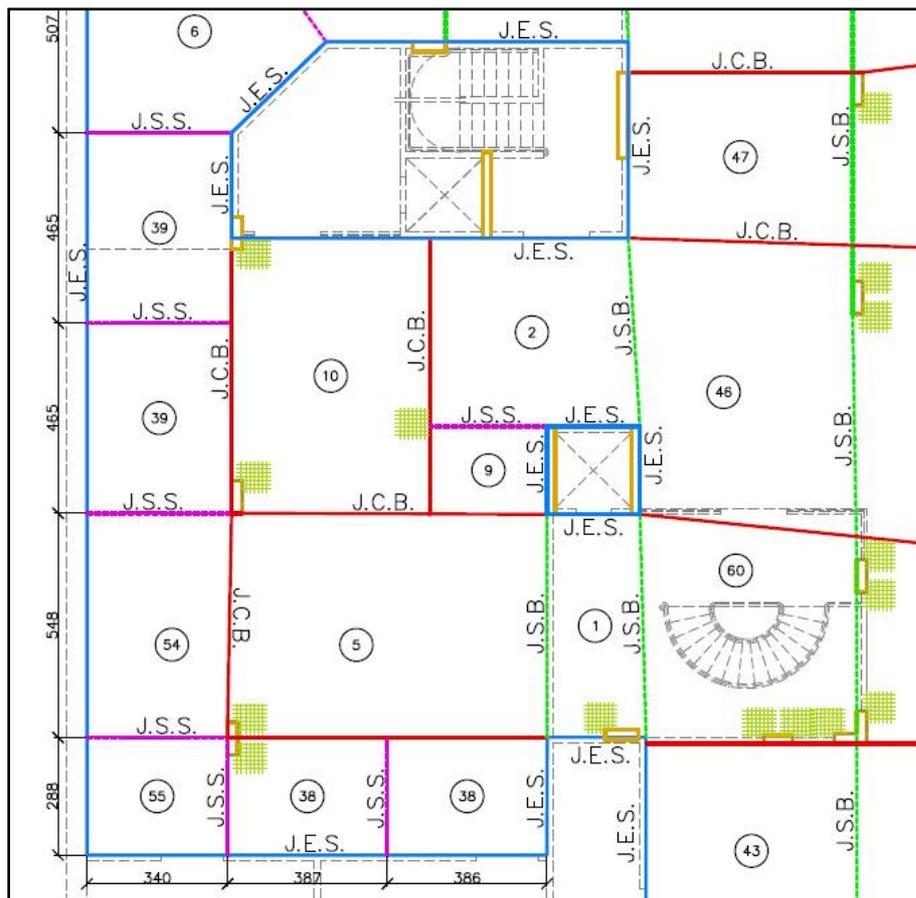
Desenho 17 – Junta de encontro – Fonte: Manual pisos industriais – (BELGO, 2003).

5.3.4 Layout das juntas

O layout das juntas é o traçado em planta da área total do piso mostrando todas as juntas indicando o tipo de cada uma delas em uma escala bem adequada para que seja possível uma boa interpretação de quem irá utilizá-la.

A Desenho 18 ilustra as informações básicas para a execução do piso informando por exemplo a posição das juntas serradas sem barras de transferência (J.S.S.), as juntas serradas com barras de transferência (J.S.B.), junta construtiva com barra (J.C.B.) e junta de encontro sem barra (J.E.S.).

Alguns cuidados importantes também podem ser notados nesta figura como o confinamento de áreas do poço do elevador e caixa de escada, ambas cercadas por junta de encontro, o direcionamento das juntas nas faces dos pilares para reduzir a quantidade de reforços de canto de pilares. Pode ser observada em alguns cantos de pilares uma malha de tela soldada na dimensão de 75 cm por 81 cm (medida múltipla de um painel de tela soldada).



Desenho 18 – Layout de juntas (Fonte: Própria)

5.4 Armaduras

Os pisos e pavimentos de concreto estruturalmente armado possuem aço para combater as tensões de tração na flexão, tensões de tração de retração e também tensões de compressão sendo que neste ultimo caso é muito raro a sua aplicação (RODRIGUES; BOTACINI e GASPARETTO, 2006, p.73).

A adoção de armadura nos pisos é muito recomendada para combater as cargas concentradas de todas as espécies.

Casos bastante incomuns é a utilização de aço para combater grandes tensões de retração que ocorrem para grandes consumos de cimento em concretos de resistência muito elevadas e em placa de concreto de grandes dimensões. O caso se aplica em obras como quadras poliesportivas, estruturas especiais como tanques de estações de tratamento de água e esgoto e pavimentos rodoviários.

Para o caso de pavimentos rodoviários há uma solução que utiliza grandes espessuras de concreto, elevadas taxas de armaduras mas em contra partida dispensa a utilização de juntas, barras de transferência, sua execução é muito simplificada e o resultado é o melhor possível pois oferece o melhor conforto de rolamento devido à inexistência de juntas, reduzida ocorrência de patologias e a maior oferta de durabilidade. Mas provavelmente a solução de custo mais elevados.

5.4.1 Descrição do aço

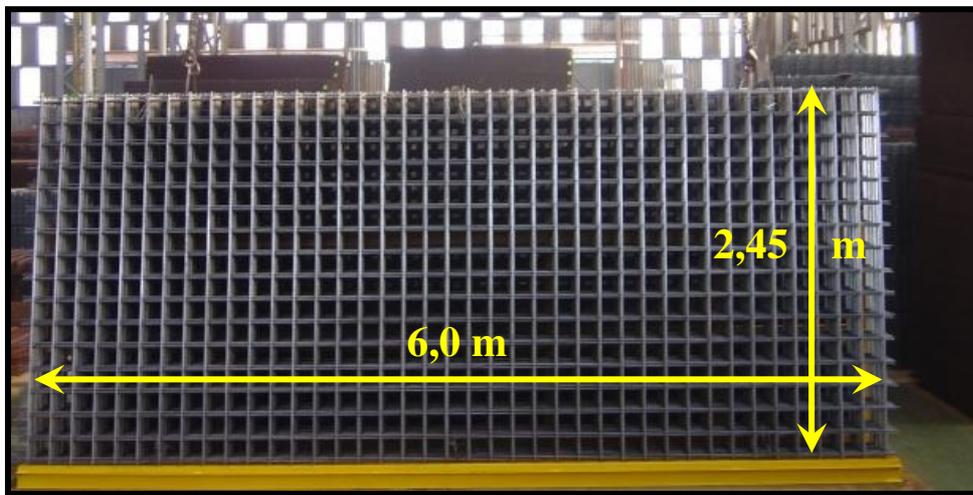
O tipo do aço para PCEA (Pisos ou Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados) são as barras de aço CA-50 ou CA-60 que podem ser utilizadas em aço solto ou em painéis de telas soldadas. As telas soldadas apresentam inúmeras vantagens sobre o aço em barra de maneira que em nenhuma situação se relata a utilização do aço em barra.

Observa-se que 100 % das obras de pisos ou pavimentos utilizam à tela soldada devido à praticidade em executar grandes áreas de uma só vez. A medida padrão de um painel de tela soldada é de 2,45 m por 6,00 m equivalendo a uma área de 14,70 m². Esta área pode ser armada por dois armadores em apenas 2 min considerando o transporte da telas do local de estoque ao local do seu posicionamento no piso sem que haja a necessidade de amarração no cruzamento dos fios e também sem a necessidade de verificação dos espaçamentos entre eles

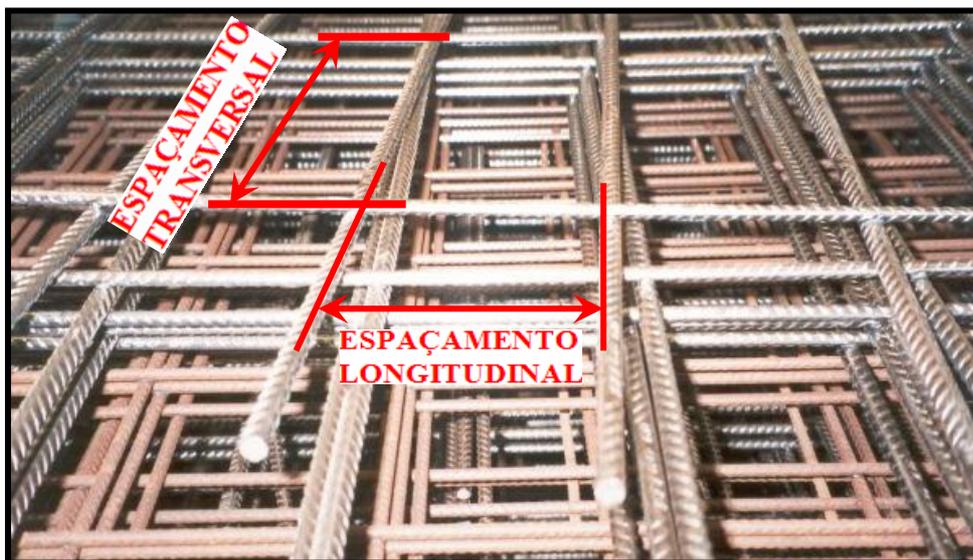
pois as telas soldadas possuem um ponto de solda do tipo eletrofusão em cada ponto de encontro dos fios que a constituem.

As telas soldadas são compostas por aço CA-60, sua designação “CA” indica que é um aço para uso em estruturas de concreto armado e o número 60 representa sua resistência característica ao escoamento de 60 kg / mm² (600 MPa). As telas soldadas são produzidas de acordo com a norma NBR 7481/1990.

Observar na Fotografia 10 as dimensões de largura e comprimento das telas soldadas, e na Fotografia 11 as dimensões das malhas compostas pelo espaçamento transversal e longitudinal e as nervuras do aço CA-60.



Fotografia 10 - Painel de tela soldada (Fonte: Própria)



Fotografia 11 – Características das telas soldadas (Fonte: Própria)

5.4.2 Posicionamento das armaduras

As armaduras devem ficar posicionadas próximas da face solicitada obedecendo um afastamento da superfície correspondente com os valores mínimos estabelecidos pela norma NBR 6118/2001 que representam os cobrimentos das armaduras.

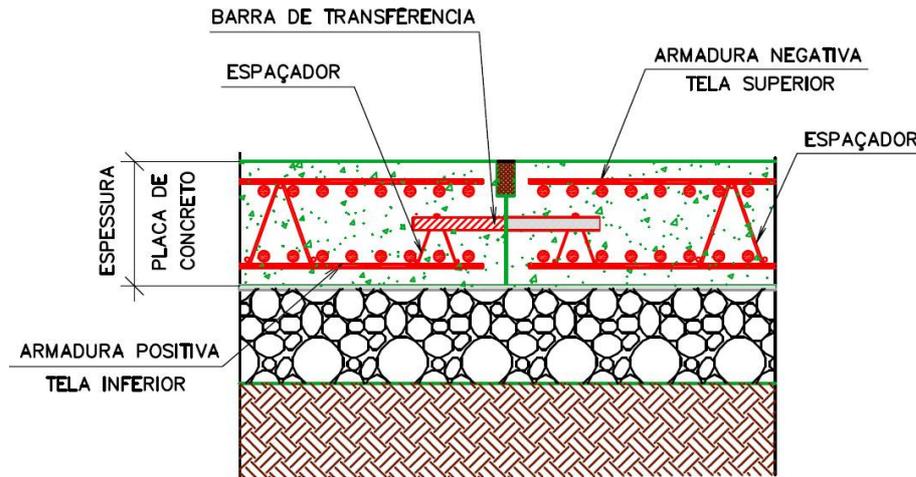
Para pisos os cobrimentos mínimos remetem aos cobrimentos determinados para os elementos de fundação como as vigas baldrames, blocos e sapatas devido o contato com o solo que é no mínimo de 3 cm para proteção da armadura.

5.4.3 Tipos de armaduras do piso

As armaduras positivas são posicionadas na face inferior da placa de com cobrimento de 3 cm. As armaduras negativas são posicionadas na face superior da placa de com cobrimento de 3 cm ou até 5 cm dependendo da espessura da placa do piso. As barras de transferência são um tipo de armadura pois transferem carga de uma placa para outra por meio da área de aço resistindo a esforços de cisalhamento.

O aço cumpre o papel de reforços localizados dentro da placa de concreto nas regiões de passagem de veículos que podem ser nas bordas livres ou passagem localizada no canto dos pisos solicitando assim a face superior do piso em aproximadamente 4 m² de área a partir do canto. Tais reforços serão detalhados no capítulo 5 onde será mostrado um estudo de caso.

Para posicionar a armadura negativa e reforços localizados na região superior do piso são utilizados os espaçadores treliçados constituídos por aço e oferecendo uma ótima rigidez garantindo o posicionamento das armaduras altas conforme as recomendações de projeto. Os espaçadores treliçados em aço também são utilizados no piso para posicionar as barras de transferência (ver Desenho 19).



Desenho 19 – Seção típica de um piso de concreto estruturalmente armado (Fonte: Própria)

5.4.4 Cálculo das armaduras de concreto estruturalmente armado

Após a determinação dos momentos fletores devido a vários tipos de carregamentos basta aplicar as fórmulas utilizadas para o dimensionamento das armaduras⁵ necessárias no Estádio III considerando as telas soldadas produzidas com aço CA-60.

O cálculo das armaduras é realizado com o emprego dos coeficientes adimensionais k_6 e k_3 , e para o concreto a resistência mínima de norma que é $f_{ck} = 20$ MPa.

5.5 Execução dos pisos

Dois itens são fundamentais para levar um piso industrial a excelência construtiva; um projeto bem elaborado e a correta execução cumprindo todas as etapas construtivas de maneira que cada uma delas cumpra a sua função no decorrer da vida útil dos pisos.

5.5.1 Preparo do sub-leito

O solo deverá ser compactado de acordo com a especificação de atingir o grau de compactação de 98 % do proctor normal e de acordo com a cota de nível prevista em projeto.

⁵ De acordo com a disciplina de concreto armado e NBR 6118/2001.

São utilizados para esta compactação o rolo tipo pé de carneiro para grandes obras ou compactador manual tipo sapo para pequenas áreas (ver Fotografia 12).



Fotografia 12 – Subleito compactado (Fonte: Própria)

5.5.2 Preparo da sub-base

A sub-base também deverá ser compactada de acordo com a exigência de atingir o grau de compactação de 98 % do proctor normal seguindo a espessura de acordo com o projeto.

A compactação com rolo compactador liso é o mais indicado para garantir uma boa regularização da cota onde será aplicada a camada deslizante (ver Fotografia 13).



Fotografia 13 – Preparo da sub-base (Fonte: Própria)

5.5.3 Assentamento das formas

Após a regularização da sub-base o próximo passo é assentar as formas que moldarão as faixas dos pisos.

As fôrmas dos pisos são feitas de madeira ou de perfis de aço laminados do tipo perfil “C” ou perfil “T”. O nivelamento das formas será responsável pela planicidade do piso.

Antes da concretagem das placas vizinhas deverá ser feito uma aplicação de material para que não haja aderência entre o concreto novo e o velho. Geralmente é utilizado cal para o isolamento das duas faces.

As Fotografias 14 e 15 mostram respectivamente formas de madeira e a operação de nivelamento de forma utilizando equipamentos topográficos. Observar na Fotografia 14 que as formas de pisos devem possuir aberturas correspondentes ao diâmetro das barras de transferência.



Fotografia 14 – Formas de madeira para pisos (Fonte: Própria)

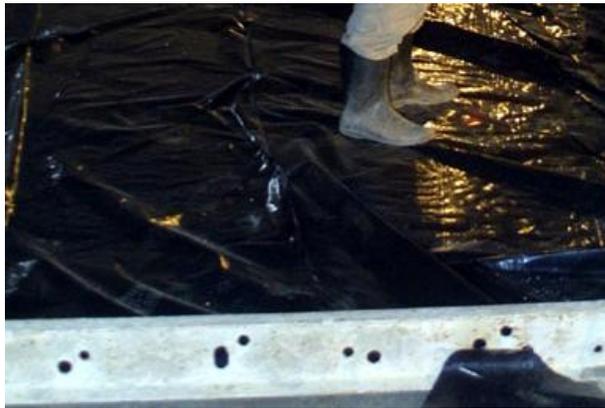


Fotografia 15 – Nivelamento das formas com teodolito (Fonte: Própria)

5.5.4 Aplicação da camada deslizante

A camada deslizante para 99% dos pisos industriais é utilizada a lona plástica de poliéster devido o baixo custo, facilidade de obtenção e facilidade de aplicação. Quanto à versatilidade ela pode ser utilizada em camada dupla e atingir um coeficiente de atrito menor o que abrange uma grande faixa de dimensionamentos.

Ela deve ser bem esticada para evitar irregularidades na superfície inferior da placa de concreto (ver Fotografia 16).



Fotografia 16 – Colocação da lona plástica (Fonte: Própria)

5.5.5 Colocação da armadura inferior ou armadura positiva

Faz parte do projeto de piso de concreto estruturalmente armado um detalhe de aplicação das telas soldadas, que será mostrado no estudo de caso no capítulo 5.

O uso de telas soldadas como armadura é inquestionável e insubstituível quando a solução é concreto estruturalmente armado devido a grande produtividade do sistema sobre o posicionamento de barras de aço soltas (BELGO, 2002), (ver Fotografia 17).



Fotografia 17 – Posicionamento das telas soldadas inferiores (Fonte: Própria)

5.5.6 Colocação do espaçador plástico

Deve obrigatoriamente utilizar espaçadores para as telas inferiores para garantia do cobrimento e proteção da amadura, e os espaçadores plásticos também se apresentam como a solução mais adequada (ver Fotografia 18).



Fotografia 18 – Colocação do espaçador plástico (Fonte: Própria)

5.5.7 Emenda de tela soldada

Para que se obtenha a continuidade de armadura dentro da placa de concreto é necessário promover a ancoragem das telas soldadas através da medida de duas malhas e duas franjas fazendo a sobreposição entre os painéis nesta medida nas duas direções como mostrado na Fotografia 19.



Fotografia 19 – Emenda de tela soldada (Fonte: Própria)

5.5.8 Preparação das barras de transferência

As barras de transferência são utilizadas nas interrupções das placas ou seja nas juntas de construção e juntas serradas. Nas juntas de construção elas são apoiadas nas fôrmas e em espaçadores caso as placas vizinhas não tenham sido concretadas.

Na juntas serradas elas deverão ser pré-posicionadas amarrando-as nos espaçadores com espaçamento de 30 cm e posteriormente transportadas até o local definitivo no piso (ver Fotografia 20).



Fotografia 20 – Barras de transferência da junta serrada (Fonte: Própria)

5.5.9 Barras de transferência da junta serrada

A Fotografia 21 mostra a montagem dos dispositivos de transferência de carga no piso. Notar que metades das barras são pintadas ou engraxadas, isso devido à necessidade das barras ficarem presas somente a uma placa e livres da outra, pois as placas se movimentam durante a sua vida útil em decorrência das variações de temperatura.



Fotografia 21 – Posicionamento das barras de transferência (Fonte: Própria)

5.5.10 Barras de transferência da junta construtiva

Essas barras são posicionadas na própria forma e sobre espaçadores quando na ausência de concretagem das placas vizinhas (ver Fotografia 22).



Fotografia 22 – Barras de transferência na junta construtiva (Fonte: Própria)

5.5.11 Armaduras de reforço

Devem ser reforçados com armadura as aberturas no meio do piso ou recortes na região de pilares formando cantos vivos onde ocorrem concentrações de tensão. O tipo de reforço mais empregado é a sobreposição de um pedaço de tela soldada na dimensão múltipla em 1/24 de um painel inteiro de tela soldada acrescido de duas a três barras de aço solto de 16 mm de diâmetro localizada nas duas faces do piso (inferior e superior) como mostrado nas Fotografias 23 e 24.



Fotografia 23 – Reforço do piso na região de cantos dos pilares (Fonte: Própria)



Fotografia 24 – Reforço do piso na região de caixas de passagem (Fonte: Própria)

5.5.12. Armadura superior em telas soldadas

Após a colocação das armaduras de reforços a etapa final de montagem das armaduras dos pisos de concreto estruturalmente armado é a montagem das telas superiores que se verificam em qualquer piso devido as tensões de retração.

A eficiência das telas superiores depende do seu posicionamento na placa de concreto por isso é recomendado os espaçadores treliçados que devido sua elevada rigidez oferecem a garantia desejada em projeto (ver Fotografias 25 e 26).



Fotografia 25 – Colocação do espaçador treliçado (Fonte: Própria)



Fotografia 26 – Armadura pronta para concretagem (Fonte: Própria)

5.5.13. Concretagem do piso

Uma vez especificado o tipo de concreto a ser utilizado passa prevalecer os cuidados necessários na concretagem como a utilização de uma adequada régua vibratória como mostrado na Fotografia 27, uma competente equipe de execução detentora de todos os cuidados no manuseio do concreto e utilização das ferramentas certas no tempo certo.



Fotografia 27 – Concretagem com régua vibratória (Fonte: Própria)

A placa de concreto do piso por se tratar de um elemento esbelto requer total cuidado na operação de vibração do concreto. Uma vibração exagerada em determinado ponto do piso pode acarretar em perda acentuada de água devido à desagregação dos materiais do concreto como as britas fazendo com que a água se acumule em excesso na superfície do concreto através da pasta de cimento. Isso contribuirá futuramente em um tipo de patologia conhecido como descamação do concreto.

Quando houver necessidade de se obter uma grande produtividade na concretagem de pisos utiliza-se um equipamento chamado de “laser scread” como mostrado na Fotografia 28, este equipamento é fixo em um veículo de grande porte e possui uma régua vibratória que se movimenta por um braço de grande rigidez e precisão de nível por uma mira a laser que garante uma elevada precisão na planicidade dos pisos.



Fotografia 28 – Laser scread (Fonte: Própria)

5.5.14 Concretagem do piso

Na primeira fase da concretagem o concreto é aplicado em toda a largura da faixa sempre nivelado pela régua que desliza por sobre as formas caminhando no sentido da faixa de concretagem. Uma equipe vem logo atrás executando uma operação denominada de corte. O corte é executado pelo rodo de corte que é responsável por cortar as pequenas ondulações no concreto deixadas pela régua vibratória (ver Fotografia 29).



Fotografia 29 – Rodo de corte (Fonte: Própria)

A flotagem vem na seqüência e homogeniza as irregularidades deixadas pelo rodo de corte promovendo uma aparência mais uniforme e consistente (ver Fotografia 30). Esta operação precede os primeiros minutos da concretagem.



Fotografia 30 – Float (Fonte: Própria)

5.5.15 Proteção superficial do piso

Nesta fase deve ser feito à aspersão de agregado mineral de alta dureza caso haja a necessidade de proteger o piso ao desgaste.

Deve-se então aplicar o produto manualmente com o auxílio de uma pá como mostrado na Fotografia 31, ou através de aspersor mecanizado para aplicação em áreas muito extensas (ver Fotografia 32).



Fotografia 31– Aspersão manual de agregado mineral (Fonte: Própria)



Fotografia 32 – Aspersão mecanizada de agregado mineral (Fonte: Própria)

Após as aspersões passa-se um equipamento constituído de uma hélice aplicado no piso por meio de um condutor para realizar a operação de flotação que fará uma compressão da camada superficial promovendo uma solidarização da nata de cimento e o produto de proteção (ver Fotografia 33).



Fotografia 33 – Flotador mecânico (Fonte: Própria)

5.5.16 Cura

A cura do piso pode ser do tipo úmida ou química. A cura úmida é a mais empregada por conferir ao piso a resistência necessária prevista em projeto e por ser mais econômica. Sua execução é feita por meio de manta não tecido e umedecida de forma a promover o controle do tempo de pega (ver Fotografia 34).



Fotografia 34 – Cura úmida (Fonte: Própria)

A cura química é adotada quando o controle da cura normal é ameaçada por fatores climáticos exacerbados como vento, calor ou frio e também quando há necessidade de uma aceleração na cura (ver Fotografia 35).



Fotografia 35 – Cura química (Fonte: Própria)

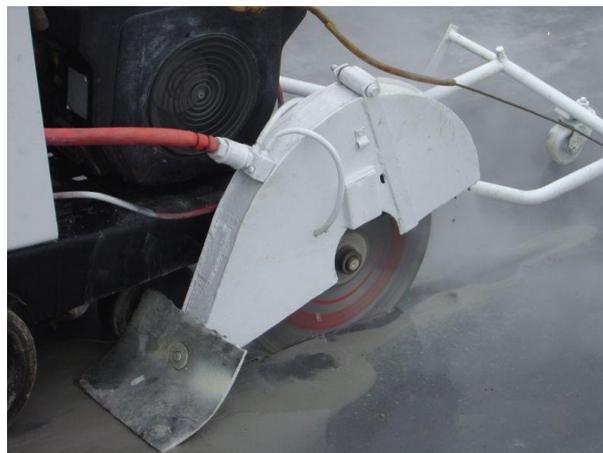
5.5.17 Corte das juntas

Entre 6 e 8 horas após a concretagem do piso ele estará prestes a retrair mas antes que isto ocorra deve proceder ao corte das juntas para que no momento da retração do piso as fissuras ocorram na seção fragilizada pelos cortes (ver Fotografia 36).



Fotografia 36 – Faixa de concretagem prestes a ser submetida aos cortes nas juntas serradas –
Fonte própria

O corte das juntas deve ser feito utilizando uma serra apropriada para esta tarefa. Deve ser observada a profundidade de 1/3 da espessura total da placa de concreto que o corte deve atingir para a perfeita indução das fissuras de retração (ver Fotografia 37).



Fotografia 37 – Disco de corte (Fonte: Própria)

5.5.18. Espelhamento do piso

Um pouco antes ou logo depois do corte das juntas é feito o espelhamento do piso que tem por finalidade reparar alguma irregularidade que ainda possa ter ficado para trás nas aplicações anteriores mas principalmente de dar ao piso a aparência espelhada que evidencia a qualidade final da execução.

Nesta operação os equipamentos utilizados são os chamados de “helicópteros”, eles possuem quatro hélices de aço que giram em contato com o piso e se movimenta por meio de um condutor (ver Fotografia 38).



Fotografia 38 – Equipamento que promove o espelhamento dos pisos (Fonte: Própria)

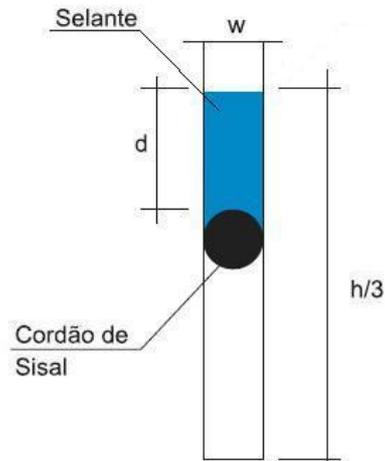
5.5.19 Tratamento das juntas

A última fase da execução dos pisos são os tratamentos das juntas do piso. A importância desta etapa está no fato de que as maiores patologias nos pisos ocorrem pelas juntas. É o caso dos esborcinamentos das juntas, infiltração de água redundando no descalçamento das placas, bombeamentos de finos e etc (ABCP-PR4, 2008).

Para evitar este quadro de patologias devem-se vedar as juntas dos pisos por meio de adesivos a base de epóxi nas juntas serradas e construtivas e com isopor nas juntas de encontro para as movimentações diferenciais das placas (ABCP-PR4, 2008).

Nas juntas serradas e construtivas deve-se utilizar um material de preenchimento que funciona como apoio do selante. A limitação do mastique pelo material de apoio torna a operação econômica e suficiente para o resultado esperado que é vedar por completo as regiões das juntas (ABCP-PR4, 2008).

Observar o procedimento completo por meio dos Desenhos 19, 20 e 21.



Desenho 19 – Esquema geral de proteção das juntas - Fonte - ABCP-PR4, 2008.

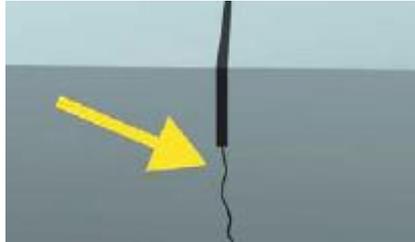


Desenho 20 – Aplicação do material de preenchimento - Fonte - ABCP-PR4, 2008.



Desenho 21 – Aplicação do selante - Fonte - ABCP-PR4, 2008.

O objetivo final das juntas serradas é induzir as fissuras de retração e das variações volumétricas devido a temperatura a partir do fundo do corte da serra, e a vedação a base de epóxi serve para manter as juntas seladas mesmo com a retração e expansão das juntas (ver Desenho 22) (ABCP-PR4, 2008).



Desenho 22 – Fissura induzida - Fonte - ABCP-PR4, 2008.

A aparência final de um piso com excelência construtiva de se assemelhar com o piso da Fotografia 39 e mais que isto ele deverá estar isento de patologias ao longo de sua vida útil. Entretanto não deverá estar isento de manutenções e vistorias periódicas que são fundamentais para a sua funcionalidade sem interrupções bruscas e demoradas (ABCP-PR4, 2008).



Fotografia 39 – Aparência final do piso – Fonte própria

5.6. Considerações do capítulo

Este capítulo encerra o conjunto de diretrizes representadas pelo embasamento teórico mínimo necessário para a tomada de decisões do projetista na análise, definição e dimensionamentos para a elaboração de um projeto executivo de piso industrial.

6 PROJETO PRÁTICO – ESTUDO DE CASO

6.1 Introdução

Neste capítulo será mostrado o passo a passo de um projeto desde o levantamento das informações até a elaboração das plantas de detalhes do projeto executivo que estarão disponíveis neste trabalho na parte de anexos.

Este estudo prático e mais o conhecimento teórico mínimo necessários para elaboração de projetos de pisos compõem as diretrizes básicas para se obter a excelência construtiva em pisos industriais de concreto estruturalmente armado.

6.2 Levantando as informações necessárias

A solicitação de um projeto se dá através de um contato telefônico onde um cliente solicita um orçamento e uma proposta técnica para uma determinada obra.

Quando o cliente é conhecido e produz uma boa demanda de projetos suas solicitações são atendidas por e-mail.

Quanto mais completas e precisas forem as informações levantadas mais otimizada poderá ser a solução do piso. Ao contrário quanto uma informação é imprecisa ou faltante o projetista deverá fazer estimativa a favor da segurança e isso na maioria dos casos resulta em uma solução onerosa ou o que é raro porém mais perigoso é estimar abaixo de uma situação real e o resultado disto é um dimensionamento insuficiente e fazendo com que o piso fique sujeito a patologias.

Abaixo será mostrado o formulário padrão com as informações do estudo de caso deste trabalho.

6.2.1 Identificação da obra

É o conjunto de informações gerais sobre o nome da obra, o local em que ela será executada e a área total do piso.

6.2.2 Caracterização do solo local

Neste momento será solicitado os estudos de solos que a obra possui. Caso o responsável pela obra não possua estes ensaios será feito a recomendação de ensaios de sondagem e se for necessário o ensaio de CBR.

6.2.3 Identificação dos carregamentos

Esta fase é de total importância a investigação das cargas solicitantes que irão atuar no piso.

Deverá ser levantado todo o tipo de veículo que irá circular citando tipo de rodagem, distancia entre rodas, carga de içamento, marca de empilhadeira, tipo de carretas e carga máxima a ser transportada.

Deverá ser indagado sobre a exposição do piso de substancias químicas, e tudo e venha a ser colocado em cima do piso em toda a sua vida útil.

6.2.4 Condições de execução

Investigar sobre as condições gerais da obra como o clima da região e se o piso será executado em local coberto ou fechado e se possui vedação lateral para programação da execução e principalmente da concretagem.

6.2.5 Definição do layout

Importante conhecer as interferências de elementos existentes como caixas de passagens, estruturas como pilares e vigas, canaletas e etc.

Esta investigação é necessária para se avaliar o grau de dificuldade da execução do piso de um modo geral.

6.2.6 Informações adicionais

O cronograma de execução da obra é necessário para o acompanhamento das diversas etapas da construção, verificação dos materiais especificados e qualidade da mão de obra.

Não menos importantes são os contatos com as pessoas chaves do empreendimento anotando telefones, e-mails e etc, para que seja possível ações para possíveis imprevistos de execuções e fornecimento de materiais.

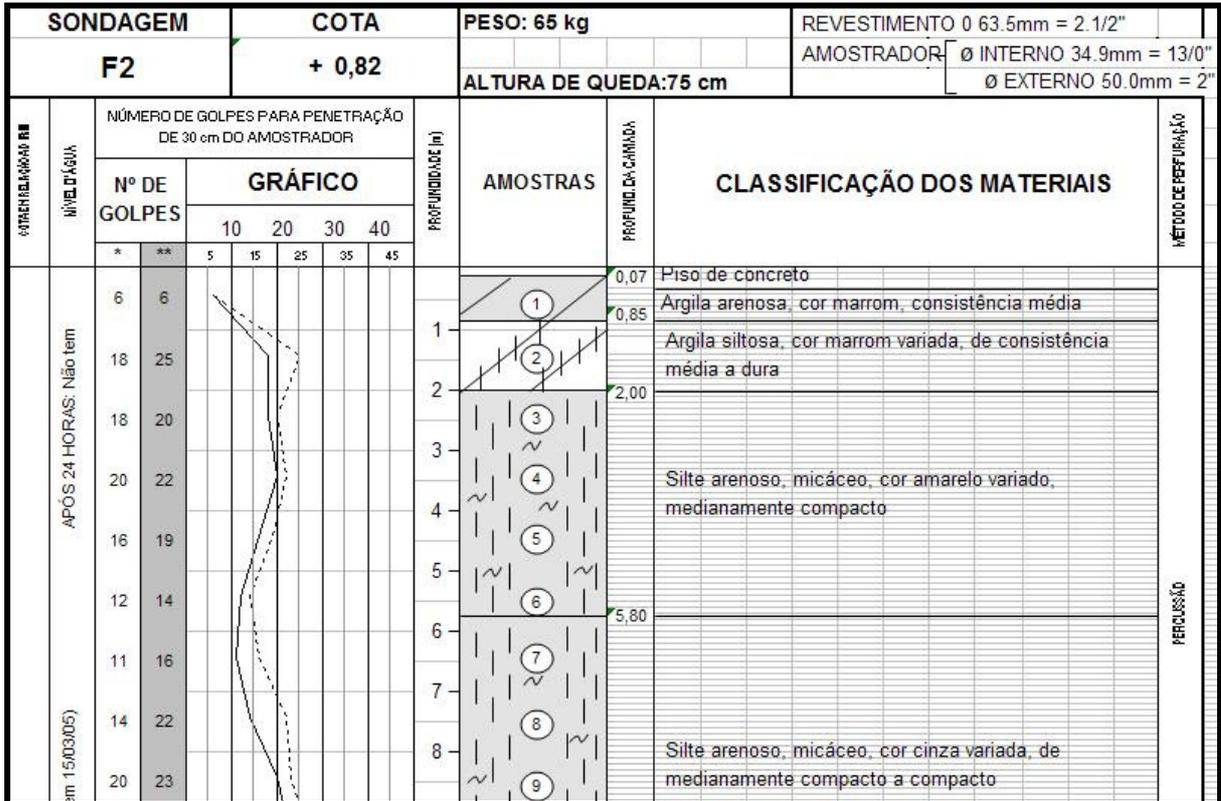
6.3 Organização dos dados

É a fase em que serão reunidas as informações sobre carregamentos, solos e layout da obra para compilação dos dados em um programa de cálculo de pisos⁶ através do qual será possível a elaboração do pré-dimensionamento e os resultados serão mostrados em um relatório preliminar cuja solução será apresentada em termos de consumo de concreto por m³ e taxa de armadura por m². A seção do piso não é divulgada neste momento pois o documento fornecido não gera custo para o cliente e nesta fase ele aprecia outras soluções do mesmo piso.

6.3.1 Dados de solos

Para esta obra foi realizada a sondagem com cinco furos com características geotécnicas semelhantes entre eles sem nenhuma distinção ou detalhe em particular. Foi estabelecida uma correlação entre a camada superior da sondagem e o CBR aproximado. Esta prática é largamente utilizada pois possui grande margem de acerto quando o projetista domina o conhecimento mínimo de solos. Observar no Esquema 03.

⁶ O software para dimensionamento da obra do estudo de caso apresentado neste trabalho é o Belgo pisos que foi desenvolvido pela equipe técnica da antiga Belgo Mineira e atual ArcelorMittal cujos critérios de cálculos e equações são os mesmos apresentados no capítulo 3.



Esquema 03 – Sondagem – Furo 2 – Fonte: INAP - INDÚSTRIA NACIONAL AÇO PRONTO LTDA – GRUPO ARCELORMITTAL – Cliente contratante do projeto deste estudo de caso (Ver autorização em anexo).

A análise do solo através das sondagens apresenta a característica predominante do sub-leito que irá receber as solicitações do piso. Para o cálculo das solicitações é utilizado o módulo de reação do sub-leito ou coeficiente de recalque (k) que é correlacionado com o valor do CBR.

Observando as seis sondagens pode-se observar que o solo a partir da cota 5 em diante torna-se bastante compacto o que nos revela uma pequena possibilidade de recalques na incidência de cargas pontuais elevadas.

Entretanto as primeiras camadas do solo são as mais importantes para se atribuir os valores de resistência que serão utilizados para o dimensionamento da solução.

As primeiras camadas das sondagens apresentadas são conclusivas pois todas apresentam uma profundidade de dois a três metros de argila siltosa ou arenosa de consistência média que induz a um CBR = 6% e coeficiente de recalque $k = 0,038 \text{ N/mm}^3$. Este valor de k será majorado após a escolha da sub-base devido a sua contribuição no acréscimo de resistência oferecido ao piso.

6.3.2 Definição da sub-base

Existem muitas alternativas para a escolha da sub-base pois ela pode ser constituída de materiais diversos com diversas granulometrias. Considerando que cada tipo pode ter diversas espessuras podemos crer que uma grande escala de resistências podem ser alcançadas com a adoção das sub-bases.

Para o nosso estudo de caso será adotada o tipo mais comum e o mais econômico que é a sub-base granular composta por britas II, I, 0 e pó de pedra e com espessura de 10 cm. O ganho de resistência do piso se da pelo incremento do coeficiente de recalque do sistema sub-leito + sub-base de 10% ou seja o valor de k que será utilizado no dimensionamento será de **0,042 N/mm³**.

6.3.3 Levantamento das cargas atuantes

Nesta etapa é importante o cuidadoso levantamento das cargas em serviço como também o conhecimento da área de contato através do qual serão transmitidas estas cargas.

No caso de veículos de rodagem pneumática é necessário o conhecimento da calibragem ou pressão de enchimento dos pneus pois elas irão definir a valor das pequenas áreas que estarão em contato efetivo com o piso variando assim a intensidade das tensões atuantes. O software Belgo pisos calcula o raio de contato em função da pressão de enchimento e para cargas distribuídas os esforços são aplicados no meio da placa.

6.3.3.1 Cargas distribuídas

$$Q_d = 7,0 \text{ tf/m}^2$$

Equivale a uma área de estoque de bobinas de aço CA-50 de 6 m x 8 m = 48 m² estocando 80 bobinas de 4,2 ton cada uma delas. Este tipo de estoque se faz de maneira a empilhar as bobinas sobre as outras apoiadas em madeira tipo pontaletes bem próximos uns dos outros bastando dividir a carga total de 336 ton pela área de 48 m².

6.3.3.2 Cargas de empilhadeiras

Peso próprio da empilhadeira = 5,1 tf

Capacidade de carga da empilhadeira = 2,4 tf

Peso total = 5,1 + 2,4 = 7,5 tf

As empilhadeiras recebem em cada roda dianteira 40 % da carga total

Portanto $7,5 \times 0,4 = 3,0 \text{ tf / roda}$

Sendo a rodagem do tipo pneumática a pressão de enchimento é de 0,7 Mpa

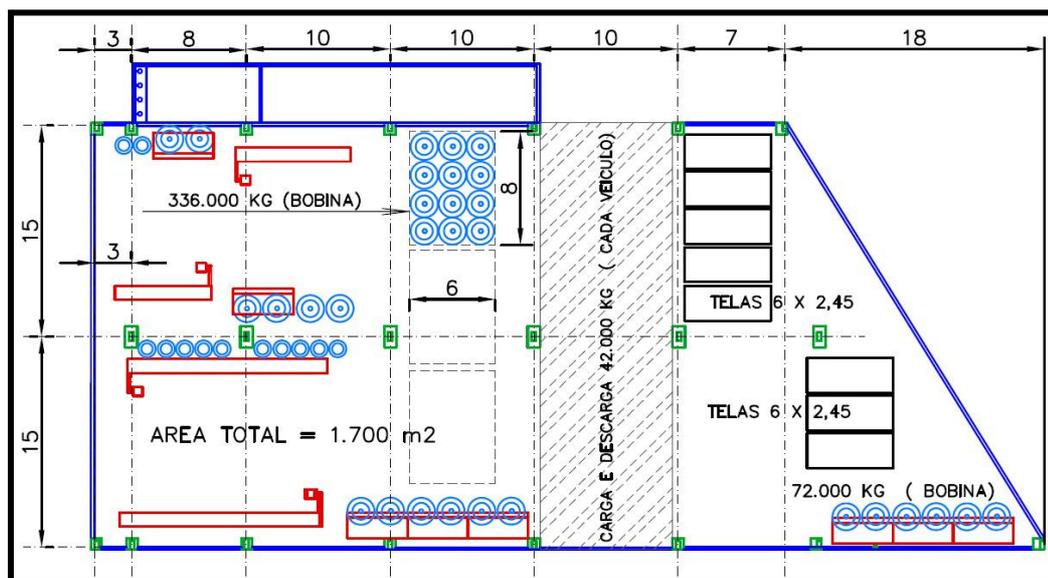
A distância entre as rodas do eixo dianteiro é de 90 cm

6.3.3.3 Cargas de carretas

A carreta usada neste galpão é do tipo TB45 que tem 12,0 tf no eixo mais solicitado e resultando uma carga de 3,0 tf / roda (eixo tandem simples + rodagem dupla).

6.3.4. Layout do galpão

O conhecimento prévio do layout se faz necessário para a definição das faixas de concretagem, das dimensões das placas, dos reforços que serão necessários, os pontos de aplicação das cargas, a posição das portas identificando as passagens e circulação de veículos.(ver Desenho 23).



Desenho 23 – Layout do galpão – Fonte própria.

Após observação do layout é possível fazer uma previsão do projeto de juntas podendo ter uma definição da dimensão de cada placa que de acordo com layout acima será de **5,0 m x 7,5 m**. Verifica-se na planta que existem duas áreas distintas sendo que uma é destinada a estoque e manuseio de aço e outra para circulação de carretas o que conduzirá o dimensionamento a várias simulações de cálculo.

6.4 Elaboração do estudo preliminar

O estudo preliminar é um documento técnico comercial onde é definido ao cliente o consumo de material por metro quadrado com o compromisso se ser garantido este consumo no projeto executivo porém não é possível executar uma obra com um estudo preliminar.

Nesta fase os cálculos são definitivos e já se tem a solução do projeto pronta sendo que somente será fornecida em caso de contratação do projetista.

6.4.1. Utilização do software belgo pisos⁷

A utilização do software esta dividido em entrada de dados, parte gráfica para geração de desenhos de projeto, relatório de esforços, relatórios técnicos com a solução do piso e lista de consumo de materiais.

6.4.1.1. Entrada de dados dos carregamentos

A tela da Tela 01 possui campos para cargas distribuídas do lado esquerdo e cargas lineares do lado direito.

⁷ Serão apresentadas neste trabalho apenas as telas de entrada de dados e resultados. O manuseio detalhado poderá ser disponibilizado pela equipe técnica da ArcelorMittal.

Tela 01 – Carga distribuída – Fonte: Programa Belgo Pisos.

A tela da Tela 02 possui os campos para colocação do dados de cargas empilhadeiras, fator de segurança das cargas, pressão de enchimento dos pneus, fator de repetição das cargas móveis para cálculo do desgaste a abrasão, distância entre rodas e ponto de aplicação das cargas.

Tela 02 – Carga de empilhadeira – Fonte: Programa Belgo Pisos.

A tela da Tela 03 é semelhante a anterior porém atende a veículos de rodagem dupla como o caso de carretas.

Tela 03 – Carga de carreta – Fonte: Programa Belgo Pisos.

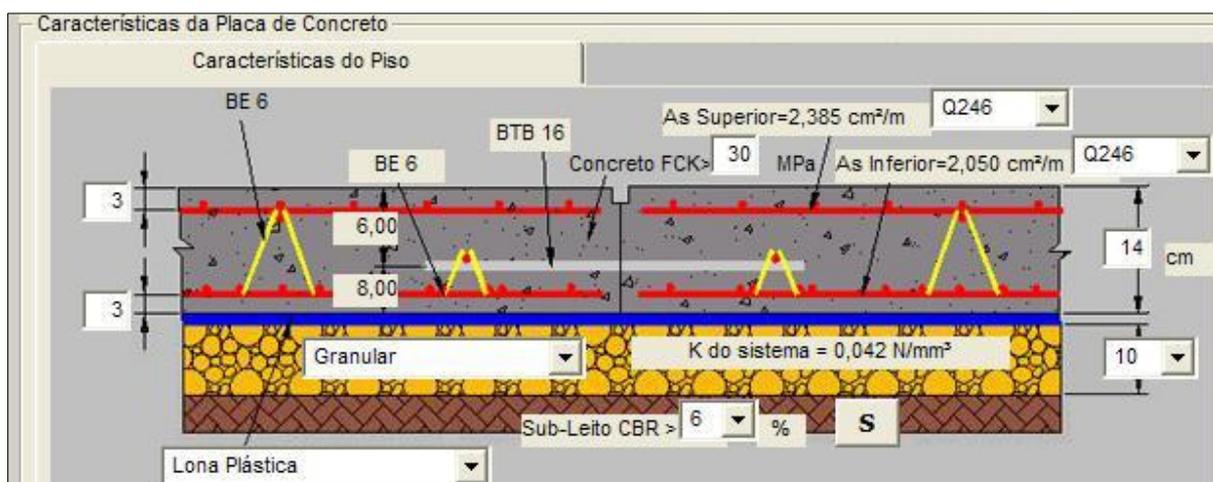
6.4.1.2 Entrada de dados técnicos

O software belgo pisos tem a característica de mostrar os resultados das armaduras superiores e inferiores dinamicamente na medida em que se alteram os dados de carregamentos, de solos, concreto, sub-base, espessura e cobrimentos a qualquer alteração de dados (ver Figura 84).

A espessura da placa é sempre informada no programa e o que deve ser controlado nos dimensionamentos de pisos de concreto estruturalmente armado são as taxas de armadura por se tratarem do item mais caro do piso. A redução da espessura de concreto pode atingir 50 % em relação ao padrão de espessuras adotadas nos pisos de concreto simples.

Dessa forma é necessário avaliar a solução como um todo considerando o consumo de concreto e de aço no mesmo contexto.

A tela da Tela 04 possui os campos onde são inseridos os valores de CBR, espessura da subbase, Fck do concreto, cobrimentos, espessuras da placa de concreto e da subbase, tipo de subbase. Na mesma tela conforme se altera a espessura da placa ocorre a atualização do diâmetro da barra de transferência e a altura dos espaçadores treliçados que posicionam as telas superiores e a barra de transferencia e as armaduras necessárias no piso. Conforme se modificam os cobrimentos, o Fck, o CBR e a subbase alteram-se novamente as armaduras (BELGO, 2002).

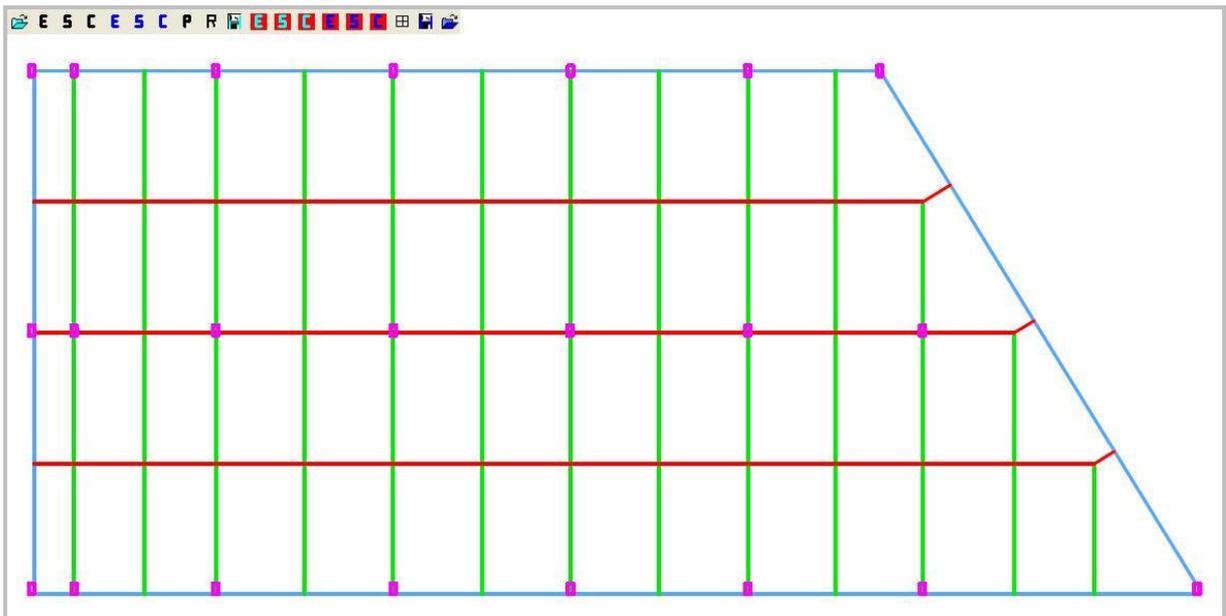


Tela 04 – Dados de solos, sub-base, espessura, cobrimento, solo e concreto – Fonte: Programa Belgo Pisos.

A solução mais adequada fica determinada na tela da Figura 84 onde o programa arredonda as áreas de aço de 2,385 cm²/m e 2,050 cm²/m para o padrão de tela soldada Q246 que cobre essas áreas de aço utilizando $\phi = 5,6$ mm nas duas direções e malha de 10 cm resultando na área de aço de 2,56⁸ cm²/m.

6.4.1.3 Interface gráfica e quantidades

Uma destacada funcionalidade do software é a interface gráfica que o programa permite fazendo a leitura do layout em arquivo eletrônico em CAD fornecido pelo cliente através do qual é possível ativar o Autocad⁹ e através do programa, abrir o arquivo do cliente e utiliza-lo através das ferramentas que o software oferece para se obter as quantidades de materiais necessários para a elaboração de uma proposta com grande precisão nos valores (ver Tela 05).



Tela 05 – Entrada gráfica – Fonte: Programa Belgo Pisos.

No esquema acima as linhas são desenhadas em escala e cada côr representa um tipo de junta. As linhas verdes representam as juntas serradas, as vermelhas as

⁸ Na denominação da tela soldada Q246 a letra Q se refere ao termo quadrada o que significa que os espaçamentos entre os fios nas duas direções do painel são iguais formando malhas quadradas e o número representa a área de aço da tela que neste caso é 246 mm²/m ou 2,46 cm²/m.

⁹ Para utilizar a parte gráfica do programa é necessário que o computador tenha um autocad full instalado.

construtivas o contorno azul as juntas de encontro e os pilares são representados por pequenos retângulos magenta.

Com os dados da entrada gráfica o programa contabilizará o aço necessário com precisão absoluta, e fornecerá a lista de material de forma automática, em arquivo Excel e com o formato apresentado na Quadro 01.

A tabela informa a especificação de todo elemento de aço utilizado na solução com especificações e quantidades de forma automática.

RESUMO TOTAL (Área(s): GALPÃO)		
Soluções Belgo	SOLUÇÃO	
	TELA SOLDADA	PESO
Tela Soldada Belgo Tipo : Q246	276 painéis (2,45 m x 6,00 m)	15870,0 kg
Barra de Transferência Tipo : BTB 16	1700 barras de 50,00 cm	1341,3 kg
Espaçador para Tela Tipo : BE 6	781 esp. c= 2,00 m	1110,6 kg
Espaçador para Barra Tipo : BE 6	341 esp. c= 2,00 m	484,9 kg
Espaçador para Reforço de Pilar Tipo : BE 8	24 esp. c= 2,00 m	34,3 kg
Reforço de Canto Tipo : Ø16 mm - Aço CA50	70,50 m	111,00 kg

Quadro 01 – Resumo total do aço gerado automaticamente pelo programa – Fonte: Programa Belgo Pisos.

6.4.2 Elaboração da proposta técnica

Com as informações apuradas até o momento é possível elaborar a proposta técnica que será apresentada ao cliente juntamente com os eventuais honorários de prestação de serviços de consultoria.

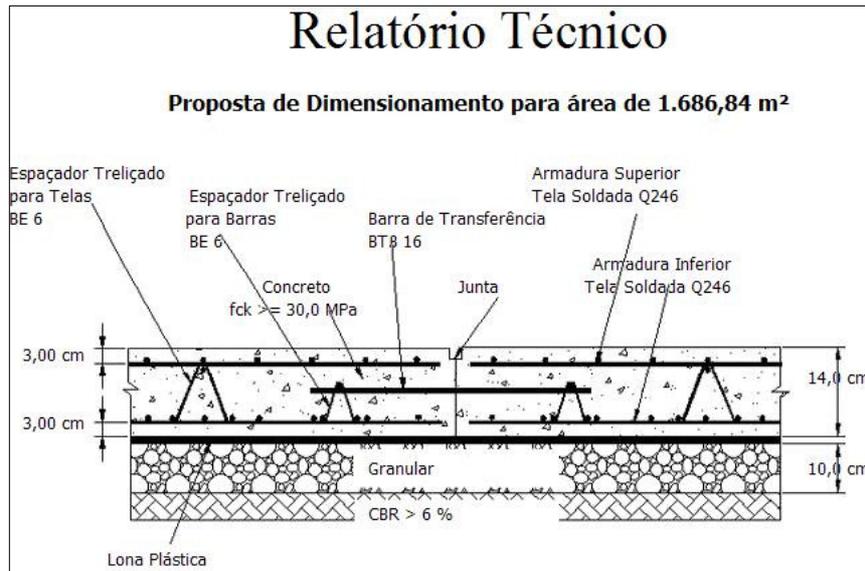
A solução será apresentada através do consumo de aço por metro cúbico de concreto e a espessura ficará implícita através do consumo total de concreto.

A taxa de armadura se obtém dividindo a somatória de aço relacionado no resumo pelo consumo total de concreto.

O consumo de aço total é 18.952,10 kg e de concreto $f_{ck} = 30$ Mpa é 238 m³, logo a taxa de aço é de 80 kg/m³ ou 11,15 kg/m².

Caso haja a necessidade de fornecer uma quantidade maior de dados ou até mesmo abrir a solução para o cliente em se tratando de um cliente fiel ou por uma exigência

de concorrência publica o software prepara um relatório técnico completo com todas as informações possíveis exceto o desenho executivo. O Desenho 24 e os Quadros 02 e 03, mostram parte do relatório técnico completo que está disponível neste trabalho em forma de anexo bem como o resumo do aço que também é gerado automaticamente pelo software. Também são mostradas as informações de espessura, especificação do aço, concreto, subbase, cobrimentos, os dados de solos e carregamentos (BELGO, 2002).



Desenho 24 – Seção típica da solução gerados automaticamente pelo programa – Fonte: Programa Belgo Pisos.

Dados Preliminares

1 - Concreto :

Resistência à Compressão - $f_{ck} \geq 30,0$ Mpa
 Resistência à Tração na Flexão - $f_{ctm,fl} \geq 4,31$ MPa
 Abatimento (Slump de Lançamento) - 110 ± 10 mm

2 - Sub-Leito :

Índice de Suporte Califórnia - CBR > 6 %
 Grau de Compactação (Proctor Normal) - G.C. $\geq 98\%$
 Expansibilidade $\leq 2\%$

3 - Sub-Base :

Tipo : Granular
 Grau de Compactação (Proctor Modificado) - G.C. $\geq 98\%$
 Espessura : 10 cm

4 - Carregamentos Máximos Consideradas :

Tipo	Intensidade	Observações
Carga Distribuída	7,00 tf/m ²	
Veículo	3,00 tf/roda	Rodagem Dupla\Junta com Barra

Quadro 02 – Dados técnicos gerados automaticamente pelo programa – Fonte: Programa Belgo Pisos.

Soluções Belgo	SOLUÇÃO	
	TELA SOLDADA	PESO
Espessura Mínima de Concreto	14,0 cm	-
Telas Soldadas Belgo Superior Tipo : Q246	136 painéis (2,45 m X 6,00 m)	7.820,00 kg
Telas Soldadas Belgo Inferior Tipo : Q246	136 painéis (2,45 m X 6,00 m)	7.820,00 kg
Tamanho Máximo das Placas	6,50 m X 8,40 m	-
Índice de Juntas Construtivas	0,101 m/m ²	-
Índice de Juntas Serradas	0,202 m/m ²	-
Índice de Junta Encontro	0,105 m/m ²	-
Barra de Transferência Tipo : BTB 16	1.704 barras de 50,00 cm	1.344,46 kg
Espaçador para Tela : BE 6	781 esp. c= 2,0 m	1.110,58 kg
Espaçador para Barra : BE 6 Não Considerar Espaçador na Junta Construtiva	342 esp. c= 2,0 m	486,32 kg
Espaçador para Reforço de Pilar : BE 8	24 esp. c= 2,0 m	32,30 kg
Reforço de Canto Tipo : Tela Soldada Q246	4 painéis (2,45 m x 6,0 m)	230,00 kg
Reforço de Canto Tipo : Ø16 mm - Aço CA50	70,50 m	111,00 kg

Quadro 03 – Quantitativos completos – Gerado automaticamente pelo programa – Fonte: Programa Belgo Pisos.

6.5 Elaboração do projeto executivo

Com todas as informações prontas e estudadas da-se início a última fase do trabalho que corresponde ao projeto executivo.

Esta fase é decisiva para atingir a excelência construtiva pois se trata da documentação visual que descreve o passo a passo da execução do piso utilizando-se apenas a linguagem de desenho técnico de engenharia.

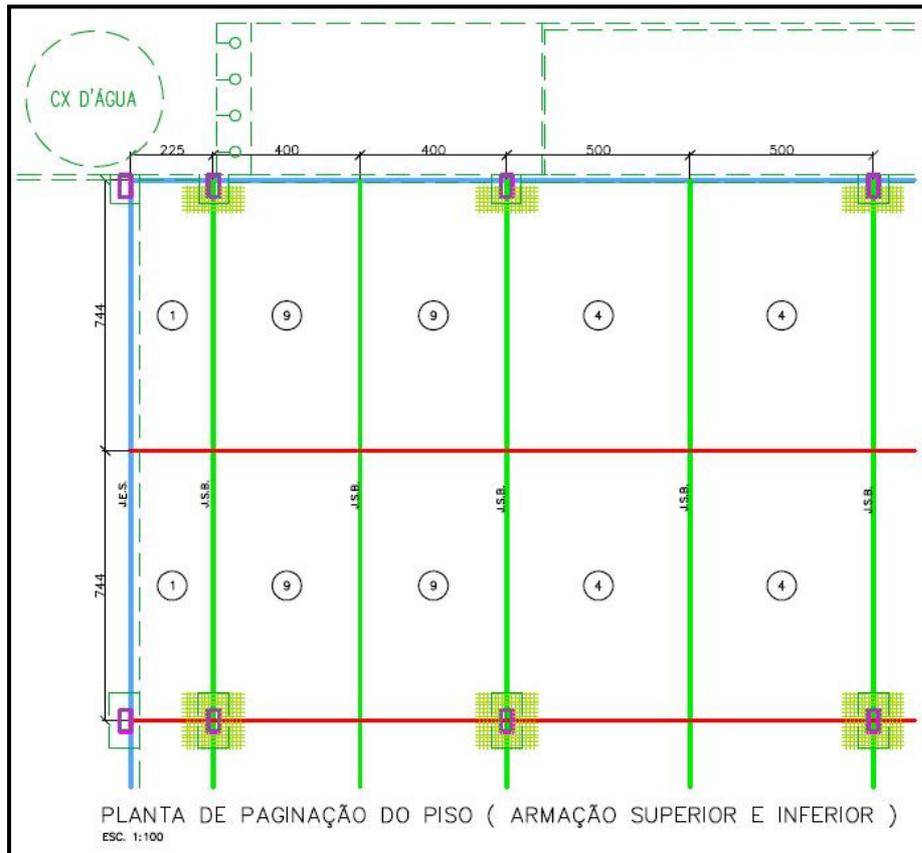
Nos itens abaixo será apresentado alguns dos detalhes mais importantes que fazem parte do projeto executivo final¹⁰.

6.5.1 Detalhes do projeto executivo

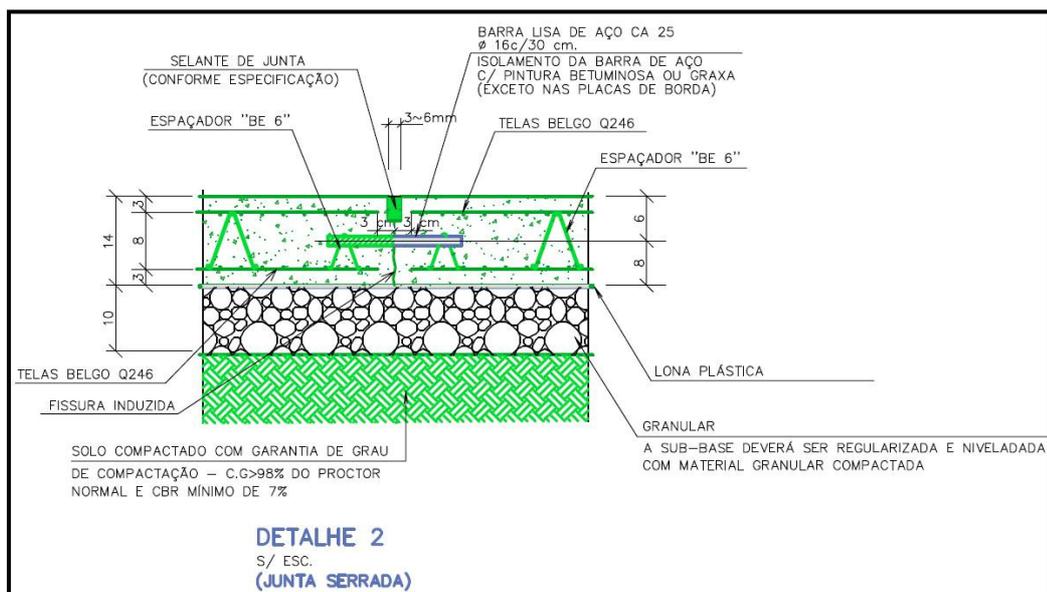
A planta do Desenho 25 mostra as informações dimensionais, distância entre juntas, descrição do tipo de junta, numeração das placas de concreto, indicação de referências diversas como anexos e layout de equipamentos e marcação dos pilares.

É mostrado uma seção típica para cada tipo de junta e em cada seção típica é locado a posição de cada armadura, e todos os dados relativos aos materiais, espessura do concreto, tipo de solo e sub-base (ver Desenho 26).

¹⁰ As plantas do projeto executivo final estão disponíveis da seção de anexos deste trabalho.

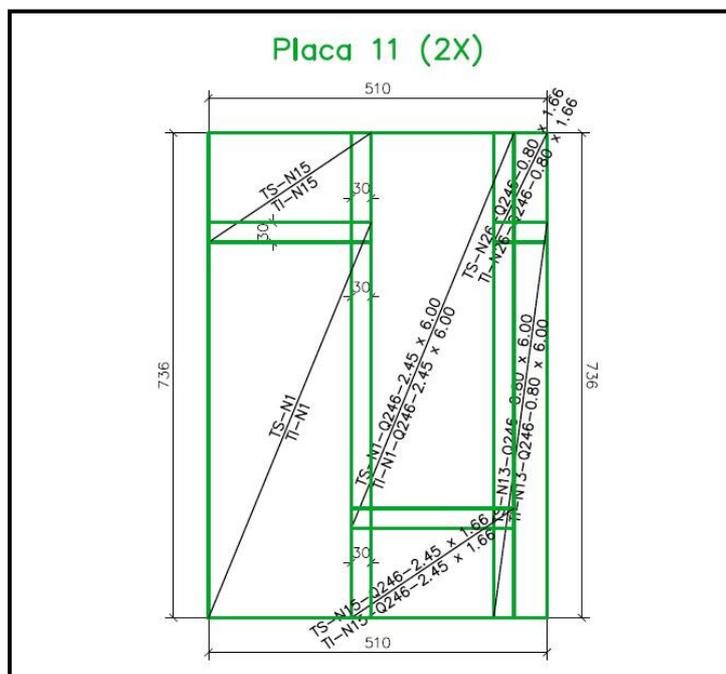


Desenho 25 – Planta de juntas gerados automaticamente pelo programa – Fonte: Programa Belgo Pisos.

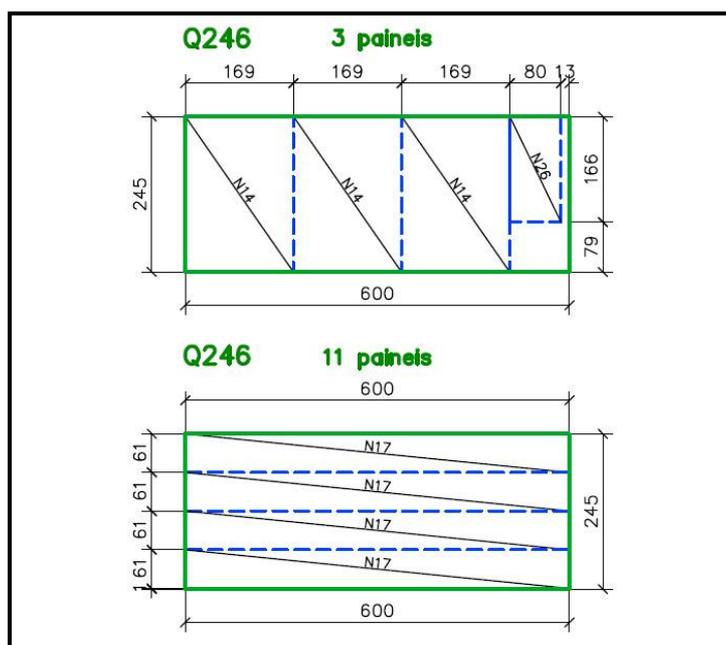


Desenho 26 – Detalhe da junta serrada – Fonte: Programa Belgo Pisos.

O Desenho 27 mostra o esquema de aplicação das telas soldadas dentro da placa de concreto e o Desenho 28 detalha o esquema de corte das telas soldadas. O esquema de corte das telas é um estudo indispensável nos PCEA pois visa otimizar o consumo das telas (BELGO, 2002).

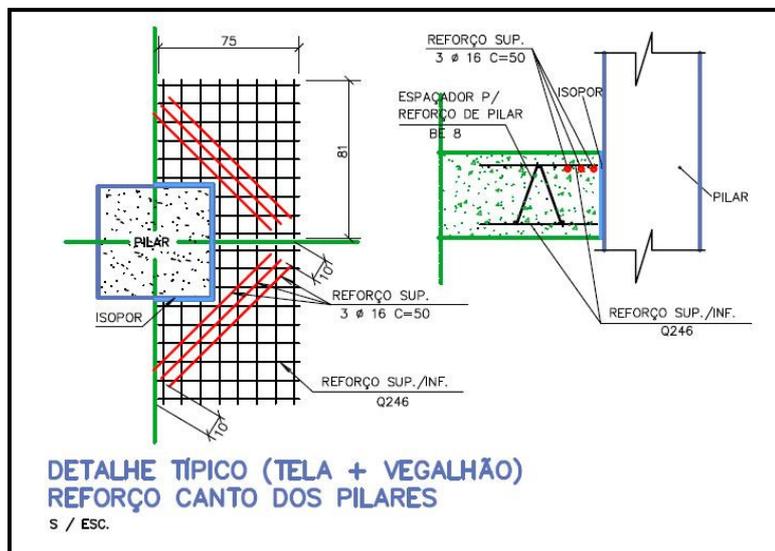


Desenho 27 – Locação das telas – Fonte: Programa Belgo Pisos.

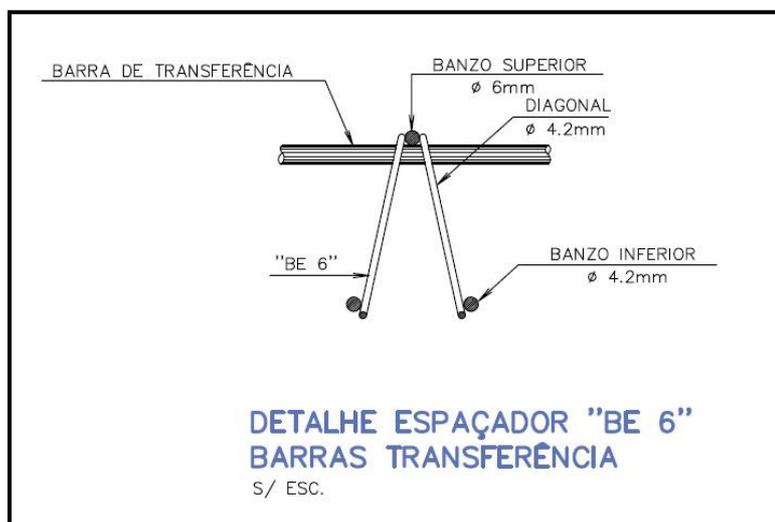


Desenho 28 – Esquema de corte das telas – Fonte: Programa Belgo Pisos.

Detalhes de reforços de cantos de pilares (ver Desenho 29), detalhes mostrando a correta aplicação das barras de transferência (ver Desenho 30), situações especiais de reforços e detalhes localizados não são economizados no projeto executivo final.



Desenho 29 – Detalhe do reforço de canto – Fonte: Programa Belgo Pisos.



Desenho 30 – Detalhe de apoio da barra de transferência – Fonte: Programa Belgo Pisos.

Um projeto executivo bem detalhado deve conter uma lista de notas e recomendações gerais sobre cuidados na execução dos pisos, tipos de materiais especiais a serem empregados nas diversas etapas da obra, especificações de equipamentos para adensamento, tratamento do solo, detalhamento e esquema de carregamentos, são

especificados na lista de notas. Algumas notas podem ser vistas no exemplo abaixo e observar o quadro completo de notas no projeto em anexo.

Exemplo de notas de um projeto executivo:

- O solo local deverá ser compactado com utilização de equipamento rolo vibratório pé-de-carneiro e obtenção de G.C. > 98% P.N. (Proctor Normal).
- Sobre o solo compactado executar camada de reforço granular em bica corrida ou brita graduada simples, compactado e regularizado com rolo vibratório de chapa lisa, com obtenção de G.C. > 98% P.M. (Proctor Modificado). A superfície não deverá apresentar irregularidades > 1,0 cm. Utilizar pó-de-pedra para acerto final.
- Sobre a base compactada e regularizada, utilizar camada isolante em lona de polietileno com espessura > 200 micras.
- Considerado 19 % de emendas para composição das quantidades de telas.
- Utilizar Telas Q246 para reforços de cantos (pilares). Dois pedaços com dimensões de 75 x 81 cm (um superior e outro inferior). No reforço superior utilizar 3 barras CA50 ϕ 16 mm comprimento de 50 cm conforme o detalhe.
- Para o correto posicionamento da tela superior utilizar treliças metálicas (espaçadores) a cada 0,80 m.

7 DISCUSSÃO DO OBJETIVO GERAL

O objetivo foi amplamente atingido pois apresentou o universo técnico, científico, prático e econômico nos quais os pisos industriais estão inseridos e apresentou um estudo de caso detalhando as intervenientes de um projeto executivo de pisos utilizando uma ferramenta computacional que oferece precisão no cálculo e uma quantificação automática e precisa no consumo de materiais possibilitando um orçamento mais exato e econômico.

Ao projetista caberá concatenar as diversas variáveis e leque de soluções e possibilidades para se atingir solução ótima que tornará o piso funcional atendendo a demanda esperada.

A engenharia brasileira sempre teve um grande reconhecimento mundial em decorrência de nossas obras de artes e nossas barragens colossais, mas no segmento de pisos industriais as soluções historicamente adotadas definitivamente não são merecedoras deste reconhecimento.

O meio técnico nunca tratou um piso com engenharia e as patologias presentes sempre foram passivamente aceitas por seus clientes.

Entretanto a partir dos anos 90 este cenário tem sido modificado gradativamente num ritmo crescente até os dias atuais.

Este fato é explicado pelo crescimento da industria e demanda da economia que foi exigindo produtividade em todas as áreas aliada a competitividade nos serviços vem obrigando as industrias a utilizarem uma logística de primeiro mundo com muita eficiência e adotando novos equipamentos como empilhadeiras velozes e com grande alcance de altura para estocagem de produtos.

Esta eficiência está diretamente ligada à qualidade dos pisos industriais o que explica a mudança de postura de quem contrata uma obra de piso onde passam a reconhecer que o assunto deve ser tratado com muita engenharia, envolvendo vários profissionais e contratando projetos de pisos.

Para uma obra de piso alcançar a excelência construtiva é necessário o comprometimento de todos os profissionais envolvidos, desde o consultor de solos, o projetista, o executor do piso e um coordenador geral ou engenheiro responsável pela obra para acompanhar e fiscalizar todas as etapas.

8 CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta um projeto executivo para piso industrial de concreto estruturalmente armado onde foram seguidas as diretrizes necessárias para permitir a execução da obra com excelência construtiva, economia e segurança.

As diretrizes necessárias para o projeto de piso industrial de concreto estruturalmente armado apresentados neste trabalho são;

- Conceitos teóricos sobre solos, subbase, carregamentos, concreto e juntas.
- Execução de pisos desde o preparo do solo até o acabamento superficial do concreto.
- Elaboração do projeto desde a investigação dos dados até o projeto executivo final.

O projeto escolhido como estudo de caso para compor este trabalho demonstra a importância de se conduzir bem as diretrizes para a elaboração de um projeto devido as elevadas cargas e tensões solicitantes que incidem sobre este piso.

Somente um projeto bem elaborado é capaz de ilustrar de forma coesa e bem condensadas as diversas recomendações que assegurarão os pisos perante as mais variadas formas de solicitações como;

- Carregamentos diretos de veículos e cargas estáticas.
- Ações físicas e químicas na superfície dos pisos.
- Ações devido à presença de água subtraindo a capacidade de suporte dos pisos.
- Ações devido a variações de temperatura ambiente acarretando deformações do concreto.
- Tensões de retração do concreto.

O piso do projeto mostrado neste trabalho está assegurado contra patologias apresentadas a seguir;

- Patologias advindas de uma má avaliação dos carregamentos.
- Patologias advindas de uma má avaliação do suporte do subleito.
- Patologias devido à má especificação da subbase.
- Patologias generalizadas devido à falta de um projeto executivo bem elaborado.

O presente trabalho enfatizou a importância em seguir e aplicar as diretrizes fundamentais para elaborar projetos de pisos estruturalmente armados.

REFERÊNCIAS

ABCP, *Abertura e Selagem de Juntas*, Prática Recomendada PR-4, Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, [2008?].

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento – Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio – Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. NBR 6489: Prova de carga direta sobre terreno de fundação – Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

_____. NBR 7481: Tela de aço soldada - Armadura para concreto – Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

_____. NBR 9895: Solo - Índice de Suporte Califórnia – Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

BALBO, José Tadeu, *Pavimentos Asfálticos Patologias e Manutenção*, Editora Plêiade, São Paulo, 1997.

BELGO, *Manual de Pisos Industriais Armados com Telas Soldadas Nervuradas*, Arcelor Mittal, São Paulo, 2002.

CÁRNIO, Marco Antonio, *Análise em Regime Plástico de Placas de Concreto Reforçado com Fibras de Aço Sobre Base Elástica*, 1998, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1999.

CHODOUNSKY, Marcel Aranha; VIECILI, Fábio André, *Pisos industriais de concreto: Aspectos teóricos e executivos*, São Paulo: Fernando Albuquerque e Ivan Vieira, 2007.

CRUZ FILHO, Gerson Ricardo Stürmer da, *Retração do Concreto: Avaliação do Estado da Arte*, 2007, Monografia (Especialização em Construção Civil), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

FORTES, Rita Moura, *Índice de Suporte Califórnia (ISC) ou CBR (Califórnia)*, Artigo Científico, 2002, Disponível em:
<http://meusite.mackenzie.com.br/rmfortes/estradas2/4_CAPACIDADE_DE_SUPORTE_CBR.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2009.

NUNES, Nelson Lúcio; FIGUEIREDO, Antonio Dominguez de, *Retração do Concreto de Cimento Portland*, Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2007.

OLIVEIRA, Patrícia Lizi de, *Projeto Estrutural de Pavimentos Rodoviários e de Pisos Industriais de Concreto*, 2000, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia São Carlos, Universidade Estadual de São Paulo, São Carlos, 2000.

PINTO JR, Newton de Oliveira; CÁRNIO, Marco Antonio, *Dimensionamento de Pisos, e Radiers em Concreto Armado*, Manual Soluções Belgo Pisos, São Paulo, 2001.

PITTA, Márcio Rocha, *Projeto de Sub-bases para Pavimentos de Concreto*, Estudo Técnico 29, Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, 1979.

PITTA, Márcio Rocha, *Projeto de Juntas em Pavimentos Rodoviários de Concreto*, Estudo Técnico 13, Revisão 6, Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, 1998.

PITTA, Márcio Rocha; CARVALHO, Marcos Dutra de; RODRIGUES, Públio Penna Firme, *Materiais para Pavimentos de Concreto Simples*, Livro Técnico 7, Revisão 5, Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, 1999.

ROCHER, Wellington Tadeu Monteiro Du, *Identificação dos Agentes Agressivos e das Patologias em Pisos Industriais de Frigorífico de Suínos*, 2007, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

RODRIGUES, Públio Penna Firme, *Projetos e Critérios Executivos de Pavimentos Industriais de Concreto Armado*, 2ª edição, São Paulo, Manual Técnico Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, 2006.

RODRIGUES, Públio Penna Firme; BOTACINI, Silvia Maria; GASPARETTO, Wagner Edson, *Manual Gerdau de Pisos industriais*, 1ª edição, São Paulo: Pini, 2006.

RODRIGUES, Públio Penna Firme, CASSARO, Caio Francino, *Pisos Industriais de Concreto Armado*, 4ª edição, São Paulo, Manual Técnico Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, 2002.

RUFINO, Dulce Maria Saraiva, *Estudo dos procedimentos de dimensionamento e dos novos programas de análise de tensões em pavimentos de concreto*, 1997, Dissertação (Mestrado em Ciências Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

APÊNDICE