PCC

FD-1243

v.1

e.2

MERCIA MARIA SEMENSATO BOTTURA DE BARROS

TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CONTRAPISOS
PARA EDIFÍCIOS HABITACIONAIS E COMERCIAIS

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da USP
para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Civil.

FD-1243
v.1 e.2
PCC

São Paulo, 1991

Aos meus pais, ao Marcelo
e a Ana Carolina.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Professor FERNANDO HENRIQUE SABBATINI pela sua orientação, dedicação e incentivo constantes, não só para a concretização deste trabalho, como também e principalmente na minha vida profissional.

Ao professor VAHAN AGOPYAN pelo apoio e orientação dados ao longo do curso de mestrado e durante a elaboração desta dissertação.

Aos amigos professores do Departamento de Engenharia de Construção Civil pelo incentivo e apoio. Em especial aos Professores SILVIO BURRATINO MELHADO que corrigiu criticamente os originais, sugerindo modificações que muito contribuíram para a clareza e compreensão dos assuntos tratados e LUIZ SÉRGIO FRANCO e SILVIA MARIA DE SOUZA SELMO que colaboraram para a realização e na análise dos trabalhos experimentais.

Aos pesquisadores - pós-graduandos e estagiários - da linha de Tecnologia de Processos Construtivos e aos técnicos do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Construção Civil da EPUSP que, com dedicação e trabalho constantes, tornaram possível o desenvolvimento da pesquisa que fundamentou esta dissertação. Em especial à engenheira ELEANA PATTA FLAIN que revisionou cuidadosamente os originais e auxiliou-me, com dedicação, durante toda a elaboração deste trabalho e ao técnico em edificações NILTON AIZNER que o ilustrou.

A todos os amigos e colegas que, direta ou indiretamente, incentivaram e contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

E, finalmente, agradeço à empresa Engenharia, Comércio e Indústria S.A. - ENCOL, que investiu nesta e em várias outras pesquisas na Universidade, acreditando no desenvolvimento de tecnologias construtivas como uma real opção para o avanço do setor da construção de edifícios no país. Em especial à sua equipe de tecnologia - aqui representada pelos engenheiros LUIZ HENRIQUE CEOTTO e ELIAS KOSHEVNIKOFF e pelo Sr. JOAQUIM DE ARAÚJO SIMÕES, que muito colaboraram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O trabalho propõe uma METODOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CONTRAPISOS PARA EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS, envolvendo a dosagem racional da argamassa, a técnica de execução mais recomendada à realidade nacional e as diretrizes para a elaboração do projeto e para a implantação de um efetivo controle do processo de produção.

Para isto, realizou-se, inicialmente, uma síntese da evolução do subsistema piso desde o início do século até os dias atuais, caracterizando-se as suas diversas camadas. Na sequência, abordou-se uma de suas camadas em particular - o contrapiso, destacando-se as suas funções e propriedades principais.

Na continuidade do trabalho, foram estudadas as características de produção deste elemento do subsistema piso, enfocando-se as argamassas, as técnicas de execução e os procedimentos de controle recomendados pela bibliografia nacional e estrangeira.

Com base no levantamento bibliográfico, realizou-se um trabalho experimental em canteiros de obra e em laboratório buscando-se conhecer as atuais condições de execução do contrapiso no Brasil, bem como as fases do processo de produção passíveis de serem alteradas, a fim de se obter uma produção racionalizada.

O trabalho, após a implantação da metodologia em caráter experimental, conclui com a constatação de que há uma necessidade premente de desenvolvimento de tecnologias construtivas adequadas à realidade nacional, voltadas à produção de edifícios pelo processo convencional e que tais tecnologias deverão estar aliadas à elaboração do projeto dos diversos subsistemas do edifício e à implementação de específicos procedimentos de controle do processo de produção.

ABSTRACT

A brief description of the evolution of the floor sub-system for buildings since the beginning of this century is presented. The layers of the floor are characterized with emphasis on the functions and properties of the screed layer.

Based on a literature review, the characteristics of the screed layer are analysed as well as the mix design, production techniques and quality control procedures.

The experimental work was carried out both in the laboratory and at the working site in order to know better the present screed layer production conditions in Brazil, aiming to improve them.

From the experimental work, a screed production methodology for housing and commercial buildings is proposed and consists of:

- the production techniques taking into account the Brazilian conditions;
- the floor sub-system design guidelines;
- the on-site quality control methodology.

This methodology was applied on experimental basis. The conclusion is that the development of building technologies taking into account the actual site conditions is important for improvement of the construction industry in Brazil. Moreover, these technologies must be consistent with the design procedures of the different building sub-systems and also with the procedures of the building production control.

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Sumário.....	vi
Relação das Figuras.....	x
Relação das Tabelas.....	xiv
Relação das Abreviaturas.....	xviii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. O CONTRAPISO COMO PARTE INTEGRANTE DO EDIFÍCIO.....	10
2.1 A EVOLUÇÃO DO SISTEMA PISO NO BRASIL.....	10
2.2 O PISO COMO UM SUBSISTEMA DO EDIFÍCIO.....	20
2.2.1 Camada Impermeável.....	25
2.2.2 Camada Isolante Térmica.....	26
2.2.3 Camada de Contrapiso.....	27
2.2.4 Camada de Revestimento.....	27
2.2.5 Camada de Base ou Laje Estrutural.....	28
2.2.6 Camada de Forro.....	29
2.3 PROPRIEDADES DO SUBSISTEMA PISO.....	29
2.3.1 Resistência Mecânica.....	30
2.3.2 Resistência de Aderência.....	34
2.3.3 Capacidade de Absorver Deformações.....	35
2.3.4 Estanqueidade.....	36
2.3.5 Resistência ao Ataque por Agentes Químicos.....	37
2.3.6 Facilidade de Limpeza e Higienização.....	38
2.3.7 Segurança de Utilização.....	38
2.3.8 Conforto de Utilização.....	43
2.3.9 Segurança Contra o Fogo.....	47
2.3.10 Durabilidade.....	48
2.4 O CONTRAPISO COMO PARTE INTEGRANTE DO SISTEMA PISO.....	50
2.4.1 Regularização da Base.....	51
2.4.2 Transmissão das Cargas de Utilização à Laje.....	53
2.4.3 Declividade de Áreas Molháveis.....	53
2.4.4 Desníveis Entre Ambientes.....	53
2.4.5 Embutimento de Componentes de Instalações.....	54
2.4.6 Funções Secundárias.....	56

2.5	PROPRIEDADES DO CONTRAPISO.....	57
2.5.1	Resistência Mecânica.....	57
2.5.2	Resistência de Aderência.....	61
2.5.3	Capacidade de absorver deformações.....	62
2.5.4	Condições Superficiais.....	63
2.5.5	Durabilidade.....	65
2.6	CARACTERIZAÇÃO DOS TIPOS DE CONTRAPISO.....	66
2.6.1	Classificação Segundo o Número de Camadas.....	66
2.6.2	Classificação Segundo a Aderência.....	68
2.6.3	Classificação em Função dos Materiais.....	75
3.	PRODUÇÃO DO CONTRAPISO.....	77
3.1	AS ARGAMASSAS DE CONTRAPISO.....	77
3.1.1	Tipos de Argamassas Usualmente Empregadas.....	78
3.1.2	Composição.....	81
3.1.3	Dosagem.....	88
3.1.4	Produção da Argamassa.....	93
3.2	AS TÉCNICAS DE EXECUÇÃO DO CONTRAPISO.....	95
3.2.1	Recomendações comuns à execução dos diferente contrapisos.....	97
3.2.2	Contrapiso Aderido.....	101
3.2.3	Contrapiso Não Aderido.....	104
3.2.4	Contrapiso Flutuante.....	104
3.3	CONTROLE DE QUALIDADE E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO.....	105
3.3.1	Controle de Produção da Argamassa.....	106
3.3.2	Controle do Contrapiso Executado.....	108
4.	ESTUDO EXPERIMENTAL DA PRODUÇÃO DO CONTRAPISO.....	115
4.1	LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO EM CANTEIRO.....	116
4.1.1	Composição e Dosagem das Argamassas.....	121
4.1.2	Técnicas de Execução do Contrapiso.....	125
4.1.3	Produtividade da mão-de-obra.....	127
4.1.4	Revestimentos de Piso e Técnicas de Assentamento.....	129
4.1.5	Premissas para Melhoria da Qualidade de Produção do Contrapiso.....	130
4.2	ESTUDO EXPERIMENTAL EM LABORATÓRIO E EM CAMPO.....	133
4.2.1	Metodologia Empregada.....	134
4.2.2	Apresentação e Análise dos Resultados Obtidos.....	145
4.2.3	Conclusões sobre o Estudo Experimental.....	160

5. PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CONTRAPISOS PARA EDIFÍCIOS HABITACIONAIS E COMERCIAIS.....	165
5.1 DIRETRIZES PARA DEFINIÇÃO DAS ARGAMASSAS DE CONTRAPISO...	166
5.1.1 Escolha dos Materiais Constituintes.....	166
5.1.2 Metodologia de Dosagem.....	169
5.1.3 Produção da Argamassa.....	176
5.1.4 Considerações Finais Sobre a Definição da Argamassa.....	176
5.2 DIRETRIZES PARA A EXECUÇÃO DOS CONTRAPISOS.....	177
5.2.1 Equipamentos e Ferramentas Necessários.....	179
5.2.2 Levantamento para Avaliação das Condições da Base.....	181
5.2.3 Preparo da Base e Definição dos Níveis com o Assentamento das Taliscas.....	184
5.2.4 Preparo da Camada de Aderência e Construção das Mestras.....	190
5.2.5 Aplicação da Argamassa do Contrapiso.....	195
5.2.6 Acabamento Superficial do Contrapiso.....	198
5.2.7 Cuidados após a Execução do Contrapiso.....	201
5.3 DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DE CONTRAPISOS....	201
5.3.1 As Especificações Necessárias ao Projeto de Contrapisos.....	202
5.3.2 Apresentação do Projeto de Contrapisos.....	215
5.3.3 Redefinições do Projeto.....	225
5.4 METODOLOGIA PARA CONTROLE DE EXECUÇÃO E RECEBIMENTO DO CONTRAPISO.....	226
5.4.1 Controle Normal de Execução (CNE).....	228
5.4.2 Controle Normal de Aceitação (CNA).....	235
5.4.3 Controle Especial de Aceitação (CEA).....	241
5.4.4 Controle do Processo (CP).....	248
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	249
6.1 ACERCA DA METODOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CONTRAPISOS.....	249
6.2 ACERCA DAS NECESSIDADES DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS VOLTADAS PARA A PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS PELO PROCESSO CONVENCIONAL.....	253

ANEXOS

ANEXO A 02

Questionário sobre a execução de contrapisos.

ANEXO B 06

Resultados dos ensaios de caracterização dos materiais empregados no estudo experimental.

ANEXO C 13

Metodologia dos ensaios para determinação das características dos materiais, das argamassas e dos contrapisos, não referenciados em normas nacionais e empregados no estudo experimental.

C.1 Determinação do Teor de Finos Argilosos 13

C.2 Determinação da Massa Unitária dos Materiais Granulares 15

C.3 Determinação da Massa Específica de Argamassa no Estado Fresco 17

C.4 Determinação da Umidade de Argamassas 18

C.5 Determinação da Resistência de Aderência À Base 20

C.6 Determinação da Resistência de Aderência Superficial 25

C.7 Determinação da Resistência ao Impacto pelo Método do "screed tester" 26

C.8 Determinação da Resistência ao Impacto pelo "Método Da Bola" 29

ANEXO D 34

Resultados obtidos com os experimentos em laboratório e em campo.

ANEXO E 46

Deduções das fórmulas empregadas na dosagem racional e exemplo de cálculo da dosagem.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1.....	25
Ilustração das camadas de um sistema de vedação horizontal interno ao edifício [Saarimaa, Sneck & Waananem, 1972].	
FIGURA 3.1.....	80
Teste para verificação do conteúdo de umidade da argamassa proposto por Barnbrook [1982].	
FIGURA 3.2.....	111
Cunhas metálicas para verificação da regularidade superficial de contrapisos, propostas na BS 8203 [BSI, 1987].	
FIGURA 4.1.....	123
Padiola metálica de volume definido, recomendada para a dosagem dos materiais constituintes das argamassas.	
FIGURA 5.1.....	180
Ferramentas usualmente empregadas na execução do contrapiso	
FIGURA 5.2.....	181
Ferramentas usualmente empregadas para a execução do contrapiso	
FIGURA 5.3.....	183
Aparelho de nível	
FIGURA 5.4.....	184
Remoção de detritos aderidos à laje utilizando-se uma vanga ou ponteira.	
FIGURA 5.5.....	185
Remoção de detritos aderidos à laje utilizando-se picão e marreta.	
FIGURA 5.6.....	185
Remoção das partículas soltas e material pulverulento utilizando-se vassoura dura.	
FIGURA 5.7.....	187
Limpeza dos locais onde serão assentadas as taliscas, utilizando-se uma brocha.	
FIGURA 5.8.....	187
Polvilhamento de cimento sobre o local a ser assentada a talisca, previamente umedecido.	
FIGURA 5.9.....	188
Assentamento da talisca empregando-se o aparelho de nível.	
FIGURA 5.10.....	189
Transferência do nível de referência da laje no ponto origem, para a parede do cômodo onde serão assentadas as taliscas.	

FIGURA 5.11.....	190
Definição do nível do contrapiso e assentamento da talisca	
FIGURA 5.12.....	191
Lavagem da laje com água em abundância.	
FIGURA 5.13.....	192
Polvilhamento de cimento sobre a superfície.	
FIGURA 5.14.....	192
Espalhamento do cimento com a formação de uma nata para a camada de aderência.	192
FIGURA 5.15.....	193
Início da execução das mestras	
FIGURA 5.16.....	194
Compactação enérgica da mestra, de modo a obter um contrapiso de elevada compacidade e no nível estabelecido.	
FIGURA 5.17.....	195
Retirada da talisca após a execução das mestras.	
FIGURA 5.18.....	196
Espalhamento da argamassa de contrapiso, após a execução da camada de aderência e das mestras.	
FIGURA 5.19.....	197
Compactação enérgica da camada de contrapiso utilizando-se soquete de base 30x30 cm e peso aproximado de 10 kg.	
FIGURA 5.20.....	197
Sarrafeamento da camada de contrapiso entre duas mestras.	
FIGURA 5.21.....	200
Polvilhamento de cimento sobre a superfície do contrapiso sarrafeado, seguido do desempenho com madeira.	
FIGURA 5.22.....	200
Execução do acabamento superficial reforçado alisado, obtido pelo desempenho da superfície com aço, após ter recebido o polvilhamento de cimento e o desempenho com madeira.	
FIGURA 5.23.....	217
Modelo esquemático para a prancha de apresentação do projeto.	
FIGURA 5.24.....	218
Apresentação do campo 1.A.	
FIGURA 5.25.....	219
Apresentação do campo 1.B	
FIGURA 5.26.....	221
Apresentação do campo 2 - caracterização dos revestimentos de piso e desníveis entre ambientes.	

FIGURA 5.27.....	222
Apresentação do campo 3 - Proposta para a legenda a ser utilizada no projeto de contrapiso.	
FIGURA 5.28.....	223
Apresentação do campo 4 - síntese das especificações de execução do contrapiso.	
FIGURA 5.29.....	224
Apresentação do campo 5 - informações que podem ser importantes para o desenvolvimento das atividades de produção do subsistema piso.	
FIGURA 5.30.....	225
Apresentação do campo 6 - carimbo da empresa.	
FIGURA 5.31.....	230
Apresentação de um modelo para a FICHA 01: Controle dos níveis de execução da laje - CNE.	
FIGURA 5.32.....	232
Apresentação de um modelo para a FICHA 02: Controle dos níveis de execução das taliscas - CNE.	
FIGURA 5.33.....	234
Apresentação da FICHA 03: Controle de execução do contrapiso - CNE.	
FIGURA 5.34.....	238
Apresentação da FICHA 04: Controle normal de execução do contrapiso - CNE.	
FIGURA 5.35.....	244
Apresentação da FICHA 05: Controle Especial de Aceitação I - CEA I (Ensaio de Impacto de Bola).	
FIGURA 5.36.....	247
Apresentação da FICHA 06: Controle Especial de Aceitação I - CEA I (Ensaio de Impacto de Bola).	
FIGURA 5.37.....	248
Apresentação da FICHA 07: Controle do Processo.	

ANEXOS

FIGURA C.1.....	21
Conjunto para realização do ensaio de resistência de aderência.	
FIGURA C.2.....	22
Preparo do corpo de prova para realização do ensaio de aderência à base, empregando-se uma serra copo acoplada a um mandril refrigerado à água.	
FIGURA C.3.....	23
Após a completa secagem do contrapiso, procede-se a colagem das pastilhas sobre cada corpo de prova.	
FIGURA C.4.....	24
Ilustração do posicionamento do equipamento para tração dos corpos de prova e início da operação de aplicação do carregamento.	
FIGURA C.5.....	27
Ilustração do aparelho para realização do ensaio de impacto para teste da integridade do contrapiso.	
FIGURA C.6.....	30
Aparelho para ensaio de impacto no contrapiso, pelo método da bola.	
FIGURA C.7.....	32
Posicionamento e queda da esfera de aço.	
FIGURA C.8.....	32
Registro da moessa deixada pela esfera, no contrapiso.	

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1.....	05
Variação estimada do consumo de cimento em Kg por m ³ de argamassa para execução do contrapiso em cinco cidades brasileiras pesquisadas por equipe do CPqDCC-EPUSP [Sabbatini et al., 1989].	
TABELA 2.1.....	22
Os subsistemas do edifício, seus componentes e elementos.	
TABELA 2.2.....	41
Extensões de avaliação e limites de tolerância para a planeza superficial.	
TABELA 2.3.....	45
Classificação comparativa entre os revestimentos usuais de piso, segundo a sensação de calor que transmitem.	
TABELA 2.4.....	74
Características da camada de isolamento e do contrapiso flutuante para edifícios residenciais e comerciais [CSTB, 1982].	
TABELA 3.1.....	84
Classificação dos agregados miúdos destinados a argamassas, segundo o módulo de finura [EPUSP, 1987].	
TABELA 3.2.....	90
Composição de argamassas de cimento e areia, para contrapisos de edifícios segundo a BS 4551 [BSI, 1980].	
TABELA 3.3.....	90
Categoria de utilização de contrapisos em função do subsistema piso em que está inserido, segundo a BS 8203 [BSI, 1987].	
TABELA 3.4.....	108
Classes de resistência e suas características para contrapisos de cimento - DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1].	
TABELA 3.5.....	110
Classificação da regularidade superficial de contrapisos, segundo a BS 8203 [BSI, 1987].	
TABELA 3.6.....	114
Limites de aceitação para o ensaio de integridade do contrapiso, executado com o equipamento "screed tester", segundo a BS 8203 [BSI, 1987].	
TABELA 4.1.....	117
Resumo sobre a composição e dosagem das argamassas de contrapiso.	

TABELA 4.2.....	118
Resumo das técnicas de execução do contrapiso	
TABELA 4.3.....	119
Resumo sobre a produtividade da mão-de-obra utilizada para a execução do contrapiso.	
TABELA 4.4.....	120
Resumo sobre os revestimentos de piso utilizados nas obras.	
TABELA 4.5.....	124
Consumo de cimento por metro cúbico de argamassa, a partir das características específicas dos materiais de cada obra.	
TABELA 4.6.....	136
Identificação dos agregados empregados nos ensaios de laboratório.	
TABELA 4.7.....	143
Propriedades determinadas no estudo da definição de argamassas e de execução dos contrapisos, método de avaliação e número de corpos de prova, por traço de argamassa ou por tipo de contrapiso.	
TABELA 4.8.....	162
Valores de referência para a resistência de aderência à base, em função da idade do contrapiso.	
TABELA 4.9.....	162
Valores de referência para a resistência de aderência superficial, em função da idade do contrapiso.	
TABELA 4.10.....	163
Valores de referência para o ensaio de impacto pelo "método da bola", em função da idade do contrapiso.	
TABELA 5.1.....	208
Planilha de cálculo para determinação das espessuras do contrapiso.	
TABELA 5.2.....	213
Planilha de cálculo para determinação das espessuras do contrapiso - exemplo prático.	
TABELA 5.3.....	214
Planilha de cálculo para determinação das espessuras do contrapiso - simulação.	
TABELA 5.4.....	245
Valores indicativos para a resistência de aderência do contrapiso.	

ANEXOS

TABELA B.1.....	06
Características do cimento utilizado no preparo das argamassas	
TABELA B.2.....	07
Características da areia média utilizada no preparo das argamassas para corpos de prova de contrapisos com dosagens de 1:8 de cimento e areia e 1:2:6 de cimento, saibro e areia.	
TABELA B.3.....	08
Características da areia média utilizada no preparo das argamassas para corpos de prova de contrapisos com dosagens de 1:3 e 1:6 de cimento e areia.	
TABELA B.4.....	09
Características da areia média utilizada no preparo das argamassas para determinação da massa específica da argamassa fresca.	
TABELA B.5.....	10
Características da areia média utilizada no preparo das argamassas para corpos de prova cilíndricos.	
TABELA B.6.....	11
Características da areia fina utilizada no preparo das argamassas para corpos de prova cilíndricos e para a determinação da massa específica da argamassa fresca.	
TABELA B.7.....	12
Características do saibro utilizado no preparo das argamassas para corpos de prova cilíndricos e de contrapisos e para avaliação da massa específica da argamassa fresca.	
TABELA D.1.....	34
Resultados da massa específica obtida para argamassas com diferentes composições, dosagens e teores de umidade.	
TABELA D.2.....	35
Resultados obtidos com ensaios de corpos de prova de argamassas com cura no ambiente do laboratório.	
TABELA D.3.....	36
Resultados obtidos com corpos de prova de contrapisos nos ensaios de avaliação da resistência de aderência à base (MPa), para diferentes idades e acabamentos superficiais.	
TABELA D.4.....	38
Resultados obtidos com corpos de prova de contrapisos nos ensaios de avaliação da resistência de aderência superficial (MPa), para diferentes idades e acabamentos superficiais.	

TABELA D.5.....	40
Resultados obtidos com corpos de prova de contrapisos nos ensaios de avaliação da resistência de impacto pelo método do "impacto de bola" (mm), em diferentes idades e acabamentos superficiais.	
TABELA D.6.....	42
Resultados obtidos com corpos de prova de contrapisos nos ensaios de avaliação da resistência de impacto pelo método do "screed tester" (mm), para os contrapisos executados com procedimentos "padrão".	
TABELA D.7.....	43
Ensaio de impacto em contrapiso executado com controle parcial da produção.	
TABELA D.8.....	43
Ensaio de impacto em contrapiso executado sem controle da produção.	
TABELA D.9.....	43
Ensaio de impacto pelo "método da bola" (mm) e "screed tester" (mm), realizados em campo, comparando-se o desempenho do contrapiso 1:3 executado convencionalmente e do 1:6 executado sob controle, empregando-se os procedimentos "padrão".	
TABELA D.10.....	44
Resultados dos ensaios de arrancamento de corpos de prova de madeira e parafusos fixados com buchas S6, na posição vertical e inclinada.	

ABREVIATURAS UTILIZADAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	Brasil
AGI	Arbeitsgemeinschaft Industriebau-E.V.	R.F.Alemã
ASTM	American Society for Testing Materials	EUA
BRE	Building Research Establishment	R. Unido
BSI	British Standards Institution	R. Unido
CIB	Conseil International du Bâtiment	internac.
CPqDCC- EPUSP	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Construção Civil da Escola Politécnica da USP	Brasil
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment	França
CSTC	Centre Scientifique et Technique de la Construction	Bélgica
DIN	Deutsches Institut für Normung	R.F.Alemã
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial	Brasil
IPQ	Instituto Português da Qualidade	Portugal
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo	Brasil
IRAM	Instituto Argentino de Racionalizacion de Materiales	Argentina
ISO	International Organization for Standardization	internac.
MOPU	Ministério de Obras Públicas Y Urbanismo	Espanha
NBRI	National Building Research Institute	África Sul
RILEM	International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures	internac.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da indústria da Construção Civil, ainda que menos sensível que o de outros setores produtivos, pode ser verificado em alguns de seus segmentos, tais como, o de produção de materiais e componentes e o de construção de obras pesadas como estradas, túneis, pontes, entre outros.

Como exemplo do avanço na indústria de materiais e componentes, Abiko [1987]¹ cita os plásticos introduzidos nas instalações hidráulicas e elétricas, os vidros de segurança, as tintas, o cimento-amianto e o alumínio.

Quanto ao setor de obras pesadas, tem-se, por exemplo, a implantação do metrô paulistano no trecho da avenida Paulista, em cuja construção dos túneis, vem se empregando avançada tecnologia, fundamentada na elaboração detalhada do projeto, na especificação clara dos materiais e métodos de execução, no uso de equipamentos que implicam em elevada produtividade e, ainda, numa específica metodologia de controle de produção de todas as fases do empreendimento. Tais procedimentos têm permitido a realização da obra num curto período de tempo, resultando ainda, num produto de qualidade compatível com as especificações previamente definidas.

A indústria da Construção Civil, entretanto, não é homogênea ao se comparar os distintos segmentos que a constituem. O avanço tecnológico observado naqueles setores não tem sido verificado em outros que, pelo contrário, têm experimentado um sensível atraso, identificando-se dentre estes o de construção de edifícios, sobre o qual Sabbatini [1989] afirma: "...apresenta hoje, no país, um absurdo desperdício de recursos, traduzido por uma produtividade destacadamente inferior, quando comparada à de outros segmentos industriais."

1 - As referências bibliográficas, neste trabalho, serão assinaladas entre colchetes referenciando-se o sobrenome do(s) autor(es) e a data de publicação da obra (ou somente a data quando o(s) autor(es) estiver(em) sendo nominalmente citado(s) no texto). Se necessária, uma terceira informação será acrescentada, por exemplo, para identificar um dentre os trabalhos de mesma autoria, publicados em um mesmo ano.

Tal afirmativa é confirmada pelas pesquisas realizadas por Pinto [1989] cujas constatações levaram-no a concluir que a perda de materiais nas construções, produzidas pelo processo convencional, pode chegar a 20%, originando-se, de maneira geral, na incorporação excessiva de materiais ao edifício e na retirada dos mesmos na forma de entulho. Além disto, o trabalho acrescenta que, do volume total de perdas, as argamassas de assentamento e revestimento são as principais responsáveis pelo desperdício observado.

Para os que se acostumaram com a ineficiência dos processos construtivos convencionais, as colocações anteriores podem parecer irrelevantes. Entretanto, analisando-as cuidadosamente, é possível avaliar o seu real significado.

A perda de material, na maioria das vezes, está associada a um acréscimo de mão-de-obra, geralmente necessária para: desfazer um serviço executado; refazê-lo em seguida e retirar o entulho por ele gerado. Assim, somando-se os custos resultantes da perda de material, do incremento de mão-de-obra, do transporte para a retirada do entulho e ainda os relativos às alterações de projeto e de especificações, garantidamente o custo final do empreendimento poderá sofrer um sensível acréscimo que, segundo Pinto [1989], poderá ser da ordem de 10%, quando comparado ao previamente estimado.

Considerando-se estas colocações e avaliando-se a situação atual do país, em que a maioria dos edifícios, notadamente os habitacionais e comerciais, são produzidos pelo processo convencional, acredita-se na necessidade de um maior investimento em pesquisas que busquem aperfeiçoar e racionalizar os métodos construtivos usualmente empregados neste processo, como uma forma de evoluir tecnologicamente no setor de produção de edifícios, pois, segundo afirma Sabbatini [1989], "...incrementar a produtividade operacional e evoluir tecnologicamente no setor da construção de edifícios são ações intrinsecamente dependentes do desenvolvimento dos meios de produção, o que vale dizer, da criação de novos métodos, processos e sistemas construtivos e do aperfeiçoamento dos já existentes."

Porém, sob os aspectos técnico e econômico, seria inviável propor, de uma única vez, as alterações necessárias aos métodos produtivos usualmente empregados pelo processo convencional. Acredita-se que devam ser introduzidas paulatinamente, de maneira a serem absorvidas pelos técnicos diretamente envolvidos, incorporando-se efetivamente ao processo produtivo. Em função disto, buscou-se identificar partes do edifício em que possíveis alterações na sua produção pudessem trazer efetivos benefícios ao conjunto.

Considerando-se a construção de edifícios de múltiplos pavimentos, pelo processo convencional, verifica-se que alguns de seus subsistemas contam com a elaboração de projetos e com o acompanhamento em obra (mesmo que de maneira precária) como por exemplo, é o caso das estruturas e das instalações. Outros, porém, como as alvenarias e os revestimentos, nenhuma ou quase nenhuma atenção recebem por parte dos projetistas e construtores.

Estes subsistemas, de modo geral, são considerados de menor importância frente ao conjunto da obra. Não dispõem de um projeto; sua execução é deixada nas mãos de operários que muitas vezes são levados a tomar decisões técnicas, mesmo sem ter qualificação para tal e, além disto, não se exerce um controle eficiente durante a sua produção, uma vez que inexistem os parâmetros necessários.

Apesar do descaso com que são tratados, as alvenarias e principalmente os revestimentos têm significativa influência no desempenho técnico e econômico do edifício. Este fato pode ser verificado ao se considerar o volume total de argamassa de revestimento efetivamente incorporado ao edifício, que segundo Pinto [1989] é 80% superior ao volume considerado para o orçamento, podendo atingir ao final da obra, como afirma Lichtenstein [1987], cerca de 25% do peso total do edifício.

Este quadro, que evidencia as condições de construção do edifício pelo processo convencional, contribuiu para que os trabalhos de um grupo de pesquisadores do CPqDCC-EPUSP (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Construção Civil da Escola Politécnica da USP) fossem direcionados para a sistematização da produção dos revestimentos,

objetivando superar a falta de conhecimento tecnológico que permeia esta atividade. Entretanto, são muitos os revestimentos presentes no edifício, todos eles necessitando de uma efetiva sistematização dos procedimentos de produção. E, em consequência da extensão do problema e das características intrínsecas de cada um, seria impraticável a sua abordagem numa única pesquisa.

Desta forma, os revestimentos foram divididos segundo os tipos de edifícios a que se destinam e as suas principais características de produção. Considerando-se esta divisão, a partir de 1988, no CPqDCC-EPUSP tiveram início uma série de trabalhos que enfocam, separadamente, os revestimentos de áreas internas e externas e os destinados às superfícies horizontais e verticais, dividindo-os ainda, conforme sejam destinados a edifícios industriais ou comerciais e habitacionais.

Avaliando-se as condições de produção dos diferentes revestimentos e as informações técnicas atualmente disponíveis para os projetistas e construtores, alguns pesquisadores - dentre os quais se inclui o autor - foram motivados a investigar um particular tipo de revestimento horizontal para áreas internas de edifícios comerciais e habitacionais, produzidos pelo processo convencional: o piso.

Este revestimento, executado sobre a laje estrutural, pode ser entendido como um subsistema do edifício, composto usualmente pelas camadas de: impermeabilização; isolamento termo-acústico; contrapiso e revestimento de piso, as quais devem apresentar determinadas características e cumprir funções específicas de modo que o conjunto atenda à sua finalidade principal, que segundo Barry [1980] é "ser suporte do usuário, permitindo-lhe a circulação pelos distintos ambientes do edifício."

Um levantamento realizado pelo grupo de pesquisadores envolvido com o estudo do subsistema piso recolheu informações sobre a sua produção em edifícios habitacionais e comerciais, em fase de construção pelo processo convencional em praticamente todas as regiões do país. Esta pesquisa, relatada por Sabbatini et al. [1989], ainda que restrita a uma única construtora, permitiu detectar uma certa

homogeneidade quanto às técnicas de execução e materiais empregados nas camadas de impermeabilização, isolamento e revestimento do piso. Com relação à produção do contrapiso foram encontradas expressivas disparidades, principalmente no que se refere às características das argamassas empregadas que, apesar de terem sempre como aglomerante o cimento, apresentavam sensíveis variações quanto aos agregados, à dosagem e à espessura da camada. Identificou-se, ainda, que esta camada é a principal responsável pela alteração do orçamento inicial deste revestimento.

Para ilustrar as diferenças encontradas, apresenta-se a tabela 1.1 que contém a variação estimada do consumo de cimento empregado na argamassa de contrapiso, comparando-se obras de um mesmo local e diferentes localidades entre si.

TABELA 1.1: Variação estimada do consumo de cimento em Kg por m³ de argamassa para execução do contrapiso, em cinco cidades brasileiras pesquisadas por equipe do CPqDCC-EPUSP [Sabbatini et al., 1989].

CIDADES	VARIAÇÃO ESTIMADA DO CONSUMO DE CIMENTO (em Kg/m ³ de argamassa)
BELÉM	280 a 650
BELO HORIZONTE	360 a 650
CAMPO GRANDE	130 a 420 (*)
BRASÍLIA	375 a 460
GOIÂNIA	400 a 485

(*) O consumo de 130 Kg de cimento por m³ de argamassa refere-se a um concreto-fino, produzido com agregado de diâmetro máximo 10 mm. As demais dosagens referem-se à argamassas produzidas somente com cimento e areia.

O trabalho apresenta como resultado, um consumo médio de cimento de 450 Kg por m³ de argamassa, o qual supera em aproximadamente 50% os valores adotados para o orçamento das obras pesquisadas. Além disto, a espessura média da camada, verificada em obra, foi de 6,0 cm, significando um acréscimo de aproximadamente 100%, com relação à espessura usualmente prevista no orçamento, que, segundo Pinto [1989] é, em média, 3,0 cm.

Verifica-se que os parâmetros utilizados para a definição do orçamento dificilmente são reproduzidos ao se executar o contrapiso, sendo que isto decorre, com certeza, da falta de planejamento desta atividade, da ausência de um projeto e de especificações claramente definidas, o que impede que as atividades possam ser realmente acompanhadas e verificadas.

Considerando-se a precariedade com que esta atividade vem se realizando, fica claro que, antes de se abordar o subsistema piso como um todo, seria necessário a sistematização da produção do contrapiso considerando-se as reais necessidades de cada empreendimento. Assim, esta camada do piso tornou-se o objeto das pesquisas, cujos resultados subsidiaram a elaboração desta dissertação.

O contrapiso, como uma camada do subsistema piso, é entendido, neste trabalho, como sendo produzido a partir de uma ou mais camadas de material lançado diretamente sobre uma base (laje estrutural ou lastro de concreto) ou sobre uma camada intermediária (de impermeabilização ou de isolamento térmico e acústico), com espessura e superfície adequadas ao atendimento de suas funções, cujas principais são: possibilitar o recebimento do revestimento de piso; proporcionar os desníveis necessários entre ambientes contíguos e a declividade nas áreas molháveis e ainda, permitir o eventual embutimento de instalações.

Em se tratando de edifícios isolados como habitações unifamiliares, por exemplo, a aplicação de uma metodologia de produção para o contrapiso pode não trazer resultados sensíveis quando considerado o aspecto econômico, apesar de ter influência na qualidade final do mesmo. Entretanto, ao se considerar edificações de múltiplos pavimentos, tanto habitacionais como comerciais, os cuidados na produção do contrapiso além de interferirem na qualidade final do produto, implicam, com certeza, pelos motivos anteriormente citados, numa economia significativa no custo global da obra, justificando os investimentos necessários à elaboração do projeto, à programação das atividades de canteiro e à implantação do controle da produção.

Para confirmar as colocações anteriores e portanto, buscando salientar a importância da sistematização da produção do contrapiso, toma-se como exemplo os 4.500.000 m² de área edificada para comércio e habitação em São Paulo, durante o ano de 1990 [SEHAB, 1991]. Supondo que 80% desta área tenha recebido contrapiso executado de maneira convencional, ou seja, com uma argamassa cujo consumo de cimento seja da ordem de 450 Kg/m³ e com espessura média de 6,0 cm, tem-se um consumo total de cimento de aproximadamente 97.200 toneladas. A partir da elaboração de um projeto e da adoção de adequados procedimentos de execução e controle da produção busca-se otimizar a espessura do contrapiso e a dosagem da argamassa nele empregada, chegando-se a uma espessura média de 4,0 cm e um consumo de aproximadamente 250 kg de cimento por m³ de argamassa, o que resulta, para a mesma área construída, um consumo total de 36.000 toneladas de cimento.

Considerando-se a diferença no consumo de cimento - 61.200 toneladas - tem-se quantidade suficiente para a execução da estrutura em concreto armado de aproximadamente 72 edifícios com 15 pavimentos cada e 500 m² de área por pavimento ou ainda, o material necessário para a execução do contrapiso, em aproximadamente 6.000.000 m² de área construída, ou seja, mais que o total produzido no último ano.

Frente a estes dados, acredita-se que a sistematização da produção deva se concentrar na definição dos parâmetros inerentes ao processo produtivo, ou seja: o método de dosagem da argamassa, as técnicas de execução adequadas a cada situação de utilização e os mecanismos de controle da produção que possam ser efetivamente implementados nas obras. Estes parâmetros, uma vez determinados, permitirão concentrar as decisões técnicas nas mãos de projetistas capazes de adotar aquelas que sejam mais racionais para cada projeto, levando, conseqüentemente, à obtenção de um produto de melhor desempenho global.

Assim, caracterizado o objetivo deste trabalho, qual seja:

o desenvolvimento de uma metodologia de produção do contrapiso para edifícios habitacionais e comerciais, buscando a racionalização do processo produtivo,

pôde-se definir com mais clareza, os aspectos a serem abordados pelo trabalho, colocados a seguir:

- desenvolvimento de uma metodologia de dosagem e escolha da(s) argamassa(s) mais adequada(s) à cada situação de uso;
- proposição de técnicas de execução condizentes com os materiais disponíveis e com as condições de utilização do contrapiso;
- desenvolvimento de diretrizes para elaboração de um projeto de contrapisos e
- proposição de uma metodologia de controle de produção do contrapiso que contemple todas as fases de execução e o recebimento do produto acabado.

Buscando-se atingir o objetivo proposto, a dissertação está estruturada em seis capítulos sendo este o primeiro, colocado a título de introduzir o assunto a ser abordado.

No capítulo 2, estuda-se o subsistema piso, sintetizando a sua evolução sob o enfoque dos materiais e das técnicas de execução, desde o início do século até os dias atuais. A partir daí o piso é situado no contexto do edifício, identificando-se as suas diversas camadas, bem como as suas funções e características. Com isto, busca-se reunir subsídios para identificar as funções e características que o contrapiso deve apresentar para que o conjunto responda adequadamente às condições de solicitação, sendo estas abordadas ao final deste mesmo capítulo.

O capítulo 3, fundamentado no levantamento bibliográfico realizado - publicações e normas nacionais e estrangeiras, trata do "estado da arte" da produção do contrapiso. Abordam-se as argamassas, as técnicas de execução e os mecanismos de controle de produção propostos pelos diversos países que estudaram esta camada do piso.

No capítulo 4, relata-se o trabalho experimental realizado com a finalidade de subsidiar, em conjunto com as referências bibliográficas, a metodologia de produção de contrapisos a ser proposta no capítulo 5. Foram realizados experimentos em laboratório e em campo estudando-se argamassas passíveis de serem empregadas na produção do contrapiso, variando-se a sua composição e dosagem. Além disto, foram experimentadas diferentes técnicas de execução destinadas a específicos usos do contrapiso. Os contrapisos, produzidos a partir de argamassas e técnicas de execução diferenciadas, foram testados empregando-se ensaios expeditos, especialmente desenvolvidos para a verificação do seu desempenho. Ao final do capítulo discutem-se os resultados alcançados.

No capítulo 5, propõe-se a metodologia de produção defendida por este trabalho. A metodologia fundamenta-se no prévio conhecimento dos materiais disponíveis, utilizando-os para a produção da argamassa a partir de uma dosagem racional, a qual é vinculada ao nível de controle de produção implementado em obra e à técnica de execução a ser adotada. Além disto, buscando-se viabilizar uma produção racionalizada, são propostos procedimentos para a elaboração do projeto de contrapiso, o qual fornecerá os parâmetros para o controle de execução e recebimento do produto acabado, cujas diretrizes também estão propostas neste capítulo.

No capítulo 6, e último, são feitas as considerações finais desta dissertação, destacando-se os resultados obtidos com a implantação da metodologia em algumas obras piloto, chamando-se a atenção para os caminhos que ainda necessitam ser trilhados, buscando-se a consolidação da produção deste revestimento, bem como o avanço tecnológico da produção do edifício como um todo.

2. O CONTRAPISO COMO PARTE INTEGRANTE DO EDIFÍCIO

O objetivo deste capítulo, no conjunto da dissertação, é caracterizar completamente o contrapiso, como constituinte do edifício. Para isto, inicialmente, apresenta-se a evolução do sistema piso no Brasil, buscando reconhecer em que momento e sob que condições o contrapiso torna-se parte do mesmo. Na sequência, identifica-se como o piso insere-se no contexto do edifício atual, juntamente com os demais subsistemas, abordando-se, então, suas funções e propriedades, as camadas que o constituem e as principais características destas.

Com isto, localiza-se o contrapiso, objeto deste trabalho, identificando as suas funções e características específicas, bem como os tipos passíveis de serem utilizados.

2.1 A EVOLUÇÃO DO SISTEMA PISO NO BRASIL

A construção de edifícios no Brasil sofreu grande influência das técnicas praticadas nos países mais adiantados. Segundo Reis Filho [1978], "... a arquitetura de fins do século XIX, já alcançava um nível elevado de realizações técnicas (...). Mesmo dependendo largamente de materiais importados, dominavam (os arquitetos e engenheiros da época) com eficiência as técnicas de construção e eram capazes de atender às exigências mais complexas de estruturas e acabamentos, que lhes eram impostas por uma arquitetura então em rápida evolução."

No que se refere especificamente à execução do piso, nessa época (fins do século XIX), começam a ser introduzidas as primeiras modificações, afirmando Reis Filho [1978]: "... Com o aparecimento das serrarias os pisos passaram a ser construídos com tábuas, com junções 'macho e fêmea', mais perfeitas que os velhos tabuados, que vinham substituir, produtos de serra manual e sem junção (...). Um tipo de piso mais fino era o parquê, com desenhos de madeira em várias cores. Nas cozinhas e banheiros eram empregados ladrilhos hidráulicos, apoiados sobre abobadilhas (abóbadas de tijolos) (...) nos saguões e nos jardins de inverno (...) utilizavam-se também mosaicos coloridos."

Acredita-se que estes revestimentos, considerados nobres devido às dificuldades de importação ou produção, eram utilizados apenas nas edificações de luxo, pois no interior das casas mais modestas, segundo Rainville [1880], era comum o emprego de barro batido; de argamassa de gesso, para locais sem a presença de umidade; de argamassa de cal; de formigões¹; de argamassa de cimento e areia e de camadas de asfalto lançadas sobre calçamento de tijolos.

Esses revestimentos e suas respectivas técnicas de execução, encontraram espaço no século XX, evoluindo ao longo do mesmo.

Neste século, além dos materiais anteriormente citados, a pedra utilizada tanto na forma bruta como aparelhada (serrada) teve grande destaque, sendo o granito, o gabro, o diorito² e os calcários duros, as pedras mais usuais [Segurado, 1914].

Segundo Costa [1939], as pedras eram assentes sobre leito de areia compactada e estabilizada com betume ou asfalto ou então sobre argamassa plástica constituída de cimento, cal, areia e ou saibro, sendo as juntas entre elas tomadas com o mesmo material de assentamento. As proporções das argamassas utilizadas, entretanto, não são abordadas em seu trabalho.

No início do século, uma alternativa mais econômica para os revestimentos em pedra eram os pisos executados com tijolos que, no entanto, apresentavam menor durabilidade que o primeiro, em função do desgaste provocado pelo trânsito de pessoas. Outro problema deste revestimento, segundo Segurado [1914], era o aparecimento de depressões e saliências devido a um desgaste desigual ocorrido entre o tijolo e a argamassa com o passar do tempo, em decorrência da própria técnica de execução, que utilizava, para o rejuntamento dos tijolos, uma argamassa fluida de resistência muito superior aos mesmos.

1 - Os formigões consistiam de uma camada executada com cacos de pedras socados, sobre os quais lançava-se uma camada de argamassa produzida pela mistura de cal, saibro e sangue de boi, devidamente nivelada e alisada.

2 - Tanto o gabro como o diorito são rochas de origem magmática, contendo elevados teores de minerais da família dos feldspatos [Ferreira, 1986].

Estes dois revestimentos caracterizam bem a ausência de tecnologia no processo de produção do piso. No caso dos revestimentos em pedra observa-se que a técnica de execução empregada atualmente continua adotando procedimentos idênticos aos do início do século, isto é, sobre uma base, o assentamento da pedra é feito empregando-se, geralmente, argamassa plástica, sendo que a sua definição, na maioria das vezes, fica a cargo do mestre de obras ou do encarregado pelo assentamento, não havendo nenhuma metodologia para a sua execução. Quanto à produção dos revestimentos utilizando-se tijolos rejuntados com argamassa, de nada adiantava empregar uma argamassa extremamente resistente na junta, se o tijolo não tinha característica compatível quando submetido às solicitações de abrasão. Provavelmente este fato nunca fora considerado e durante anos esse revestimento foi assim executado, até que cedeu lugar a outro de melhor desempenho.

Além destes revestimentos, o ladrilho mosaico, também conhecido como ladrilho de cimento ou ladrilho hidráulico, foi muito utilizado nessa época, sendo considerado um revestimento nobre. Era assente sobre argamassa de cal, de cimento ou bastarda (argamassa que utiliza como aglomerantes o cimento e a cal), sobre a qual, enquanto ainda fresca, lançava-se imediatamente antes do assentamento do ladrilho, uma fina camada de cimento proporcionando uma película superficial de maior resistência e com maior poder de aderência. Este revestimento era utilizado tanto em pisos exteriores como nos internos às edificações térreas e mesmo nos sobrados³ dos edifícios de diversos pavimentos, empregando-se também, nestes casos, a madeira na forma de soalhos de tábuas [Segurado, 1914].

No decorrer da década de 30 a construção dos edifícios ganha um novo e forte aliado: o concreto armado.

Segundo Vasconcelos [1985], a produção de edifícios empregando-se este material, no Brasil, teve início nos primeiros anos deste século, afirmando que: "A mais antiga notícia que foi possível encon-

3 - Segundo Albuquerque [1942], sobrado era a denominação que se dava, à época, à armação que de um lado recebia o revestimento de piso e de outro lado o teto do pavimento inferior.

trar de alguma aplicação do concreto armado no Brasil, data de 1904, documentada no curso do Prof. Antonio de Paula Freitas na 'Escola Polytechnica do Rio de Janeiro'. E, segundo Santos [1985], "o domínio da tecnologia do concreto armado culmina com a verticalização dos grandes centros, notadamente a cidade de São Paulo, no início da década de 40."

Segundo Albuquerque [1942], "Nos centros comerciais o valor do terreno aconselha edifícios de grande altura com estrutura monolítica; neste caso os sobrados são constituídos de laje de concreto. Os sobrados de abóbadas ou de abobadilhas, na técnica atual de construção, estão completamente abandonados." Esta afirmação é feita também por Baud [s.d.] que, em função do desenvolvimento dos edifícios de múltiplos pavimentos, na Europa, afirma "Atualmente os pisos de madeira portantes (...) usam-se raramente na construção de edifícios de múltiplos andares. Preferem-se as lajes que, feitas com concreto armado ou elementos metálicos prestam-se melhor às exigências estáticas desejadas. A madeira continua a ser utilizada nas casas de campo, pavilhões, residências particulares, etc."

A evolução ocorrida com a base suporte do subsistema piso, implicou num sensível avanço dos revestimentos empregados, e em consequência, alterou as técnicas de execução dos mesmos. Por essa época (início da década de 30), acredita-se que os pisos executados em barro batido, argamassas de cal, gesso e formigões, deviam ter a sua utilização restrita às edificações térreas de padrão mais modesto, pois não mais se encontram referências sobre estes materiais na bibliografia referente a esse período.

Segundo Albuquerque [1942], até mesmo o revestimento em argamassa de cimento e areia alisado a colher, destinado aos pisos internos, estava sendo abandonado devido à dificuldade de limpeza, ficando o seu uso restrito às áreas externas, sendo aí empregado com superfície áspera.

Para as áreas internas, segundo o mesmo autor, este material foi substituído pelo ladrilho de cimento, disponível em diversos formatos, padrões e cores. E, ainda, a terracota ou ladrilho cerâmico

juntamente com o grés cerâmico⁴ e a pastilha cerâmica (produzida a partir dos mesmos materiais do grés, mas com dimensões reduzidas), ganharam espaço no mercado, principalmente nos casos de edifícios de múltiplos pavimentos.

O assentamento destes revestimentos geralmente se fazia pelo emprego de argamassas plásticas, compostas por cimento, cal ou saibro e areia, em cuja superfície era polvilhado pó de cimento. As dosagens utilizadas não são mencionadas nos manuais de construção da época, sendo abordadas apenas nos cadernos de encargos, cujo principal objetivo era a composição de custos, não havendo, portanto, nenhuma referência técnica que justifique as dosagens indicadas.

Apenas como exemplo cita-se Costa [1951] que indica, para o assentamento de ladrilhos cerâmicos a utilização de um saco (42,5 Kg) de cimento, 60 litros de saibro⁵ e 90 litros de areia; enquanto Lima [1958] define, para os mesmos componentes, as proporções de 1:5 de cimento e areia; 1:2:3 de cimento, saibro e areia ou 1:4 de cimento e saibro, não sendo especificado, neste caso, se a proporção está em peso ou volume e nem mesmo a causa das variações de dosagem em função dos diferentes materiais. O Caderno de Encargos do Banco do Brasil [1959], por sua vez, indica para este revestimento a dosagem em volume de 1:3:2 de cimento, saibro e areia ou 1:2:5 de cimento, cal em pasta e areia fina; enquanto para os ladrilhos hidráulicos apresenta as dosagens de 1:3:3 de cimento, saibro e areia ou 1:2:7 de cimento, cal em pasta e areia fina.

Outro revestimento utilizado em larga escala e que atravessou o século foi a madeira, empregada sob a forma de tábuas corridas, tacos e parquês.

4 - O grés cerâmico consiste de um material de qualidade superior ao ladrilho no que se refere à homogeneidade, impermeabilidade, compacidade e resistência à abrasão, sendo na época menos empregado em função do seu elevado custo.

5 - O saibro é definido por Costa [1951] como a "mescla resultante da decomposição e desagregação dos granitos e gnaisses, devendo ter, no máximo uma percentagem de argila de 20%, sendo o seu emprego permitido em certas argamassas, para amaciá-las".

O soalho de tábuas empregado desde fins do século XIX, continuou a ser utilizado tanto nos sobrados que eram constituídos por viga-mento em madeira, como nos edifícios de múltiplos pavimentos, sendo que, neste caso, sobre a laje em concreto (ou mesmo abobadilhas em tijolos) fixavam-se os ganzepes (peças de madeira com a forma tra-pezoidal), que recebem as tábuas do soalho. Segundo Cardão [1969], os ganzepes, também conhecidos por barrotes, são fixados à laje utilizando-se argamassas fortes nas suas laterais, podendo os vãos entre eles serem ou não preenchidos. Quando preenchidos, Albuquerque [1942] recomenda utilizar argamassas fracas ou materiais leves.

O soalho de tacos, abordado por todos os autores anteriormente ci-tados, parece ter ganhado espaço a partir do final da década de 40, firmando-se nas duas décadas seguintes. Este é o único revestimento de madeira especificado pelo Caderno de Encargos do Banco do Brasil [1959], indicando sua presença principalmente nos edifícios públi-cos. Esta publicação recomenda o assentamento dos tacos utilizando-se uma argamassa plástica produzida com cimento, areia e saibro na proporção de 1:2:3; também indicada por Lima [1958], sendo que este dá a possibilidade de execução com argamassa de cimento e areia na proporção de 1:5 ou cimento e saibro na proporção de 1:4.

Além disto o revestimento de tacos é citado por diversas publi-cações do final da década de 60 e início da de 70, destacando-se Cardão [1969], que indica o assentamento empregando-se uma arga-massa de cimento e areia na proporção de 1:3; a Secretaria de Obras do Rio de Janeiro [1971], que recomenda argamassa idêntica à do Banco do Brasil [1959] e Pini [1971], que introduz para os tacos uma técnica de execução análoga à usualmente empregada no caso dos parquês. Esta técnica implica na prévia execução de um lastro de argamassa de cimento e areia, recomendando-se a proporção de 1:4, para o recebimento de tacos que serão colados.

Os parquês, que segundo Reis Filho [1978] são empregados desde fins do século passado e citados desde Albuquerque [1942] até as publi-cações mais recentes, são revestimentos fixados com adesivos, fu-gindo, portanto, da técnica de assentamento convencional indicada para os revestimentos anteriormente abordados. É um revestimento

cujas camadas de fixação apresentam reduzida espessura, (usualmente é denominada camada de fixação delgada), requerendo, assim, um substrato com características superficiais adequadas a fim de que não haja um consumo excessivo do adesivo e nem imperfeições na superfície do revestimento.

Além do parquê, a partir do desenvolvimento dos edifícios de múltiplos pavimentos, começaram a ser introduzidos uma série de outros revestimentos, dentre os quais se destacaram: o linóleo⁷ com excelentes características de conforto termo-tátil e acústico, de fácil limpeza e manutenção e resistente ao desgaste provocado pelo trânsito; os componentes à base de borracha utilizados nos locais que exigiam um material de elevada absorção acústica e que fosse confortável ao pisar; a cortiça com tratamento impermeável, que por ser considerado um material "quente" era utilizada para melhorar o conforto térmico dos ambientes; os materiais plásticos, sendo os de maior emprego aqueles à base de resinas polivinílicas e, já no início dos anos 70, os revestimentos têxteis à base de resinas.

Estes revestimentos, assim como o parquê e determinados tipos de tacos, na sua maioria eram colados ou então apenas estendidos, sendo fixados nas suas extremidades, como é o caso da borracha e de alguns têxteis. Devido às características de fixação, necessitavam de um substrato com adequada regularidade superficial e planeza, que poderiam ser obtidas durante a execução da laje estrutural ou lastro ou, posteriormente, lançando-se uma camada de argamassa de regularização da superfície que, segundo Cardão [1969], deveria ter espessura variando de 10 a 20 mm e ser executada com o emprego de argamassas mais fortes. Também os cadernos de encargos nacionais e

6 - Entende-se por substrato a camada suporte dos componentes de revestimento, sendo geralmente constituído pela camada de contrapiso. Pode, eventualmente, ser a própria laje, quando esta apresentar regularidade superficial adequada ao recebimento do revestimento, dispensando a camada de contrapiso.

7 - O linóleo é constituído por uma pasta resinosa em cuja fabricação são utilizadas matérias primas vegetais, notadamente o óleo de linhaça, a cortiça moída e fibras de madeira. Utiliza ainda, como suporte, o tecido de juta que recebe a pasta e a resina de endurecimento após o processo de prensagem do conjunto [Cusa, 1972]. Esse material quando oxidado em contato com o ar, torna-se semelhante à borracha apresentando excelentes características de deformabilidade [Albuquerque, 1942].

a bibliografia estrangeira indicam o uso de argamassas ricas em aglomerantes, como por exemplo, o emprego de 500 Kg de cimento por metro cúbico de inerte segundo o Instituto Português da Qualidade (IPQ) [1963] ou ainda, a dosagem 1:3 recomendado por Pini [1971] e por Guedes [1982], entre outros.

Chegando neste estágio de desenvolvimento, ao final da década de 60, parece que a evolução dos materiais não foi muito expressiva no que se refere à introdução de novos produtos no mercado nacional. As referências bibliográficas que retratam este período, no Brasil, destacando-se entre elas: Pini [1971], Secretaria de Obras do Estado do Rio de Janeiro [1971], Vidor [1980], Guedes [1982] e Pini [1986], trazem os mesmos revestimentos descritos por Albuquerque [1942], exceção feita ao revestimento têxtil, que aparece somente no início dos anos 70 e ao linóleo que deixa de ser produzido no Brasil.

Apesar da bibliografia disponível não fazer referência à introdução de novos componentes a partir da década de 70, acredita-se que a evolução tecnológica neste setor continuou ocorrendo, pois a alteração nas características dos componentes existentes foi significativa, podendo-se evidenciar este fato comparando-se os catálogos de produtos atuais com alguns mais antigos como a coletânea apresentada por Vidor [1980]. Verifica-se, a partir desta comparação que, num período de aproximadamente dez anos, os componentes foram aperfeiçoados, as opções aumentaram, produtos de melhor qualidade foram introduzidos no mercado, e ainda novos materiais para a camada de acabamento foram desenvolvidos. Enfim, a indústria de materiais e componentes de revestimento modernizou-se.

Por outro lado, avaliando-se as técnicas construtivas aplicadas ao subsistema piso, identifica-se que o fator gerador de sua evolução é a introdução de novos componentes de revestimento e materiais de assentamento, não implicando, porém, num avanço da tecnologia construtiva, que vem ocorrendo de forma lenta e localizada.

Nas duas últimas décadas, no campo das técnicas de execução dos revestimentos, o maior avanço ocorreu a partir da introdução da arga-

massa adesiva para assentamento de ladrilhos; sobre o seu uso, afirmou a Cerâmica São Caetano [1971]: "A aplicação de ladrilhos com adesivos, em franco uso no Exterior, vem ganhando terreno entre nós. Elimina o problema de destaque de pisos, pois inexiste a influência da retração da argamassa de assentamento, que é executada com antecedência e leva o nome de camada niveladora. Por outro lado subdivide as fases do assentamento convencional, proporcionando elevado rendimento dos serviços."

Observe-se que a partir da introdução da argamassa adesiva para o assentamento de ladrilhos cerâmicos e também para o de determinados tipos de pedras, a maioria dos revestimentos pode ser fixada com o emprego de uma fina camada de aderência ou serem simplesmente estendidos necessitando-se, porém, de uma superfície nivelada e regularizada, que em função dos atuais procedimentos de execução da laje, implica na existência de uma camada bem definida no conjunto do piso, executada previamente ao revestimento.

Esta camada, inicialmente chamada niveladora, hoje é conhecida como contrapiso e, além de proporcionar à laje o adequado acabamento superficial para o recebimento dos revestimentos aplicados com finas camadas de aderência, atende também a outras exigências do conjunto, sendo as principais: as necessidades de declividade e delimitação das áreas molháveis e o estabelecimento dos diferentes níveis entre ambientes contíguos, em função de distintas espessuras da camada de revestimento.

Apesar da inexistência de estudos sistematizados acerca das argamassas a serem empregadas na execução do contrapiso, os manuais de técnicas de execução e os cadernos de encargos pesquisados parecem diferenciar a execução dos revestimentos considerados espessos ou finos. Para os espessos, como por exemplo, os ladrilhos e as pedras, segundo aquela bibliografia, parece ser possível o emprego de um contrapiso executado com uma argamassa cuja proporção entre aglomerante e agregado seja da ordem de 1:6, em volume de materiais úmidos, pois tal dosagem era empregada para o assentamento destes revestimentos com argamassas plásticas. Quando se trata de revestimentos finos as recomendações encontradas estabelecem uma proporção

por volta de 1:3, também em volume de materiais úmidos, independente do uso do edifício.

Considerando-se estes valores, observa-se uma significativa diferença no consumo de aglomerante, acreditando-se que a mesma decorre do entendimento que se tinha acerca das características específicas dos materiais de revestimento e do seu comportamento no conjunto. Provavelmente, entendia-se que os mais espessos fossem capazes de absorver determinados esforços que os finos não conseguiriam. Em função disto, foi transferido ao contrapiso a função de absorvê-los nos casos de revestimentos finos, recomendando-se a sua execução com uma argamassa mais forte. No entanto, não foi encontrada nenhuma referência a respeito de possíveis ensaios que tivessem sido realizados com o objetivo de se avaliar o comportamento dos revestimentos de piso considerados finos executados com argamassas mais fracas ou mais fortes.

As dosagens então praticadas, devem ter sido reproduzidas empiricamente com o passar do tempo, sem nenhum estudo mais profundo acerca do seu desempenho. Em função disto, hoje observa-se que, independente do tipo de revestimento a ser aplicado, a recomendação prática é o emprego de uma argamassa de cimento e areia com dosagem em volume de materiais úmidos de 1:3. Esta dosagem acrescida do desconhecimento das características dos materiais utilizados têm gerado argamassas com elevado teores de aglomerante, como mostra o trabalho de Sabbatini et al. [1989], ultrapassando na maioria dos casos a dosagem utilizada na laje estrutural.

Verifica-se, pois, que as técnicas de execução, de domínio dos engenheiros e arquitetos de fins do século XIX, foram passadas empiricamente de geração para outra, sem uma análise crítica dos motivos pelos quais uma determinada atividade era executada de uma maneira e não de outra. Isto, com certeza, gerou a falta de domínio tecnológico por parte das novas gerações, introduzindo o receio de possíveis falhas, que vem resultando na adoção de coeficientes de "segurança" ou de "desconhecimento técnico e profissional", cada vez maiores.

Deste modo, as técnicas continuam nas mãos do operário, que a cada dia se distancia dos artesãos precursores que imigraram para o Brasil no início do século e que efetivamente dominavam o "saber fazer". A rapidez com que os operários de hoje passam por diversos patamares da hierarquia da obra não permite que a técnica de bem executar seja sedimentada. Reproduzem poucas experiências que em nada contribuem para a melhoria do produto final. Por outro lado, as deficiências na formação dos técnicos de maior responsabilidade no campo da construção civil - os engenheiros e arquitetos - têm deixado lacunas preciosas no processo de obtenção de produtos mais racionais e de melhor qualidade, uma vez que não conseguem dominar o processo produtivo do canteiro de obras. Em função disto, as antigas e mal reproduzidas técnicas de execução dos revestimentos de piso continuam a ser praticadas, sem que se conheçam os seus fundamentos.

Alterar esta prática, ou seja retirar das mãos do operário o controle da produção e evitar a reprodução de técnicas sem que se conheça os seus fundamentos, significa sistematizar a tecnologia de execução do piso e passá-la a quem por direito deve dominá-la: o engenheiro e o arquiteto, valorizando-os profissionalmente. Tal sistematização deve ter início pela definição clara das funções e características do piso e de cada camada individualmente, podendo-se propor então, uma metodologia de produção compatível com as condições de solicitação.

2.2 O PISO COMO UM SUBSISTEMA DO EDIFÍCIO

Segundo Graef [1978], a necessidade de sobreviver e de se relacionar com outras pessoas, desde o início da civilização, vem motivando o homem a construir edifícios. E tendo em vista a dinâmica natureza do ser humano, o edifício, acompanhando a sua evolução, vem passando, ao longo do tempo, por diversas e profundas modificações, como própria decorrência das atividades que abriga que, a cada dia, exigem o atendimento de necessidades crescentes dos usuários, tanto em quantidade como em qualidade, principalmente no que se refere às questões de conforto e segurança. Em decorrência disto, o edifício vem se tornando um produto mais complexo, exi-

gindo novas soluções, tanto para o projeto como para o processo de produção.

Diante de tal complexidade, a maneira mais racional de abordar o edifício na sua totalidade, seja objetivando a elaboração do projeto, a sua execução ou a avaliação de seu desempenho, é dividindo-o em partes, solucionando-as uma a uma. Para que isso ocorra, é necessário que cada parte, enfocada sob um determinado ponto de vista, tenha a sua funcionalidade própria, não perdendo, porém, a relação com as demais e com o próprio edifício.

Esta maneira de solucionar problemas complexos, ou seja, a resolução por partes funcionais com a visão do conjunto, é denominada abordagem sistêmica [Sabbatini, 1989] que, quando aplicada ao edifício, deve apresentar uma terminologia própria. Assim, a título de unificar o vocabulário utilizado neste trabalho, será empregada a terminologia proposta pela International Organization for Standardization - ISO 6241 [ISO, 1984], que define:

- subsistema: uma parte do edifício que desempenha uma ou várias funções, necessárias ao atendimento das exigências dos usuários;
- componente: caracterizado por produtos manufaturados destinados a cumprir, individualmente, função(ões) específica(s);
- "montagem" ("assembly"): um agregado de componentes usados em conjunto. Por exemplo, uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos é uma montagem constituída de diversos componentes que são os blocos. A ISO 6241 considera também como uma montagem os pilares e vigas construídos no local.

Observa-se, pois, que a "montagem" diferencia-se do componente por caracterizar um produto construído no local.

Por não existir uma palavra que expresse adequadamente o sentido de "assembly", propõe-se, neste trabalho, que seja adotado o termo elemento, em analogia à nomenclatura proposta por Souza [1983].

Na realidade, considera-se que tanto o componente como o elemento são partes dos subsistemas do edifício, sendo umas manufaturadas e outras produzidas no local.

Segundo a ISO 6241 [ISO, 1984] a divisão do edifício não é única, podendo se dar em função dos objetivos a serem alcançados e pode ocorrer ainda, que um componente ou elemento faça parte ao mesmo tempo de dois subsistemas distintos ou que estes tenham componentes espalhados por todo o edifício. Aqui, os edifícios em estudo serão enfocados considerando-se as características de produção pelo processo convencional, propondo-se, então, uma divisão adaptada de Souza [1983] e da ISO 6241 [ISO, 1984]⁸, apresentada na tabela 2.1.

TABELA 2.1: Os subsistemas do edifício, seus componentes e elementos.

SUBSISTEMAS	COMPONENTES E ELEMENTOS
1. ESTRUTURA	
1.1 Fundações	: sapatas, estacas, vigas baldrame, tubulões, etc.
1.2 Super estrutura	: pilares, vigas, painéis, lajes, escadas, etc.
2. VEDAÇÕES EXTERIORES	
2.1 Vedações verticais	: divisórias (paredes, parapeito); aberturas-porta/janela
2.2 Vedações horizontais	: piso (terraço, sacadas); aberturas (alçapões)/
3. VEDAÇÕES INTERIORES	
3.1 Vedações verticais	: divisórias (paredes, armários); aberturas-porta/janela
3.2 Vedações horizontais	: piso; aberturas (alçapões)/
4. SERVIÇOS	
4.1 Distribuição e disposição de águas	: água fria, esgoto, água pluvial
4.2 Aquecimento e ventilação	: distribuição de gás combustível, circuito de ar condic.
4.3 Distribuição de gás	: ar comprimido, distribuição de gás, etc.
4.4 Elétrica	: alta e baixa voltagem, equipamento elétrico emergência.
4.5 Telecomunicações	: telefone, distribuição de circuito de rádio e televisão.
4.6 Transporte mecânico e eletromecânico	: elevadores, escadas rolantes, etc.
4.7 Transporte pneumático e gravitacional	: disposição de resíduos sólidos, limpeza a vácuo, etc.
4.8 Segurança	: proteção contra intrusos, incêndio, queda de energia.

8 - Apesar de serem consideradas referências básicas, não foram adotadas, na íntegra, as proposições feitas por Souza [1983] e pela ISO [1984], por se tratarem de divisões voltadas à avaliação de desempenho do subsistema como um todo, não sendo considerado as suas características de produção, objetivo da divisão proposta.

No edifício produzido pelo processo convencional, a divisão da vedação horizontal em dois outros subsistemas distintos - exterior e interior - é necessária em função das suas distintas condições de solicitação, e conseqüentemente, de produção.

De modo geral, a vedação horizontal exterior está em contato direto com o meio ambiente, seja através de sua base ou pela sua superfície ou ainda, por ambas. Além disto, nos edifícios habitacionais e comerciais, é comum que esta vedação sofra ações intensas, tais como, o trânsito de veículos e equipamentos.

A vedação interna, por sua vez, encontra-se protegida do meio ambiente por estar suspensa do solo, ou porque está sob uma cobertura. Além disso, no caso dos edifícios em estudo, fica, de modo geral, sujeita somente ao tráfego de pedestres e a cargas devido ao mobiliário.

As diferentes ações a que estão submetidas as vedações horizontais lhes exigem específicas propriedades, implicando em distintas camadas e portanto em sistemas de piso diferenciados. Porém, independente das características que o piso deva apresentar para atender às condições de solicitação impostas, suas funções no conjunto das vedações são as mesmas.

Segundo Barry [1980], o piso, como parte constituinte da vedação horizontal dos edifícios, tem como função principal ser suporte dos usuários; de sua mobília; de veículos, equipamentos e máquinas, devendo permitir que o trânsito sobre a sua superfície ocorra de maneira segura e confortável. Além disto, ainda que de modo secundário, outras funções podem ser atribuídas ao piso, como as abordadas por Elder & Vandenberg [1977] e destacadas a seguir:

- a proteção da estrutura (laje) contra a ação de agentes agressivos, evitando sua degradação precoce e, conseqüentemente, aumentando a sua durabilidade e diminuindo os custos de manutenção dos edifícios;

- proporcionar os desníveis necessários entre ambientes contíguos, principalmente quando se trata de áreas secas e molháveis;
- permitir o embutimento de componentes de instalações tais como tubulações e pontos de utilização;
- auxiliar no comportamento global da vedação horizontal, contribuindo para: o isolamento termo-acústico; a absorção dos sons de impacto; a estanqueidade aos gases e à água tanto na sua forma líquida como de vapor e a segurança contra o fogo e,
- valorizar esteticamente o edifício, pois o piso, em especial sua camada superficial, exerce influência significativa na determinação das características estéticas e de qualidade daquele, proporcionando o padrão de acabamento desejado.

O piso, produzido a partir de diversas camadas, para cumprir adequadamente suas funções, o faz como um todo. Assim, o conjunto deve apresentar propriedades compatíveis com os requisitos de desempenho que lhe são exigidos, bem como com a natureza e características da base sobre a qual será executado. Portanto, antes de se abordar as principais propriedades a serem desempenhadas pelo subsistema piso, serão caracterizadas as suas camadas constituintes, observando-se que, em vista dos objetivos da presente dissertação, será considerado somente o piso interno ao edifício, propondo-se na figura 2.1 uma configuração básica para a vedação horizontal em que ele está inserido. A tecnologia de produção dos pisos para áreas externas e ou destinados ao tráfego de veículos e equipamentos, deverá ser objeto de pesquisas futuras.

FIGURA 2.1: Ilustração das camadas de um sistema de vedação horizontal interno ao edifício [Saarimaa; Sneck & Waananem, 1972].

O sistema de vedação horizontal interno pode ser entendido como um conjunto constituído por três componentes básicos: o forro do pavimento inferior, a laje estrutural que separa os dois pavimentos e o piso do pavimento superior. Estas camadas, para responder às específicas condições de exposição a que estarão submetidas ao longo da produção e da vida útil do edifício, poderão se diferenciar tanto em relação ao material como à técnica construtiva nelas empregados. Deste modo, os materiais devem ser cuidadosamente conhecidos e as técnicas de execução, adequadamente definidas, a fim de que a sua combinação possa resultar num produto final compatível com as especificações de projeto. As suas características serão abordadas a seguir, destacando-se, inicialmente, as camadas constituintes do piso, objeto deste trabalho.

2.2.1 Camada Impermeável

A camada impermeável pode ou não fazer parte do piso nas áreas internas. A bibliografia estrangeira, como Barry [1980] e a BS 8204 [BSI, 1987], indicam o seu emprego apenas nos casos de vedação exterior lançada diretamente sobre o solo. Entretanto, no Brasil, a partir de observações realizadas em canteiros de obras identificou-se que esta camada vem sendo utilizada, ainda que não intensamente, nas áreas internas denominadas inundáveis, tais como boxes de ba-

nheiros e também nas áreas de sacadas, em que a presença da água é mais intensa e constante. Nestes casos busca-se evitar que a água penetre pela vedação vertical, atingindo o forro do pavimento inferior, deteriorando-o. Nos locais onde a água aparece em menor intensidade, não é usual o seu emprego. Neste caso, os projetistas limitam-se a especificar revestimentos razoavelmente estanques tais como os cerâmicos, as pedras e os vinílicos, prescindindo do uso da impermeabilização.

Esta camada pode ser constituída pelos mais diversos sistemas de impermeabilização, sendo que as características intrínsecas do edifício vão exigir um tipo específico, havendo a necessidade de que se estude e avalie cada caso.

2.2.2 Camada Isolante Térmica

É uma camada largamente empregada em países estrangeiros, notadamente naqueles cuja temperatura ambiente é baixa na maior parte do ano. Segundo Barry [1980], nestes casos, torna-se essencial para auxiliar na conservação do calor interno, que comumente é gerado por sistemas de calefação. No Brasil, acredita-se que devido principalmente às suas características de clima tropical, a camada isolante térmica praticamente inexistente nas vedações internas. Neste caso, a contribuição do subsistema piso no desempenho térmico da vedação horizontal acaba se dando em função das características próprias do contrapiso e do revestimento, abordados a seguir e não pela incorporação de uma camada isolante térmica específica.

Porém, apesar de quase sempre esquecida, a presença desta camada é fundamental nos casos de coberturas impermeabilizadas, que mesmo sendo consideradas vedações exteriores, merecem ser destacadas, em função dos constantes problemas que originam nos edifícios.

O clima tropical do Brasil impõe, às coberturas de um modo geral, elevadas temperaturas, principalmente em decorrência da incidência dos raios solares, gerando sensíveis variações dimensionais (dilatação) no sistema de vedação horizontal, que podem lhe provocar um elevado grau de fissuração. As fissuras formadas podem com-

prometer seriamente a estanqueidade do conjunto e conseqüentemente o seu desempenho como um todo, pois a infiltração de água pelo ambiente pode levar à deterioração rápida dos subsistemas envolvidos e das condições de conforto e salubridade. Nestes casos, a camada isolante pode ser constituída por materiais leves que apresentem baixo coeficiente de transmissão térmica, tais como, o poliestireno expandido, a vermiculita, a argila expandida e o concreto celular.

2.2.3 Camada de Contrapiso

O contrapiso, para áreas interiores ao edifício, pode ser constituído de uma ou mais camadas de material lançado sobre a laje estrutural ou sobre uma camada intermediária (de impermeabilização ou de isolamento térmico e acústico), devendo apresentar características tais como espessura, regularidade superficial, resistência mecânica, compacidade e durabilidade adequadas ao atendimento de suas funções, cujas principais são:

- possibilitar a colocação do revestimento de piso; ✓
- transmitir as cargas de utilização à laje suporte; ✓
- proporcionar os desníveis necessários entre ambientes contíguos e a declividade nas áreas molháveis e ✓
- permitir o eventual embutimento de instalações. ✓

Por se tratar do objeto específico do presente trabalho as funções e características intrínsecas ao contrapiso serão abordadas detalhadamente no item 2.4.

2.2.4 Camada de Revestimento

Segundo a BS 6100 [BSI, 1987] "o revestimento constitui a camada superior do piso, proporcionando o seu acabamento final."

Pode ser composta por uma, duas ou três camadas. A primeira trata-se da camada de regularização do substrato, que pode ou não ser necessária, em decorrência das características superficiais do mesmo e da camada de acabamento. A segunda consiste da camada de ligação entre o substrato e a camada de acabamento, sendo usualmente cons-

tituída por argamassas ou adesivos. A última e mais externa, consiste na camada de acabamento, podendo ser constituída por argamassas frescas ou emulsões poliméricas aplicadas sobre o substrato, dispensando a camada de ligação; ou ainda, por componentes de madeira, cerâmicos, de pedra, vinílicos, têxteis⁹, entre outros.

Esta camada tem grande importância no desempenho do conjunto, uma vez que está exposta durante todo o período de utilização do piso; é, portanto, a única parte do subsistema em contato direto com o usuário, sofrendo solicitações das mais diversas naturezas. Daí, suas funções estarem relacionadas principalmente à segurança do usuário e à proteção e valorização estética do subsistema piso.

Para desempenhar adequadamente estas funções, segundo Elder & Vandenberg [1977], o revestimento deve apresentar, de modo geral, as seguintes propriedades ou requisitos de desempenho: resistência ao desgaste pelo uso, notadamente às solicitações por choque, abrasão e puncionamento; resistência às deformações do conjunto, não apresentando fissuras que comprometam o seu desempenho, nem tão pouco se destacando do substrato; ser estanque, quando aplicado em áreas molháveis desprovidas da camada de impermeabilização; resistir ao ataque de agentes químicos (detergentes, águas sanitárias, etc.); aspecto agradável; capacidade de amortecimento do som produzido pelo tráfego em sua superfície; segurança à utilização (comodidade ao andar, antiderrapante ou antideslizante, incombustibilidade, etc.) e durabilidade compatível com as condições de uso.

Estes requisitos de desempenho são garantidos na medida em que sejam conhecidas as características próprias de cada revestimento e as solicitações a que o piso estará sujeito, compatibilizando-as.

2.2.5 Camada de Base ou Laje Estrutural

Segundo a DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1], a camada de base ou laje estrutural "constitui o elemento resistente do subsistema vedação

9 - As características e condições de produção dos revestimentos cerâmicos, de pedra, vinílicos e têxteis estão amplamente abordadas no trabalho de Sabbatini, Barros & Flain [1990].

horizontal e se destina a receber todas as cargas aplicadas ao piso". Elder & Vandenberg [1977] acrescentam que "tem por função transmitir ao restante da estrutura portante as sobrecargas a que o piso está sujeito distribuindo-as adequadamente. Deve, portanto, apresentar resistência mecânica adequada às cargas previstas e, além disto, deve apresentar, ainda, condições superficiais compatíveis com o subsistema piso que irá receber."

A produção da estrutura do edifício, da qual a laje é um dos elementos, extrapola os objetivos deste trabalho. Entretanto, vale salientar que muitos problemas ocorridos durante a execução do piso e de outras partes do edifício têm origem nesta etapa de produção, sendo imprescindível a sistematização da tecnologia da produção deste subsistema.

2.2.6 Camada de Forro

Segundo a BS 6100 [BSI, 1987] o forro pode ser entendido como "um componente de cobertura da face inferior da laje ou telhados de modo a constituir a superfície superior de um ambiente fechado."

Quando se trata do recobrimento de lajes, este componente, muitas vezes, pode ser constituído apenas por um revestimento de argamassa ou pasta, ou nem mesmo existir, em função das características de execução do componente estrutural e do padrão de acabamento desejado. Para alguns ambientes, porém, pode ser necessário colocar o denominado forro falso, permitindo a passagem de instalações abaixo da laje, sem que estas sejam visíveis para os usuários. Neste caso é comum o emprego de placas de gesso, de fibrocimento e metálicas.

2.3 PROPRIEDADES DO SUBSISTEMA PISO

As principais propriedades ou requisitos de desempenho que o piso de áreas internas de edifícios habitacionais e comerciais deverá apresentar para cumprir suas funções são:

- resistência mecânica;
- capacidade de absorver deformações;

- estanqueidade;
- resistência ao ataque por agentes químicos;
- facilidade de limpeza e salubridade;
- conforto tátil, visual, acústico e higrotérmico;
- segurança de utilização;
- segurança contra o fogo e
- durabilidade compatível com as necessidades de utilização.

Tais requisitos são exigidos do piso como um todo, entretanto, o grau de exigência para cada um pode variar, segundo Cusa [1972] e Bring [1972], em decorrência das específicas condições de exposição a que o conjunto e cada uma de suas camadas estarão submetidos.

Neste sentido, para cada requisito, uma determinada camada do piso poderá ser mais ou menos solicitada, devendo apresentar propriedades específicas. Assim, os requisitos abordados nem sempre estarão diretamente relacionados com o contrapiso, objeto deste trabalho. Porém, julgou-se ser importante que o trabalho contivesse tais informações, uma vez que podem auxiliar na determinação das funções específicas do contrapiso, bem como poderão fundamentar trabalhos futuros no campo do subsistema piso.

Bring [1972] afirma que a avaliação quantitativa dos requisitos de desempenho é de difícil equacionamento e muitas vezes sem sentido, pois depende de fatores futuros, nem sempre passíveis de serem avaliados precisamente. Assim, defende que os requisitos de desempenho sejam expressos qualitativamente em classes de qualidade, propondo uma metodologia para alguns dos requisitos, abordados a seguir.

2.3.1 Resistência Mecânica

Alguns autores como Barry [1980] e a BS 8204 [BSI, 1987], definem vedação horizontal do edifício, denominando-a piso ("floor"), atribuindo a uma de suas partes, a laje estrutural, a resistência do conjunto.

Neste trabalho define-se o subsistema piso como uma parte constituinte da vedação horizontal, sendo que a resistência estrutural

desta cabe a uma outra sua parte - a laje. Entretanto, independentemente da resistência da vedação, entende-se que o subsistema piso deve apresentar um certo nível de resistência que lhe proporcione um estado de consolidação interna capaz de suportar ações mecânicas de diversas naturezas, que em geral são originadas pelos esforços de utilização do piso, traduzidos por abrasão superficial, cargas de impacto e estáticas que tendem a esmagar ou a cisalhar o piso [CSTB, 1983].

Assim, a resistência mecânica do piso pode ser equacionada pela sua resistência ao desgaste superficial, e pela sua capacidade de resistir a outros esforços sem desagregação, sem perda de aderência e sem deformações plásticas visíveis, que dependem, principalmente, das características das camadas constituintes do piso, que por sua vez são função dos materiais e das técnicas de execução empregados.

A resistência ao desgaste superficial é dada, exclusivamente, pelas características da camada de acabamento, pois, de modo geral, somente esta é avaliada segundo aquele requisito [CSTB, 1970; McCurich, 1988].

Cada tipo de revestimento apresenta uma específica resistência ao desgaste pelo uso, determinada pelas suas características de produção. Assim, pode-se dizer que um revestimento de piso é adequado a um determinado ambiente, desde que sua resistência à abrasão seja compatível com as solicitações previstas para o ambiente em questão, sendo que tal compatibilidade determina a vida útil do revestimento [CSTB, 1978].

Portanto, para que seja possível definir o revestimento mais adequado a cada ambiente, deve-se conhecer as suas características e as solicitações previstas para o ambiente em que será aplicado. Para isto, são propostos níveis de resistência ao desgaste dos materiais e de solicitação a que estão sujeitos os diferentes ambientes, classificando-os, portanto, segundo critérios de desgaste e de utilização, respectivamente.

Classificação semelhante é proposta com relação à resistência aos choques e carregamentos estáticos pontuais, genericamente denominados de resistência ao puncionamento [CSTB, 1978].

A resistência ao puncionamento resulta, em geral, da interação das camadas de contrapiso e de revestimento. Quando se trata de revestimentos de reduzida espessura, como é o caso dos têxteis, vinílicos e laminados melamínicos, por exemplo, o principal responsável pela resistência a estes tipos de esforços é o substrato, uma vez que as características mecânicas destes revestimentos não os capacitam a absorvê-los. Assim, ao receberem os esforços, estes revestimentos deformam-se, transmitindo-os imediatamente para o substrato, em geral o contrapiso, que por sua vez deve apresentar propriedades compatíveis com o nível das solicitações, de modo a não ser danificado.

A deformação sofrida pela camada de revestimento não poderá provocar danos em sua superfície, pois isto comprometeria o seu aspecto, bem como as próprias condições de utilização. Assim, também neste caso, são propostas classificações para os materiais de revestimento, segundo o seu comportamento frente aos esforços de puncionamento e para os ambientes, segundo a intensidade de solicitação.

Diversas classificações difundidas no meio técnico relacionam as características dos revestimentos de piso com sua possibilidade de uso. Uma delas é dada pelo "Institut National Belga du Tapis - INBT" [CSTC, 1972]; outra é proposta por Bring [1972] e outra, de maior difusão, é proposta pela "Union Européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction U.E.A.tc.", apresentada pelo CSTB [1978] para revestimentos delgados, pelo CSTB [1983] para cerâmicos e pelo CSTB [1984], para componentes à base de cimento.

Na maioria dos países europeus, pelo menos uma das classificações anteriores é correntemente empregada pelos projetistas para a definição dos materiais de revestimento de piso, como pode ser observado, por exemplo, pelas prescrições das normas propostas pelo Ministério de Obras Públicas y Urbanismo da Espanha [MOPU, 1989].

Naqueles países, as próprias indústrias submetem os seus componentes de revestimento a ensaios específicos de desgaste por abrasão e funcionamento, classificando-os por categorias de resistência, correspondendo aos níveis de solicitação suportáveis pelos mesmos. Aliando-se as características dos revestimentos à classificação proposta para os ambientes segundo as possíveis solicitações a que estão sujeitos ao longo de sua vida útil, é possível proceder a escolha do revestimento de piso mais adequado a cada situação.

No Brasil, porém, não está sistematizada uma classificação que envolva conjuntamente as condições ambientes e as características dos materiais, pois são poucas as indústrias de revestimentos que definem as "classes de qualidade" de seus componentes, dificultando a proposição de uma classificação.

Inseridos no reduzido universo de materiais classificados, encontram-se os componentes cerâmicos, o que têm contribuído sensivelmente para o avanço na qualidade de produção destes revestimentos. Principalmente em decorrência das exportações, a indústria cerâmica adaptou-se às condições impostas pelo mercado internacional. Assim, tem sido adotada, para estes componentes, uma classificação segundo suas características de resistência à abrasão, fundamentada nas propostas da Porcelain Enamel Institute (PEI), dos Estados Unidos, que classifica os componentes cerâmicos em quatro classes, fazendo-se referência aos ambientes em que se recomenda o emprego de cada uma das classes. Esta classificação é apresentada pela NBR 9817 [INMETRO, 1987], sendo o ensaio de abrasão descrito pela NBR 6481 [INMETRO, 1980].

No Brasil, a avaliação quantitativa da resistência mecânica do subsistema piso não está sistematizada. De modo geral, apenas a resistência à abrasão dos componentes de revestimento tem sido verificada por poucas indústrias, ao procederem o controle de qualidade do seu material. A resistência do conjunto, porém, não tem sido objeto de estudos, necessitando do desenvolvimento de uma metodologia específica para a avaliação e estabelecimento de valores mínimos de resistência a serem exigidos dos diversos tipos de pisos, em função das condições de exposição em que se encontram.

2.3.2 Resistência de Aderência

Esta característica está associada também à resistência mecânica do piso; porém, considerando-se a sua complexidade será abordada separadamente.

A resistência de aderência, segundo Sabbatini [1984], pode ser definida como "a capacidade que a ligação, na interface de duas superfícies, tem em absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais a ela (tração), sem se romper."

No caso específico deste trabalho, esta propriedade refere-se tanto à ligação do contrapiso com a base, como à ligação do contrapiso com o revestimento de piso, sendo que o grau de aderência nestas interfaces pode interferir, consideravelmente, na integridade do conjunto frente às diversas solicitações a que está sujeito, principalmente àquelas decorrentes das deformações diferenciais entre a base e o revestimento.

A resistência de aderência entre as diversas camadas depende das características da superfície de contato entre as mesmas, bem como das características do material de ligação aplicado entre elas. Assim, quando for necessário garantir um elevado grau de aderência entre as diversas camadas, torna-se imprescindível o preparo superficial da camada anterior, bem como o emprego de materiais compatíveis e de qualidade garantida [BSI, 1989].

Segundo McCurrich [1988], existem vários ensaios para verificar a resistência de aderência entre as diversas camadas do subsistema piso. Para a verificação em obra, afirma que "o mais prático é realizar um corte circular ou quadrado, atravessando a interface na qual se deseja verificar a aderência.". Uma vez preparado o corpo de prova, recomenda que se cole uma pastilha sobre a sua superfície, tracionando-a por meio de equipamento adequado. Determina, assim, a tensão de ruptura à tração do conjunto.

Este ensaio é comum para o caso dos pisos de alta resistência ou industriais, sendo pouco utilizado para pisos de edifícios habita-

cionais e comerciais. Nestes casos, segundo a BS 8204 [BSI, 1987] muitos dos revestimentos não necessariamente precisam estar aderidos ao substrato e, além disto, afirma que o próprio substrato, eventualmente, pode não estar aderido à base. A BS 8204 [BSI, 1987] salienta, porém, que "quando se faz necessário um nível mínimo de aderência, esta pode ser verificada por percussão, sendo que um som cavo pode indicar má aderência do revestimento ou do substrato, devendo-se, então, verificar as possíveis causas e conseqüências para que se tome as providências necessárias."

2.3.3 Capacidade de Absorver Deformações

Como um subsistema do edifício, o piso está sujeito a ações de diversas naturezas que de modo geral traduzem-se por tensões de tração, compressão e cisalhamento agindo em suas camadas. Tais tensões deverão ser absorvidas ou dissipadas pela deformação do conjunto. O subsistema piso deverá ser capaz de absorver tanto as suas deformações intrínsecas (retrações e expansões térmicas e higroscópicas), como as deformações de pequena amplitude que podem ocorrer na laje, sem apresentar um estado de fissuração que comprometa o seu desempenho, sem se desagregar, sem perder a sua aderência e sem se descolar do substrato [Schild et al., 1981].

Sabbatini [1984], estudando paredes de alvenaria, afirma que a capacidade de absorver deformações (resiliência) é uma propriedade equacionada pela resistência à tração e ao cisalhamento e pelo módulo de elasticidade do conjunto em estudo.

Fazendo-se uma analogia com o subsistema piso tem-se que em função de sua capacidade de absorver deformações o conjunto poderá apresentar melhor ou pior desempenho. Quanto maior a sua resistência à tração e ao cisalhamento e menor o seu módulo de elasticidade, melhor o comportamento do conjunto frente às solicitações de uso, pois estas propriedades permitirão que o mesmo se deforme sem que haja a ruptura das camadas, podendo ocorrer, eventualmente, a formação de microfissuras que não chegam a comprometer o desempenho do conjunto.

Sendo esta propriedade dependente do módulo de elasticidade de cada camada, conclui-se que a mesma é variável para cada tipo de piso. Os revestimentos têxteis e as mantas vinílicas, por exemplo, comportam-se muito bem frente a este tipo de solicitação, pois apresentam baixo módulo de elasticidade, acomodando-se às solicitações mais comuns. Entretanto, o contrapiso deve apresentar comportamento análogo para que não venha a se romper, podendo prejudicar as características do conjunto. E quanto maior a dosagem de cimento na composição da argamassa de contrapiso, menor a sua capacidade de absorver deformações, pois eleva-se o módulo de elasticidade.

No caso dos revestimentos cerâmicos e de pedra, acredita-se que a capacidade de deformação do conjunto dependerá tanto da camada de contrapiso como da rigidez apresentada pela camada de revestimento, pois estes componentes apresentam alto módulo de elasticidade, e assim, o comportamento da camada dependerá principalmente das suas características de execução, ou seja, da rigidez das juntas entre componentes, da existência ou não de juntas de movimentação e das características da camada de fixação do revestimento ao contrapiso. Deve-se buscar, pois, o emprego de uma tecnologia de execução que proporcione à camada de revestimento, uma capacidade de absorver deformações compatível com as solicitações previstas.

2.3.4 Estanqueidade

No caso de pisos internos ao edifício, este requisito de desempenho fica restrito às áreas molháveis, uma vez que não está sujeito à ação da água presente no solo [Elder & Vandenberg, 1977].

A estanqueidade do conjunto de modo geral, é de responsabilidade da camada de impermeabilização, anteriormente abordada. Atualmente, porém, nas áreas internas dos edifícios o uso desta camada vem se limitando aos boxes de banheiro. Nas demais áreas molháveis, como cozinhas e áreas de serviço, por exemplo, atribui-se à camada de revestimento, a responsabilidade de evitar a infiltração de água através do conjunto.

Existem alguns revestimentos que podem ser considerados razoavelmente estanques, bem como resistentes à ação da água, podendo ser aplicados nestas regiões onde a presença de água é comum. Entretanto, acredita-se que a obtenção da estanqueidade destes revestimentos somente será possível a partir de sua adequada execução, pois as propriedades do componente em si, não garantem a estanqueidade da camada, uma vez que, na maioria das vezes, tratam-se de componentes modulares, estando presentes as juntas entre os mesmos. Assim, a camada como um todo (componentes e juntas) deverá apresentar características de estanqueidade e resistência à ação da água. Em função disto, acredita-se que a classificação proposta pelo CSTB [1978, 1983 e 1984] em relação ao comportamento dos componentes frente à ação da água pode ser utilizada como indicativa, porém, o fato de um componente ter, isoladamente, adequado desempenho frente a este requisito, não implica que o conjunto o terá.

Não é função do contrapiso atender à estanqueidade do subsistema, pois trata-se de uma camada, em geral, constituída por uma argamassa de elevado índice de porosidade, não sendo possível impedir a percolação da água pelo sistema.

2.3.5 Resistência ao Ataque por Agentes Químicos

Resistir ao ataque de agentes químicos comuns tais como sabões, detergentes, ácidos fracos, entre outros é uma característica intrínseca da camada de acabamento do piso, pois ela estará em contato direto com os mesmos, tanto pela queda accidental nos locais em que o manuseio de tais produtos seja freqüente, como pelo emprego destes produtos na limpeza e higienização do piso. Segundo Elder & Vandenberg [1977] a camada de contrapiso pode ser uma segunda barreira contra os agentes químicos, de modo que os mesmos não atinjam a laje, pois podem reagir com a armadura presente nesta, provocando um processo de deterioração de toda a vedação horizontal.

Também com relação ao comportamento frente a agentes químicos o CSTB [1978, 1983 e 1984] propõe uma classificação tanto para os ambientes como para os revestimentos, em analogia ao comportamento frente a ação da água. Entretanto, aqui também cabe ressaltar que o

importante é o desempenho da camada de revestimento como um todo, principalmente nos casos daqueles produzidos com juntas.

2.3.6 Facilidade de Limpeza e Higienização

Não foi possível encontrar referências específicas acerca deste requisito de desempenho, entretanto a facilidade de limpeza e salubridade está diretamente relacionada à exigência de higiene do ambiente destacada por Souza [1983] e depende, particularmente, das propriedades da camada de acabamento do piso.

Alguns revestimentos permitem uma limpeza mais fácil que outros, como os vinílicos, quando comparados aos têxteis, por exemplo. Os primeiros, por terem a superfície extremamente lisa, não retêm detritos, poeira, etc., apresentando extrema facilidade de conservação. Os têxteis, porém, permitem a deposição de pó e sujeira entre as suas fibras, sendo de mais difícil remoção, exigindo, para alguns tipos de fibras, o emprego de equipamentos específicos, como por exemplo, o aspirador de pó. Para estes revestimentos as condições de salubridade local podem ser mais críticas, caso não sejam tomados cuidados constantes com a higienização do mesmo.

Acredita-se que a escolha do revestimento para um determinado ambiente deva considerar a facilidade de limpeza, higienização e manutenção que se espera do piso, bem como as atividades a serem ali desenvolvidas. Por exemplo, não se pode permitir que em uma sala cirúrgica seja colocado um revestimento têxtil, pois as condições de higienização e salubridade locais ficariam extremamente prejudicadas. Tal revestimento, porém, é aceitável nas áreas sociais de um apartamento num edifício habitacional, por exemplo, em que as condições de utilização são completamente distintas das do primeiro caso.

2.3.7 Segurança de Utilização

Elder & Vandenberg [1977] relacionam este requisito de desempenho às características de escorregamento do piso. Entretanto, acredita-se que além desta, que está diretamente relacionada com o coefi-

ciente de atrito superficial do revestimento, devem ser consideradas ainda, a planeza, o nivelamento e a regularidade da superfície, pois também estas interferem nas condições de segurança de utilização do pavimento.

2.3.7.1 Nivelamento, planeza e regularidade da superfície

A BS 8204 [BSI, 1987] considera planeza e regularidade superficial como sinônimos definindo-as como a medida do desvio de um plano paralelo que passa sobre uma grande ou pequena extensão do piso em estudo; Bring [1972], por sua vez, considera-as isoladamente. Conceitualmente, porém, ambos enfocam estas propriedades de maneira análoga, avaliando as irregularidades presentes na superfície do piso. Assim, para se definir com clareza o significado de cada uma, neste trabalho, estas duas propriedades serão consideradas, distintamente, bem como o nivelamento, sendo abordadas a seguir.

a) Nivelamento

Esta propriedade do subsistema piso não é claramente abordada pelos autores consultados. O BRE [1977] e o CSTB [1982] fazem referência ao mesmo, considerando-se a camada de contrapiso. Assim, a partir dos conceitos apresentados por estes autores, pode-se dizer que o nivelamento do subsistema piso é a propriedade que indica o grau de declividade da superfície, em relação ao plano horizontal. Portanto, as exigências de nivelamento de uma área seca devem ser distintas das de uma área molhável.

No primeiro caso, deve ser exigida uma superfície com um nível de horizontalidade suficiente para que o posicionamento dos móveis se dê sem que estes fiquem visivelmente inclinados. No caso de uma área molhável, em que há a presença de ralos, é necessário que a superfície apresente um determinado grau de declividade em direção aos mesmos, permitindo o escoamento da água e evitando o seu empocamento. Também nesta situação, não se deve aceitar que o mobiliário fique visivelmente inclinado.

O nivelamento do piso pode ser dado antes ou durante a execução da camada de revestimento. No caso de revestimentos aplicados com camada de fixação de pequena espessura, como as colas e as argamassas adesivas, esta propriedade é garantida pelo contrapiso, pois a espessura da camada de fixação não permite a correção do nível proporcionado pelo mesmo. Nos casos dos revestimentos aplicados com argamassas convencionais, como alguns tipos de pedras, por exemplo, o nivelamento superficial poderá, eventualmente, ser obtido no momento da sua aplicação.

b) Planeza

Segundo Bring [1972], um piso deve ser plano o suficiente para permitir o posicionamento de móveis, sendo um suporte adequado à todas as atividades que poderão se desenvolver no ambiente.

Assim, pode ser entendida como a propriedade apresentada por um piso que não apresente depressões ou saliências que venham a interromper o plano destinado ao posicionamento de móveis ou ao tráfego. Segundo McCurrich [1988], "o grau de planeza de um piso influenciará fortemente sua adequabilidade às condições de uso". Situações mais críticas de utilização do piso podem exigir limites mais rígidos do que as situações comuns que podem permitir pequenos desvios. Segundo a BS 8203 [BSI, 1987], "insistir em tolerâncias reduzidas pode resultar em elevados custos de produção, devendo-se ter em mente, ao especificá-las, o padrão exigido para o piso."

A planeza pode ser função do revestimento ou do substrato, sendo sensivelmente influenciada pelas características deste último, notadamente quando se trata de revestimentos de pequena espessura [Turaud, 1984], tais como os vinílicos e os têxteis que podem ter sua superfície marcada pelas irregularidades do substrato que, por sua vez, tem a planeza influenciada pelo tipo de agregado presente na sua composição (forma e diâmetro dos grãos), pelo acabamento superficial recebido quando da sua execução e pelas condições de exposição a que ficou submetido desde o seu término. No caso de revestimentos mais espessos tais como as pedras ou dos aplicados com camada de fixação espessa, a planeza é definida pelas característi-

cas da superfície do revestimento, sendo de menor importância as condições do contrapiso.

A verificação desta propriedade pode se dar com o auxílio de uma régua metálica colocada em repouso sobre a superfície do piso.

Observa-se, porém, que a bibliografia consultada apresenta diferentes maneiras para a avaliação da planeza superficial, indicando diferentes dimensões de réguas e limites de tolerâncias, sendo os principais colocados na tabela 2.2, a seguir.

TABELA 2.2: Extensões de avaliação e limites de tolerância para a planeza superficial.

	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS				
	BS 8203 [BSI, 1987, BS 8203]	Bring [1972]	DIN 18202 [DIN, 1986]		
EXTENSÃO DE AVALIAÇÃO (m)	3,00	2,00	0,1	1,0	4,0
TOLERÂNCIAS ADMITIDAS (mm)	3,0; 5,0 ou 10,0 (1)	1,0 a 5,0 (2)	2,0	4,0	10,0
			12,0	15,0	

(1) A BS 8203 define três categorias em função do padrão requerido para o piso;

(2) Bring define cinco classes de qualidade.

Ainda com relação à planeza, Bring [1972] afirma que em função da época em que seja executado o contrapiso e o revestimento de piso, a planeza final poderá ser alterada, principalmente em função da acomodação da estrutura. Daí, recomenda que, no planejamento da execução do piso, seja dada preferência à execução do revestimento o mais tarde possível, para que pequenas alterações no substrato possam ser corrigidas. Além disso, salienta que é possível haver a modificação da planeza de um determinado revestimento de piso em função da compatibilidade entre as condições de solicitação e da sua resistência mecânica superficial, devendo estes aspectos serem considerados ao se elaborar o projeto.

c) Regularidade superficial

Segundo Turaud [1984], esta propriedade está relacionada, principalmente, com os desníveis, saliências e irregularidades discretas que possam ocorrer de um ambiente a outro ou em um mesmo ambiente.

Os desníveis ou saliências são comuns, por exemplo, quando da separação entre ambientes secos e molháveis, em ralos mal posicionados, que ficam salientes em relação ao revestimento e em certos tipos de escada em que o espelho é recuado em relação ao piso. Tais detalhes construtivos devem ser devidamente especificados em projeto, devendo ser bem solucionados, de modo que não venham a se constituir em pontos de transtorno ao usuário.

Um ralo saliente à superfície do revestimento é fonte de sérios problemas, tanto em relação a possíveis acidentes que podem decorrer de tropeços sobre o mesmo, como em função da dificuldade de limpeza do ambiente em que se encontra, perdendo assim a sua função. Este é um ponto importante a ser verificado durante a execução das instalações e do próprio revestimento.

A separação entre áreas secas e molháveis é outro aspecto que pode e tem causado sérios problemas. Diversas visitas realizadas em obras permitiu identificar que tem sido comum a execução de ambas as áreas em um mesmo plano, eliminando-se o desnível entre as mesmas e portanto a tradicional soleira. A separação destas áreas vem sendo feita, então, por meio de um filete de pedra (mármore ou granito) saliente em relação à superfície do revestimento, para que a área seca não seja invadida pelas eventuais águas acidentais ou de lavagem das áreas molháveis.

Acredita-se que este detalhe construtivo, além de dificultar o tráfego, pode causar sérios acidentes, devido a possíveis tropeços, devendo-se evitá-lo, elaborando-se detalhes construtivos que não comprometam a segurança do usuário. Os ambientes secos e molháveis devem estar em planos distintos, sendo separados por um pequeno degrau devidamente demarcado por uma soleira, para que também este não venha a causar acidentes.

2.3.7.2 Comportamento quanto ao escorregamento

O comportamento do piso quanto ao escorregamento está relacionado ao coeficiente de atrito do revestimento, que por sua vez, é determinado pelas suas características superficiais [Turaud, 1984]. Segundo McCurrich [1988], a maioria dos testes realizados para verificar o comportamento do revestimento frente ao escorregamento, utiliza-se de medições do coeficiente de atrito do material quando seco e quando molhado.

Elder & Vandenberg [1977] afirmam que alguns revestimentos podem tornar-se deslizantes quando molhados, colocando em risco a segurança dos usuários, sendo este o caso, por exemplo, dos revestimentos cerâmicos esmaltados, principalmente os brilhantes, e das pedras polidas que, tendo a sua superfície molhada, tornam-se extremamente escorregadios, podendo causar sérios acidentes. Salientam, porém, que as características de segurança destes revestimentos podem ser melhoradas aplicando-se um tratamento superficial que lhes proporcionem maior aspereza.

Segundo a BSI [1972], revestimentos escorregadios devem ser evitados em áreas cuja presença de água possa se dar de maneira intensa e constante, tais como boxes de banheiro, sacadas, entrada de edifícios, escadas e rampas. Para estes locais, deve-se procurar empregar revestimentos que mesmo estando com sua superfície molhada não tenham seu coeficiente de atrito superficial reduzido, que, de modo geral, é uma propriedade obtida através de uma superfície rugosa ou que apresente uma microtextura adequada.

2.3.8 Conforto de Utilização

Entende-se o conforto de utilização como um requisito composto por vários outros dentre os quais pode-se destacar o conforto tátil, visual, acústico, higrotérmico e antropodinâmico, que estão relacionados diretamente aos sentidos humanos e, portanto, no caso do subsistema piso, o principal responsável pelo atendimento deste requisito é a camada de revestimento uma vez que se encontra em contato direto com o usuário.

O conforto tátil refere-se à sensação que se tem ao tocar um determinado revestimento, identificando se o mesmo é áspero ou liso, "frio" ou "quente", úmido, seco ou molhado. A diferenciação entre um piso áspero e liso pode ser feita em função de sua textura superficial, separando-os visualmente; entretanto a quantificação de "frio" ou "quente" é complexa de se realizar, pois a sensação da temperatura do piso depende das condições de troca térmica entre o usuário e o revestimento as quais, segundo Bring [1972], são influenciadas por uma série de fatores tais como: o clima; o sistema de refrigeração ou aquecimento; as correntes de ar; se a pessoa está caminhando, se está parada em pé ou sentada; se está ou não calçada; a capacidade de isolamento dos calçados; a temperatura do ar e do piso; as características higroscópicas do revestimento e ainda a difusividade térmica¹⁰ da camada de revestimento.

Buscando conhecer as características dos diversos tipos de revestimento no que se refere à sensação de calor transmitida ao usuário, o Deutsches Institut Für Normung - DIN, citado por Bring [1972], desenvolveu um ensaio que simula o pé de uma pessoa descalça, caminhando ou em repouso sobre o revestimento em estudo. Neste ensaio, um corpo com uma temperatura mais elevada que o revestimento é colocado em contato com o mesmo, sendo medido o calor transmitido do primeiro para o segundo, em um minuto (pessoa caminhando) e em dez minutos (pessoa sentada).

Baseado neste ensaio e considerando-se o tipo de calçado utilizado pelas pessoas e o tempo que permanece em contato com o piso, Bring [1972], propõe cinco classes de qualidade para os revestimentos, compreendendo desde um revestimento muito frio até um muito quente.

O NBRI [1973], avalia a sensação de calor transmitida pelos pisos através do coeficiente de inércia térmica "a", salientando que este valor pode variar em função das camadas constituintes do subsistema piso e do tempo de contato com o mesmo.

10 - O coeficiente de difusividade térmica ou coeficiente de inércia térmica é dado pela expressão $a = \sqrt{k/\rho c}$, onde "k" é a condutividade térmica, "p" é a densidade e "c" o calor específico do material de revestimento [NBRI, 1973].

Em função dos coeficientes de inércia térmica, apresentado pelo NBRI [1973], para diversos revestimentos e dos trabalhos de Elder & Vandenberg, [1977], pode-se propor uma classificação dos revestimentos usuais, segundo a sensação de calor que transmitem, comparativamente um ao outro, quando submetidos às mesmas condições ambientais. Esta classificação é apresentada na tabela 2.3, a seguir.

TABELA 2.3: Classificação comparativa entre os revestimentos usuais de piso, segundo a sensação de calor que transmitem.

REVESTIMENTOS		
"FRIOS"	LEVEMENTE OU MODERADAMENTE "FRIOS"	"QUENTES"
cimentado	de madeira	têxteis
metálico	vinílicos em mantas	
de pedra natural		
cerâmico		
vinílico em placas		

Segundo Turaud [1984], o conforto acústico do piso está relacionado tanto com o seu comportamento frente aos ruídos de impacto como aos ruídos ambientais.

O ruído provocado pelo impacto diz respeito ao piso como um todo, pois depende de todas as suas camadas. O impacto gera uma energia pontual, causando a vibração das camadas. A energia não dissipada neste processo pode retornar ou ser transmitida na forma de ondas sonoras. Assim, a capacidade de cada camada em absorver ou dissipar parte da energia provocada pelo impacto, vai determinar a intensidade do som que volta ao ambiente e a que é passada para os pavimentos inferiores. Quanto mais espessa a camada, quanto menor o seu módulo de elasticidade e menor a sua densidade, maior será a sua capacidade de dissipar a energia gerada e portanto, menor é o ruído que retorna ou transmite. Daí, que um sistema de piso que contenha uma camada constituída por materiais leves tais como a argila ex-

pandida e concreto celular, apresenta melhores características de isolamento acústico do que quando tal camada inexiste.

O ruído ambiental, isto é, os sons que se transmitem pelo ar, está intimamente relacionado com a camada de revestimento, notadamente com as suas características superficiais, que podem ser traduzidas pela sua textura, porosidade, densidade do material e arranjo das moléculas na superfície. Quando uma superfície é rugosa, ou seja, quando as moléculas estão desorganizadas superficialmente, as ondas de som se perdem, havendo maior absorção. Neste caso, pode-se considerar um material de baixa refletividade superficial. Assim, comparando-se um revestimento de pedra polida com um de pedra bruta pode-se dizer que o primeiro reflete mais o som aéreo para o ambiente que o segundo. Ao se comparar, porém, a pedra bruta com um revestimento de manta vinílica, por exemplo, tem-se que a refletividade deste é sensivelmente inferior, em função de sua baixa densidade superficial quando comparado com a pedra.

Turaud [1984] afirma, porém, que a contribuição do subsistema piso, seja qual for a camada de revestimento, não é significativa para o isolamento dos ruídos aéreos ou ambientais.

O conforto visual do piso está ligado à satisfação do usuário com aquilo que vê, portanto está intimamente relacionado ao seu revestimento e à relação deste com os demais elementos do ambiente tais como paredes, forro, esquadrias e móveis. Segundo Turaud [1984] o conforto está ligado à qualidade da superfície no que se refere à harmonia das cores e das dimensões dos componentes e à textura e regularidade superficiais; enfim, aos padrões estéticos, que podem variar de uma região à outra ou mesmo de uma época à outra. É, pois, uma característica subjetiva, de difícil avaliação. Acredita-se que ao se elaborar o projeto, deve-se buscar harmonizar o conjunto de revestimentos, empregando-se padrões atuais e, no decorrer do processo produtivo, deve-se buscar garantir a uniformidade das características do revestimento, tais como tonalidade da cor, textura, brilho, entre outras, de modo que o mesmo seja visualmente agradável.

Por último, entende-se o conforto antropodinâmico como sendo relacionado às características que o piso deve apresentar para atender aos requisitos dos usuários no que se refere ao conforto físico ao se deslocarem sobre o mesmo, assumindo maior importância quando se trata de locais como rampas e escadas, pois implica nas limitações de inclinações daquelas e nas dimensões dos degraus destas. É uma característica a ser considerada durante o projeto, dimensionando-se cada espaço, adequadamente em função da utilização do edifício.

2.3.9 Segurança Contra o Fogo

Pode-se dizer que ao se considerar a segurança contra fogo de elementos de vedação devam ser observados dois aspectos básicos: o isolamento do fogo, que depende da vedação como um todo e o risco de propagação, que depende essencialmente do revestimento.

O isolamento do fogo somente é possível enquanto a vedação mantiver a sua integridade física. No caso das vedações horizontais de edifícios de múltiplos pavimentos executado pelo processo convencional, esta característica depende em grande parte do comportamento estrutural da laje, uma vez que ela dá a sustentação ao conjunto. Em particular, a armadura da laje exerce grande influência, pois devido às elevadas temperaturas atingidas durante um incêndio, existe a tendência de inversão dos esforços atuantes na laje. Com isto, a armadura será solicitada de maneira distinta daquela prevista em projeto. Portanto, dependendo de uma série de condicionantes tais como: as considerações para elaboração do projeto, sua distribuição pela laje, as características do aço empregado, entre outras, a laje poderá atingir o colapso, não proporcionando o isolamento necessário.

A propagação do fogo por uma vedação está relacionada aos materiais presentes na sua superfície, portanto ao seu revestimento e ao potencial que este apresenta em dar início a um incêndio ou mesmo de propagá-lo ou ainda, de gerar gases tóxicos, caso o incêndio tenha se iniciado em outra parte do edifício.

Para alguns revestimentos esta propriedade é relevante, como é o caso dos de madeira ou daqueles à base de resinas orgânicas, como por exemplo, os vinílicos e os têxteis. A madeira apresenta um elevado risco tanto de dar início quanto de propagar o fogo em um edifício. Os revestimentos à base de resinas, apesar de apresentarem baixa velocidade de propagação devido às suas características de auto-extinção, alimentam o fogo, pois as elevadas temperaturas do incêndio fazem com que entrem em combustão gerando mais calor e fumaça, liberando gases tóxicos, sendo que a toxicidade afeta a segurança contra o fogo essencialmente por provocar tonturas, desmaios e dificuldades de fuga. Assim, quando do emprego destes revestimentos, uma série de cuidados devem ser observados, principalmente no que se refere às questões de ventilação local, equipamentos de proteção, possibilidades de abandono do edifício, entre outras.

Os revestimentos, tais como cerâmicos e pedras, apresentam um adequado comportamento frente à propagação do incêndio, pois além de não o iniciarem, não o alimentam. E, acrescentando massa ao conjunto da vedação, auxiliam também no isolamento do conjunto.

2.3.10 Durabilidade

A durabilidade, segundo a ISO 6241 [ISO, 1984], pode ser entendida como "a capacidade que uma parte ou um componente do edifício apresenta em manter o desempenho de suas funções ao longo do tempo". Este conceito pode ser aplicado ao subsistema piso, observando-se porém, que é uma propriedade de difícil equacionamento uma vez que depende da correta definição das condições de utilização, da adequação do projeto ao uso e da adoção de corretos procedimentos de execução, para que as diversas camadas sejam compatíveis entre si e com as especificações de projeto [Turaud, 1984].

Assim, entende-se que na fase de projeto devem ser adequadamente definidos os materiais a serem empregados em cada camada, de modo que sejam compatíveis entre si e de maneira a compatibilizar o piso resultante com as condições de exposição a que estará sujeito ao longo de sua vida útil. Devem estar definidos ainda, os procedimen-

tos de execução a serem adotados para que seja obtido o produto desejado.

Na fase de execução, tais procedimentos deverão ser devidamente observados, devendo-se verificar cada etapa através de uma metodologia de controle de produção; enquanto na fase de utilização deverá haver compatibilidade entre os condicionantes que originaram o piso e as condições de exposição a que o mesmo estará submetido a fim de que não venha a ser condenado por um uso inadequado. Além disto, nesta fase, deve ser implementado um programa de manutenção periódica a fim de que possíveis problemas possam ser rapidamente detectados não vindo a comprometer o desempenho do conjunto.

Os principais fatores que podem comprometer a durabilidade do piso são:

- movimentações de origem higroscópica, térmica ou impostas por outros agentes externos que possam causar fissuração e destacamento do revestimento ou desagregação das demais camadas;
- utilização de camada de fixação incompatível com o substrato ou revestimento, podendo causar o destacamento ou manchamento deste último;
- cultura e proliferação de microorganismos que possam provocar manchas ou mesmo destruir progressivamente os revestimentos;
- alteração na cor devido a incidência de radiação ultravioleta;
- queda de objetos pontiagudos que possam marcar ou mesmo desagregar determinados tipos de revestimentos;
- utilização inadequada com relação ao uso previamente definido, como por exemplo, movimentação de cargas pesadas em locais projetados para circulação de pedestres;
- limpeza com produtos inadequados e

- manchas devido à ação do fogo (pontas de cigarro, por exemplo), que podem ocorrer, principalmente, no caso dos revestimentos têxteis e vinílicos.

O desempenho da vedação horizontal, incluindo aqui a sua estética, depende da durabilidade do piso, notadamente da sua camada de revestimento. Assim, coloca-se como imprescindível a necessidade de elaboração de um projeto construtivo e de um efetivo controle de qualidade de todo o processo produtivo do piso, buscando-se, com estes procedimentos, garantir que o mesmo apresente todas as propriedades abordadas anteriormente, e conseqüentemente uma durabilidade compatível com a vida útil esperada.

2.4 O CONTRAPISO COMO PARTE INTEGRANTE DO SISTEMA PISO

O contrapiso, no início do século conhecido como camada de regularização, recebe hoje diferentes definições. A BS 8203 [BSI, 1987] define o contrapiso ("screed") como sendo "uma camada de material bem compactado, comumente uma mistura de cimento e agregado fino, aplicado no local sobre a base, com espessura apropriada e completamente acabado para receber o revestimento a ser aplicado, permitindo-lhe permanecer no nível determinado.". A DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1], por sua vez, define contrapiso ("estriche") como "um componente lançado sobre uma base suporte ou sobre uma camada intermediária de separação ou isolamento, que pode ser diretamente utilizado ou provido de um revestimento.".

Tomando-se as duas definições anteriores, observa-se que existem conceitos divergentes quanto ao contrapiso poder ou não ser utilizado como camada de acabamento do piso.

Entende-se que para que o contrapiso possa ser considerado camada final do piso, ou seja, a superfície de desgaste, os requisitos de desempenho deverão ser sensivelmente diferentes daqueles necessários para o caso de vir a receber o revestimento. O contrapiso para receber revestimento e o "piso acabado" são, portanto, dois elementos distintos do sistema, devendo ser tratados independentemente.

Portanto, nesta dissertação, o contrapiso não será considerado como uma possível camada de acabamento do conjunto.

Entretanto, considerando-se o atual estágio de desenvolvimento tecnológico da construção civil no Brasil, entende-se que pode existir uma fase entre a execução do contrapiso e a aplicação da camada de acabamento, em que a superfície daquele seja mais solicitada, do que durante a sua vida útil, devendo, portanto, apresentar características adequadas a esse período de solicitações mais intensas, caso não seja adequadamente protegido como recomendado por diversos organismos de pesquisa estrangeiros. Assim, para fins deste trabalho o contrapiso é definido como:

"um elemento do subsistema piso constituído por uma ou mais camadas de material, lançado sobre uma base (laje estrutural) ou sobre uma camada intermediária (de impermeabilização ou de isolamento termo-acústico), devendo apresentar características como espessura, regularidade superficial, resistência mecânica, compacidade e durabilidade adequadas ao atendimento de suas funções, cujas principais são: possibilitar o recebimento do revestimento de piso; transmitir à laje suporte as cargas de utilização; proporcionar os desníveis necessários entre ambientes contíguos e a declividade nas áreas molháveis e permitir o eventual embutimento de instalações.

Estas funções serão abordadas a seguir, sendo que as características que o contrapiso deverá apresentar para desempenhá-las adequadamente serão discutidas na sequência.

2.4.1 Regularização da Base

A necessidade do atendimento desta função é que praticamente induziu o aparecimento do contrapiso. A regularização da base está relacionada à possibilidade de se ter um substrato com características superficiais adequadas à aplicação de revestimentos simplesmente lançados ou fixados empregando-se camada de aderência de re-

duzida espessura, como é o caso, por exemplo dos revestimentos têxteis, parquês, mantas e placas vinílicas, entre outros.

As atuais condições de produção da laje estrutural, de modo geral, não possibilitam a obtenção da regularidade superficial necessária, exigindo assim, a sua regularização pela aplicação de uma camada que proporcione o acabamento requerido. Ao longo do tempo, porém, a regularização superficial vem sendo confundida com a dissimulação dos defeitos originados tanto na fase de execução da laje estrutural como durante o período em que fica exposta até o recebimento do contrapiso, o que vem comprometendo seriamente o desempenho do subsistema piso.

Tendo em vista os componentes de revestimentos usualmente empregados nos edifícios em estudo e as suas respectivas técnicas de execução, é comum o emprego generalizado da camada de contrapiso. Em função disto, observa-se que existe a tendência de se transferir para este, problemas que deveriam ter sido sanados ou nem mesmo terem ocorrido durante a execução e uso da laje, sendo os mais comuns:

- o inadequado desempenho da superfície da laje durante a concretagem, resultando na formação de sensíveis saliências e depressões;
- as deformações excessivas em função da desforma antecipada ou mesmo por deficiências de projeto, provocando depressões acentuadas nas lajes e
- danos provocados pela queda de ferramentas e equipamentos ou pelo trânsito de equipamentos pesados, entre outros.

Conceitualmente, a regularização da base não se destina a corrigir estes tipos de falhas, que podem ser evitadas na fase de produção da laje e por um maior cuidado no período em que está exposta. Deve-se ter como premissa que a laje seja executada segundo adequados procedimentos, de forma que se possa obter os níveis e as características superficiais definidos em projeto e que seja adequadamente protegida enquanto exposta.

Com a laje corretamente produzida, o contrapiso poderá ser empregado apenas para proporcionar a planeza e as condições superficiais necessárias ao recebimento dos revestimentos que irá receber, como recomenda o CSTB [1982].

2.4.2 Transmissão das Cargas de Utilização à Laje

A resistência estrutural do subsistema vedação horizontal é função da laje. Entretanto, ela não recebe diretamente os esforços, uma vez que estes agem na camada de acabamento do piso. Portanto, os mesmos devem ser transmitidos pelo conjunto do revestimento até atingir o componente estrutural. Esta transferência, segundo o CSTB [1982], é uma das principais funções do contrapiso, e segundo Elder & Vandenberg tem maior relevância quando a camada de acabamento é constituída por revestimentos flexíveis, pois nestes casos, as ações incidentes na camada de acabamento são imediatamente passadas para a camada de contrapiso que deve apresentar capacidade de absorver deformações compatível com o nível das solicitações, transferindo-as à laje estrutural sem sofrer danos ao longo de sua espessura.

2.4.3 Declividade de Áreas Molháveis

Além de proporcionar características superficiais adequadas ao recebimento da camada de acabamento, o contrapiso pode ser empregado também para proporcionar as declividades necessárias às áreas molháveis, a fim de que as possíveis águas de lavagem ou acidentais possam ser adequadamente conduzidas às instalações de esgoto [Elder & Vandenberg, 1977].

Esta função também decorre do emprego de camadas de fixação de reduzida espessura, que não permite a correção no nivelamento do substrato a fim de proporcionar-lhe as declividades necessárias.

2.4.4 Desníveis Entre Ambientes

Esta função ganhou relevância com o desenvolvimento da construção de edifícios de múltiplos pavimentos e também com a diversidade de

materiais de revestimento disponíveis no mercado. Os procedimentos empregados para a construção do edifício pelo processo convencional prevêm, de modo geral, a execução da laje de todo o pavimento em cota única. Em decorrência disto, fica sob a responsabilidade do contrapiso compatibilizar os níveis e proporcionar os desníveis necessários entre os diversos ambientes.

Quando ocorrem diferentes espessuras dos componentes da camada de acabamento e da camada de fixação em ambientes contíguos, pode ser necessário espessuras diferenciadas de contrapiso, a fim de que o nível do piso acabado seja único. Isto se dá, por exemplo, quando um ambiente é revestido com tábuas corridas fixadas sobre barrotes, contíguo a outro revestido com manta têxtil. Além disso, pode haver a necessidade de níveis diferenciados entre ambientes secos e molháveis a fim de confinar as águas de lavagem ou acidentais [Elder & Vandenberg, 1977; CSTB, 1982].

A correta definição dos níveis do contrapiso nos diversos ambientes pode interferir em outras atividades de produção do edifício, como por exemplo, no posicionamento de batentes; na altura de interruptores, tomadas e pontos de água e ainda na própria definição dos níveis da laje que, em determinadas situações, pode ser rebaixada ou ressaltada, a fim de que sejam obtidas espessuras reduzidas para o contrapiso.

Acredita-se que essas interferências serão detectadas somente a partir da elaboração de um projeto para produção do contrapiso, inexistente nos dias atuais, o qual deve ser elaborado assim como o projeto estrutural do edifício, por exemplo.

2.4.5 Embutimento de Componentes de Instalações - tubulações, dispositivos e pontos de utilização

A partir de observações realizadas em obras executadas pelo processo convencional, verificou-se que o contrapiso vem sendo utilizado com esta finalidade, no caso dos edifícios destinados à habitação, apenas quando alguma tubulação não é embutida na laje, anteriormente à sua concretagem, seja por esquecimento ou por alte-

rações posteriores no projeto. No caso de edifícios destinados a escritórios, consultórios, entre outros, vem se tornando prática recente a passagem dos elementos de instalações pelo contrapiso, principalmente os elétricos e de comunicação.

Nos países estrangeiros, porém, é usual a utilização do contrapiso para o embutimento de diversas instalações. Segundo Baud [s.d.], é freqüente o uso do contrapiso para fixar "os tubos de desagüamento dos aparelhos sanitários, os condutores elétricos, os tubos de chegada de água, da calefação, etc.". Salienta, porém, que a colocação desse tipo de tubulação no contrapiso pode levar a danos no revestimento, recomendando-se que a camada de contrapiso deva ser aumentada, de modo a que as tubulações fiquem cobertas por pelo menos 2,0 cm de argamassa.

Elder & Vandenberg [1977], por sua vez recomendam que apenas as tubulações elétricas ou de comunicação sejam embutidas no contrapiso, sendo cobertas pelo revestimento ou mesmo ficando à vista, utilizando para isto calhas especiais. O CSTC [1966], por sua vez, salienta que principalmente em relação às tubulações metálicas deve-se evitar o posicionamento interno ao contrapiso, em função da possibilidade de corrosão. Comenta ainda que se for inevitável o posicionamento de qualquer tubulação no contrapiso, isto deve ser executado tomando-se o cuidado em utilizar calhas para passagem das tubulações, devidamente protegidas contra possíveis choques. Esses cuidados são recomendados também pelo BRE [1988]. Schild et al. [1981] observam que no caso de contrapisos flutuantes (abordados no item 2.6.2.3) não se recomenda embutir as instalações no contrapiso. Caso elas não possam passar por outro componente, deverá ser produzida uma camada de enchimento específica para o seu embutimento e sobre esta executar o contrapiso flutuante.

A utilização do contrapiso para se embutir determinadas tubulações pode ser técnica e economicamente viável, pois permite retirar a execução das instalações da etapa de produção da laje transferindo-a para uma fase posterior. Entretanto, esta técnica exige que se tenha um rigoroso controle de execução das instalações, principal-

mente quando estas não estão condicionadas em calhas apropriadas, que permitam a fácil manutenção do conjunto.

Acredita-se, porém, que nos casos em que seja possível a execução do contrapiso em espessuras reduzidas, não seja vantajosa a passagem de tubulações pelo mesmo, pois isto implicaria em maior espessura da camada e portanto em maiores custos de materiais e mão-de-obra. De qualquer modo, todas as interferências e possibilidades devem ser avaliadas levando-se em conta as suas particularidades, lembrando que sempre existem pontos positivos e negativos que cercam uma decisão e, para que esta seja tomada, faz-se necessário que todos os fatores sejam considerados.

2.4.6 Funções Secundárias

Além das funções anteriormente abordadas, intrínsecas ao contrapiso, eventualmente, ele poderá ser solicitado a auxiliar a vedação horizontal a cumprir as suas funções, por exemplo quanto ao isolamento térmico e acústico e à segurança contra o fogo [BRE 1977; CSTB, 1982].

Por acrescentar espessura à laje, o contrapiso é um elemento que de maneira geral auxilia no isolamento térmico e acústico entre pavimentos. Entretanto, apenas em situações muito específicas tal propriedade lhe será exigida. Nestes casos, deverá ser lançado mão de recursos próprios para este tipo de solicitação, como o emprego de camadas de isolamento térmico ou acústico, conforme as necessidades.

No que se refere à segurança contra o fogo, o contrapiso poderá vir a ser solicitado, principalmente quando a laje for constituída por componentes metálicos, cuja resistência a elevadas temperaturas é baixa. Neste caso, a resistência ao fogo apresentada pela camada de contrapiso poderá auxiliar na resistência do conjunto, aumentando o tempo possível para a evacuação do edifício [Elder & Vandenberg, 1977].

2.5 PROPRIEDADES DO CONTRAPISO

As funções atribuídas ao contrapiso vêm se diversificando. Neste sentido, a influência do contrapiso no desempenho global do subsistema piso tem se tornado fundamental. Entretanto, observa-se que tal influência não tem sido considerada, principalmente porque não se tem condições de avaliar até que ponto o contrapiso está sendo solicitado e quais os requisitos de desempenho que dele se pode esperar frente às solicitações impostas.

Acredita-se que, enquanto os parâmetros para determinar as propriedades mais importantes e a real participação do contrapiso no subsistema piso não estiverem sistematizadas, ele continuará a ser produzido de maneira empírica e equivocada, pois não se conhecendo as propriedades relevantes, os técnicos acabam por confundir o contrapiso com a própria laje estrutural, atribuindo-lhe a única característica que avaliam ser fundamental no desempenho do piso: a segurança estrutural e, conseqüentemente, a resistência do conjunto, que na realidade é função da laje.

As características de resistência estrutural, na realidade, devem dar lugar a outras mais relevantes, dentre as quais pode se destacar a resistência mecânica e de aderência, a capacidade de absorver deformações, as condições superficiais e a durabilidade, abordadas a seguir.

2.5.1 Resistência Mecânica

Esta propriedade pode ser entendida como a capacidade do contrapiso manter a sua integridade física quando solicitado pelas diversas ações. Segundo Pye [1984], a integridade do contrapiso ("soundness"), envolve uma série de propriedades tais como as resistências ao desgaste superficial por abrasão, ao choque, ao punção, à tração, à compressão bem como a de aderência e pode se dizer que é o resultado da soma de diversos fatores como: adequabilidade dos materiais; definição da composição, dosagem e produção da argamassa e características de produção do contrapiso.

Assim, o projeto e a produção do contrapiso deverão desenvolver-se de maneira tal que os requisitos de desempenho, impostos pelas condições de solicitação a que estará submetido ao longo de sua vida útil, sejam atendidos, sendo que a primeira fase de utilização ocorre quando da obra em andamento, antes da execução da camada de acabamento do revestimento de piso; a segunda com a fixação da camada de revestimento e a terceira com o período de utilização do edifício.

2.5.1.1 Resistência ao desgaste superficial por abrasão

Esta propriedade é característica da primeira fase de utilização do contrapiso, cujas solicitações, de maneira geral, têm origem no trânsito de operários e equipamentos, remoção de detritos ou entulho, entre outras. É, pois, uma propriedade que se refere, especificamente, às condições de produção do contrapiso no Brasil, em que, ainda que por um período limitado, pode ser solicitado como uma superfície de desgaste. Tal propriedade não é abordada pela bibliografia estrangeira, a menos quando admitem ser o contrapiso superfície acabada; porém, neste caso as exigências são muito rigorosas, podendo apenas serem adaptadas aos objetivos do presente trabalho, pois entende-se que, em função da realidade nacional, é importante proporcionar ao contrapiso resistência superficial suficiente para absorver as solicitações durante este período.

Hehl [1987] apresenta uma metodologia de ensaio para revestimentos de piso em argamassa de cimento, referindo-se portanto a uma superfície de desgaste. O ensaio proposto é análogo ao que se faz com corpos de prova de componentes cerâmicos, classificando as diversas amostras segundo os critérios propostos pelo Deutsches Institut Für Normung (DIN), para a classificação de pisos industriais.

Acredita-se que seria possível a adaptação de tal método, para testes de contrapiso, colocando-se como ressalva, porém, os cuidados que devem ser observados para a produção dos corpos de prova a serem ensaiados. Estes devem ser extraídos do contrapiso executado em obra, pois a confecção de amostras específicas para ensaio, de

modo geral, não reproduz as reais condições de produção, podendo levar a resultados enganosos.

No CPqDCC-EPUSP, o grupo envolvido com as pesquisas sobre revestimentos de piso, do qual o autor faz parte, está desenvolvendo um equipamento para que se possa avaliar a resistência à abrasão da camada de contrapiso e também da de revestimento, utilizando-se amostras ou realizando-se ensaios no local. O trabalho de pesquisa, porém, está numa fase inicial das investigações para que se possam determinar os parâmetros necessários à especificação deste requisito de desempenho para diferentes tipos de contrapiso e de revestimentos.

2.5.1.2 Resistência ao choque e ao puncionamento

O choque e o puncionamento são solicitações a que o contrapiso poderá estar sujeito em qualquer fase de utilização do subsistema piso. Na fase de obra estes esforços podem ocorrer devido à queda de ferramentas, posicionamento de equipamentos e andaimes. Após a execução do revestimento, o contrapiso poderá sofrer este tipo de ação, principalmente quando se tratar de revestimentos finos, em função da queda de objetos, posicionamento de móveis e equipamentos, entre outros.

Existem diferentes propostas para se avaliar o comportamento do contrapiso frente a este tipo de solicitação. A DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] propõe uma avaliação a partir da resistência à compressão apresentada por corpos de prova produzidos com a mesma argamassa do contrapiso; enquanto a BS 8203 e 8204 [BSI, 1987] propõe o emprego do "screed tester" (aparelho para ensaio do contrapiso), desenvolvido pelo BRE e descrito por Pye & Warlow [1978], que consiste de um cilindro que caindo de uma altura pré-determinada deixa uma marca na superfície do contrapiso. A profundidade da marca indica as características de integridade deste elemento, quando sujeito a solicitações diversas. A utilização deste ensaio, como um mecanismo de avaliação de desempenho do contrapiso executado, é abordada no item 3.3, do capítulo 3.

2.5.1.3 Resistência à compressão, tração e cisalhamento

As solicitações que dão origem às tensões de tração, compressão e cisalhamento podem ocorrer em qualquer fase da vida útil do contrapiso.

Durante a fase de colocação do revestimento, por exemplo, estes esforços podem ser facilmente originados, em função das características daquele e da camada de ligação entre as duas superfícies. Ao se utilizar revestimentos de piso fixados com adesivos de contato desenvolvem-se na superfície do contrapiso, tensões de tração e cisalhamento de considerável intensidade, exigindo, também neste caso, grande resistência superficial. Quando se utiliza revestimentos fixados com dispositivos tais como a madeira assentada com parafusos, por exemplo, muitas vezes, em função de um possível empenamento do revestimento, um esforço de desagregação é introduzido no contrapiso nos locais das buchas, devendo este ser capaz de resistir a esta solicitação, sem que ocorra o desprendimento da camada de acabamento.

Aplicado o revestimento de piso, tem-se a fase de utilização propriamente dita, quando o conjunto sofrerá ações devido ao trânsito de pessoas, posicionamento de móveis, etc. que na maioria das vezes implicam em esforços de compressão e punção no conjunto. Estes esforços, atuantes inicialmente no revestimento, serão transmitidos ao contrapiso, que deverá apresentar as características necessárias de resistência mecânica de modo a passá-los para a laje, sem sofrer danos. Essas características estão relacionadas com a sua capacidade de absorver deformações, abordada a seguir.

Um tipo de solicitação importante nesta fase, está relacionada, principalmente, a edifícios com atividades comerciais, em que a incidência de cadeiras com rodízios é considerável. Nestes casos, os revestimentos finos, tais como os carpetes e forrações, comumente utilizados, pouco resistem aos esforços introduzidos pelas cadeiras, transferindo-os de maneira pontual diretamente ao contrapiso, que deverá apresentar características mecânicas adequadas para não desagregar, o que implicaria em sérios danos ao sistema. Neste

caso, acredita-se que uma propriedade muito importante do contrapiso deverá estar presente: a compacidade, a qual pode ser entendida como a relação entre o volume de vazios presentes no contrapiso e o seu volume total. Quanto menor o volume de vazios, mais compacto será o contrapiso e portanto mais apto a resistir aos esforços de esmagamento. A compacidade é função das características e do proporcionamento dos materiais utilizados na argamassa e da técnica de execução do contrapiso.

Vale salientar, então, que a obtenção de elevadas resistências não depende apenas de um consumo elevado de aglomerante, mas antes de tudo relaciona-se à escolha adequada de todos os constituintes da argamassa, a correta dosagem entre eles, à técnica de aplicação e às condições da base antes do lançamento da argamassa.

2.5.2 Resistência de Aderência

Esta propriedade, abordada para o subsistema piso como um todo (item 2.3.2) sofre sensível influência das características do contrapiso, pois na maioria dos casos, é a camada que está posicionada entre a laje estrutural e a camada de revestimento.

Assim, quando a aderência entre as diversas camadas do subsistema piso é requerida para o seu adequado desempenho, o contrapiso torna-se um componente de fundamental importância.

Existem certos casos em que não é necessário a aderência entre o contrapiso e a base, sendo esta uma característica dos contrapisos não aderidos e flutuantes, abordados no item 2.6, a seguir.

As características de ligação entre o contrapiso e o revestimento de piso são decorrentes dos tipos de materiais de união utilizados na camada de fixação e das condições das superfícies de contato, sendo que as condições superficiais do contrapiso serão abordadas no item 2.5.4.

O mecanismo de aderência entre a base e o contrapiso, por sua vez, é decorrente da existência de continuidade da pasta que penetra nos

poros da base e da pasta que fica incorporada à argamassa de contrapiso, ocorrendo portanto, uma ancoragem mecânica por meio da formação de pequenas cunhas internas aos poros, devido à precipitação de hidróxidos de cálcio e de géis do cimento, presentes na pasta aglomerante [Sabbatini, 1984].

É comum, porém, para a execução do contrapiso, a utilização de argamassas com baixo teor de água, as denominadas "argamassas secas". Neste caso, segundo a DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1], a aderência, quando necessária, será garantida somente com a utilização de uma correta técnica de execução que prevê, além do adequado preparo da base, a aplicação de uma ponte de aderência¹¹ sobre a mesma, anterior ao lançamento da argamassa, devido à deficiência de pasta na argamassa seca.

Existem diversos materiais que podem ser utilizados com esta função destacando-se, por exemplo, a nata de cimento, espalhada sobre a base imediatamente antes do lançamento da argamassa de contrapiso, conforme indicam a BS 8203 e 8204 [BSI, 1987]. A técnica de execução proposta e as justificativas de seu emprego estão apresentadas no item 3.2, do capítulo 3.

Cabe observar que ao se trabalhar com uma argamassa de baixo teor de água, mesmo utilizando-se de um elevado consumo de cimento na argamassa, melhora-se muito pouco a capacidade de aderência, caso a base não esteja corretamente preparada, não compensando o elevado consumo utilizado.

2.5.3 Capacidade de absorver deformações

Como um componente do subsistema piso o contrapiso estará sujeito a diversas solicitações que lhe provocarão o aparecimento de tensões de tração, compressão e cisalhamento, que deverão ser absorvidas ou dissipadas através de sua deformação, sem desagregar-se, sem apresentar um estado de fissuração acentuado e sem perder a sua aderên-

11 - Define-se ponte de aderência como a camada ou meio que propicia melhor união entre o contrapiso e a base ou mesmo entre diversas camadas do contrapiso [DIN, 1981-parte 1].

cia com a base, quando esta for necessária; ou seja, sem apresentar danos que possam comprometer o seu funcionamento.

A capacidade de absorver deformações de uma argamassa, é inversamente proporcional ao teor de aglomerante na sua constituição [Sabbatini, 1984]. Daí ser necessário analisar cada situação em particular, pois nos casos em que o contrapiso esteja sujeito a solicitações que causem elevadas deformações, a utilização de argamassas mais fracas em teor de aglomerante poderá ser benéfica, desde que respeitados os limites das demais propriedades, principalmente no que se refere à sua resistência mecânica. Assim, deve haver um equilíbrio entre o consumo mínimo de aglomerante e a resistência mecânica necessária para responder às solicitações previstas. Este equilíbrio é obtido com uma adequada composição e dosagem dos materiais constituintes da argamassa, bem como da aplicação de uma adequada técnica de execução [Schild et al., 1981].

2.5.4 Condições Superficiais

Reúnem-se nesta propriedade os aspectos relativos ao nivelamento, planeza, regularidade, textura, porosidade e limpeza da superfície do contrapiso, apresentados a seguir.

2.5.4.1 Nivelamento, planeza e regularidade superficiais

Estas propriedades, abordadas para o subsistema piso no item 2.3.7.1, estão diretamente relacionadas à camada de contrapiso, principalmente ao se considerar que atualmente a maioria dos revestimentos são aplicados por meio de reduzidas camadas de fixação, não permitindo que as mesmas sejam obtidas nesta fase de execução.

Assim, o contrapiso deverá apresentar nivelamento ou declividade, planicidade e regularidade superficial adequadas ao recebimento dos revestimentos de piso especificados para cada ambiente. Portanto, as exigências para estas propriedades diferem em função dos materiais de revestimento e das características dos ambientes em que o piso for executado. E, de modo geral, a bibliografia estudada in-

dica, para o contrapiso, os mesmos critérios de verificação destas propriedades empregados para os revestimentos de piso.

2.5.4.2 Textura, porosidade e limpeza superficiais

A textura e a porosidade superficiais interferem tanto nas características de planeza do contrapiso quanto no desempenho da sua ligação com o revestimento.

A ligação contrapiso-revestimento é influenciada, em especial, pelas características de porosidade do contrapiso, principalmente quando a camada de fixação for do tipo argamassa, seja ela convencional ou adesiva, pois neste caso, a ligação se dá por aderência mecânica, ou seja, a pasta presente na camada de fixação deve penetrar tanto na superfície do contrapiso quanto na do revestimento, unindo-os. Nos casos em que a ligação se faz por meio de adesivos à base de resinas, a união de ambos se dá por adesão química, sendo que a intensidade desta é influenciada pela compatibilidade entre a viscosidade do adesivo e a porosidade da superfície. Para os adesivos usuais tem-se que a intensidade de união tende a aumentar quanto menor a porosidade das superfícies em contato.

A porosidade superficial do contrapiso é influenciada pelas características dos agregados, pela relação aglomerante/agregado e pela técnica de execução empregada na produção do contrapiso, sobretudo na sua camada superficial. Segundo Schild et al. [1981] a forma do agregado influencia no acabamento superficial, sendo que para a obtenção de uma superfície mais uniforme recomendam o emprego de areia lavada, com grãos arredondados.

A textura superficial, além de interferir nas características de planeza do contrapiso, interfere no consumo de material da camada de fixação, principalmente no caso dos adesivos. Pode variar de lisa à áspera, com diferentes graus de rugosidade, que é determinado pela granulometria dos materiais constituintes e pela técnica de acabamento da superfície do contrapiso [BRE, 1977]. Decorre daí que a textura superficial é também responsável pela regularidade

final dos revestimentos de pequena espessura, como anteriormente salientado.

Ainda com relação às condições superficiais, deve ser considerada a limpeza da superfície. Este fator, segundo a BS 8204 [BSI, 1987] interfere na aderência entre o contrapiso e o revestimento de piso pois, em função do tipo de material utilizado na camada de ligação, pode ser que a aderência não se efetive, como é o caso da utilização de adesivos à base de resinas sobre superfícies com grãos soltos, em que a sua presença impede a união das partes.

2.5.5 Durabilidade

A durabilidade do contrapiso, entendida como a capacidade de manter o desempenho de suas funções ao longo do tempo, é difícil de ser avaliada, pois decorre da inter-relação de todas as propriedades anteriormente abordadas, com as condições de solicitação e de exposição a que o contrapiso ficará submetido durante a sua vida útil.

Um contrapiso executado no início de uma obra, que não seja protegido do trânsito de pessoas e equipamentos, poderá estar sujeito a um elevado nível de solicitações. Decorre daí, a necessidade de determinadas características que não seriam exigidas caso fosse protegido ou executado ao final da obra.

A durabilidade é, pois, definida pela adequação das características de produção do contrapiso com as condições de solicitação a que estiver sujeito. Deve, portanto, ser adequadamente projetado a fim de que possa responder às ações impostas sem sofrer danos que prejudiquem o seu desempenho.

Em sendo adequadamente projetado, isto é, tendo os materiais e as técnicas de execução corretamente especificados, compatíveis com os revestimentos a serem utilizados e com as possíveis solicitações e sendo acompanhadas as etapas de produção de modo que ocorram segundo as recomendações de projeto, é possível obter um contrapiso em que a durabilidade atenda às necessidades do conjunto.

2.6 CARACTERIZAÇÃO DOS TIPOS DE CONTRAPISO

Considerando-se os procedimentos usualmente empregados na produção do contrapiso pelo processo convencional, no Brasil, pode-se concluir que o único tipo existente é aquele produzido a partir de uma argamassa de cimento e areia lavada, lançado sobre a laje ou base, recebendo um acabamento superficial por meio de sarrafeamento e desempeno com madeira.

Ocorre, porém, que a realidade brasileira é pobre no que se refere às opções técnicas para a produção deste elemento. Assim, para qualquer situação de uso, característica da base e ou funções que exercerá, o contrapiso é executado, invariavelmente, com os procedimentos anteriormente citados. Isto decorre, naturalmente, da falta de conhecimento dos recursos existentes, pois em países em que a evolução construtiva galgou patamares mais elevados, são diversos os tipos de contrapisos empregados na construção de edifícios, em função de específicas condições de utilização.

Tendo em vista esta realidade, busca-se, neste item, apresentar e caracterizar os tipos usualmente empregados. E, para melhor compreensão dos distintos tipos de contrapiso, os mesmos serão classificados em função do número de camadas que os constituem, da sua aderência com a base e dos materiais utilizados na sua produção.

2.6.1 Classificação Segundo o Número de Camadas

Esta classificação é feita considerando-se a possibilidade de execução do contrapiso em uma ou mais etapas, podendo-se utilizar, ainda, camadas de diferentes composições, resultando daí, o contrapiso de camada única e o de múltiplas camadas.

2.6.1.1 Contrapiso de camada única

A DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] define contrapiso de camada única como sendo "aquele lançado na espessura requerida, em uma única operação de trabalho."

Entretanto, observações realizadas em obras, permitiram identificar que, muitas vezes, para facilitar a operação de espalhamento do material, a execução do contrapiso é feita pelo lançamento de duas camadas imediatamente consecutivas, utilizando-se a mesma argamassa, que acaba se incorporando à anterior. Assim, acredita-se que também este tipo possa ser considerado de camada única. E portanto, para efeito deste trabalho o contrapiso de camada única será entendido como:

"aquele constituído por um só tipo de argamassa, que pode ser lançada em uma ou mais operações, desde que imediatamente consecutivas, de forma que a argamassa lançada posteriormente se incorpore completamente à anterior, sem que exista uma superfície de separação entre ambas".

2.6.1.2 Contrapiso de múltiplas camadas

Segundo a DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1], este contrapiso é lançado em diversas camadas, de forma que cada nova camada se incorpore à anterior.

O CSTC [1966] define este contrapiso como sendo executado a partir de duas camadas de composição distinta: uma inferior ou de fundo, cuja espessura pode variar de 20 a 50 mm; e uma superior ou de acabamento, cuja espessura varia de 15 a 20 mm, nada comentando acerca da ligação entre ambas.

Considerando-se ambas as definições e a realidade nacional, para os fins deste trabalho, pode-se caracterizar o contrapiso de múltiplas camadas como sendo:

"aquele constituído por um ou mais tipos de argamassas, lançadas em duas ou mais operações, de maneira a constituir uma camada de fundo ou de enchimento e uma camada superior ou de regularização, caracterizando uma superfície de separação entre as camadas consecutivas".

2.6.2 Classificação Segundo a Aderência

Esta classificação leva em conta a intensidade de ligação entre o contrapiso e a base. Considera-se a efetiva ligação quando o contrapiso estiver integrado à laje, de modo que os esforços atuantes e as deformações sejam, garantidamente, transferidas de um elemento para o outro. Assim, considerando-se esta propriedade, pode-se definir três tipos de contrapiso: aderido, não aderido e flutuante.

2.6.2.1 Contrapiso aderido

Segundo a DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1], considera-se aderido o contrapiso efetivamente integrado à base. Entende-se assim, que seja aquele em que há um contato efetivo com a laje, de modo a garantir-se a transmissão das ações estáticas e dinâmicas.

Segundo o BRE [1977] e o CSTB [1982] o contrapiso aderido pode ser obtido de duas maneiras: incorporado (monolítico) à laje ou construído posteriormente à laje.

O contrapiso incorporado deve ser executado imediatamente depois da construção da laje, com um intervalo máximo de até 3 horas após o lançamento do concreto. Esta técnica de execução permite que a laje e o contrapiso sequem juntos, diminuindo o potencial de retração diferencial na secagem e conseqüentemente os problemas de fissuração do contrapiso, permitindo, além disto, o emprego de espessuras mínimas de argamassa que segundo o BRE [1977], podem variar de 10 a 25 mm.

O BRE [1977] recomenda que nos casos em que seja necessário contrapisos de espessuras superiores, deve-se evitar este tipo de técnica de execução, pois podem ocorrer fissuras por retração diferencial na espessura da camada durante o processo de cura. Assim, deve-se dar preferência à execução do contrapiso aderido executado posteriormente à cura da laje, sendo esta a técnica mais difundida, em função das facilidades de execução.

Neste caso, segundo Barnbrook [1982] e a BS 8000 [BSI, 1989], para a obtenção da completa aderência, a base deve ser muito bem preparada, isto é, apresentar boa rugosidade, de modo a aumentar a superfície de contato; estar completamente isenta de produtos nocivos como óleos, graxas e poeira; ser previamente molhada para que não absorva em demasia e rapidamente a água presente na argamassa, prejudicando a hidratação do cimento na interface e, conseqüentemente a aderência e, além disso, estar provida de uma ponte de aderência.

São divergentes as recomendações quanto à espessura do contrapiso aderido produzido sobre a laje endurecida. Segundo o CSTC [1966] pode-se executá-lo em camada única de até 35 mm, sendo que a partir daí deve-se executá-lo em duas camadas, sendo a primeira de enchimento, podendo-se utilizar materiais diversos tais como os agregados leves e argamassas fracas, com espessura total variando de 20 a 50 mm e a segunda de acabamento com espessura de 15 a 20 mm, de modo que esta última seja constituída por uma argamassa composta de cimento e areia com teor de cimento aproximado de 350 Kg/m³ de argamassa. Nos casos em que a espessura total do contrapiso ultrapassar os 70 mm, o CSTC [1966] recomenda executar um enchimento com concreto magro antes do lançamento do contrapiso.

A DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] estabelece que para a execução do contrapiso aderido em camada única, sua espessura não deve ultrapassar 50 mm, sendo que a camada mínima pode ser de 10 mm.

Elder & Vandenberg [1977], Barnbrook [1982] e a BS 8204 [BSI, 1987], por sua vez, recomendam a utilização deste tipo de contrapiso apenas nos casos em que a espessura da camada se encontre entre 20 e 40 mm. Segundo estes autores, uma espessura acima do limite superior pode originar um contrapiso oco, que pode perder a aderência com a base.

O CSTB [1982], porém, estabelece a espessura mínima de 30 mm, sendo que abaixo disto recomenda-se utilizar um agente adesivo incorporado à argamassa ou aplicado na base, podendo-se com o seu uso chegar a espessuras mínimas de 10 mm. Schild, et al. [1981] também defendem a espessura mínima de 30 mm.

Observe-se que a partir do adequado preparo da base, segundo os autores consultados, é possível utilizar espessuras que variam de 10 a 70 mm, com o emprego de diversas técnicas e tipos de argamassa, sendo que recomenda-se no máximo 50 mm como espessura limite de execução em camada única.

Considerando-se estas recomendações e o estágio de desenvolvimento da construção civil no país, conclui-se que num primeiro momento não é conveniente considerar-se a possibilidade de execução do contrapiso incorporado à laje, em função das dificuldades de execução em obra e das reduzidas espessuras requeridas. Conclui-se ainda, que em função do precário controle de qualidade exercido durante a execução da estrutura e portanto dos elevados desníveis passíveis de ocorrer na laje, a espessura mínima do contrapiso aderido posteriormente deva ser de 20 mm.

Com estas considerações pode-se, para os fins deste trabalho, caracterizar o contrapiso aderido como:

"aquele lançado sobre uma base adequadamente preparada, ou seja, provida de rugosidade, limpeza e ponte de aderência necessárias à completa união entre ambos, com espessura mínima de 20 mm, sendo que para espessura total superior a 50 mm o contrapiso deverá ser executado com camadas de enchimento aderidas à base, observando-se que neste caso a camada superior ou final deverá ter no mínimo 20 mm, devendo estar aderida à camada de enchimento".

Segundo a conceituação apresentada neste trabalho é possível, construtivamente falando, executar o contrapiso aderido em camada única, com espessura superior a 70 mm, desde que a espessura total seja dividida em camadas de, no máximo 50 mm, lançando-se imediatamente após a compactação da primeira camada, mais material de mesma constituição. A desvantagem deste procedimento é o custo do material, que em não se utilizando uma argamassa e técnica de execução adequadas, pode implicar em custos superiores ao da própria laje. Quando corretamente executado, no entanto, pode trazer diversas

vantagens, na medida em que ao se utilizar uma só argamassa, não há diversificação excessiva de materiais na obra e, além disto, possibilita mobilizar a equipe de produção uma só vez.

2.6.2.2 Contrapiso não aderido

O CSTC [1966], caracteriza o contrapiso não aderido pela interposição de uma barreira de estanqueidade entre a base e o contrapiso, que pode ser do tipo feltro betuminoso, filme plástico, entre outros. Recomenda uma espessura mínima de 45 mm para a camada de contrapiso, dividida em duas partes: uma inferior de 30 mm e uma de acabamento, com 15 mm. E, neste caso, orienta a utilização de uma malha metálica entre a camada inferior e a superior, a menos que o contrapiso tenha espessura total superior a 60 mm. Salienta, ainda, que a produção deste contrapiso com as dimensões mínimas requer muitos cuidados para que a camada impermeável não seja danificada.

A DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] define o contrapiso não aderido como aquele separado da laje suporte por uma fina camada intermediária ou de separação fixa à laje, ou seja, que não tem possibilidade de movimento. Neste caso, segundo a DIN 18560 [DIN, 1985-parte 4], a espessura mínima recomendada para o contrapiso é de 35 mm.

O BRE [1977], Elder & Vandenberg [1977], Barnbrook [1982], e a BS 8204 [BSI, 1987], consideram contrapiso não aderido aquele lançado sobre uma membrana impermeável ou sobre a laje de concreto não provida de adequada aderência, isto é, que possivelmente esteja contaminada por óleos, graxas ou material solto. Todos são unânimes em que a espessura mínima para este tipo de contrapiso deva ser de 50 mm, sendo que Elder & Vandenberg [1977] recomendam que por questões de segurança, isto é, para que não se corra risco de empenamento da placa em função da retração na secagem, deva ser utilizada uma espessura mínima de 60 mm. Esta espessura é recomendada pelos demais autores apenas nos casos em que existam dutos de aquecimento passando pelo contrapiso.

Considerando-se as diversas definições e as características da construção no país, acredita-se que o contrapiso não aderido pode

ser caracterizado como aquele em que a aderência com a base não é premissa de desempenho, ou seja, pode haver pontos aderidos ou não, que isto não afetará as características do conjunto. Assim, para os fins deste trabalho, o contrapiso não aderido pode ser entendido como:

"aquele lançado sobre uma camada impermeável aderida à laje ou diretamente sobre esta, sem prévio preparo, podendo estar contaminada por óleos, graxas e materiais soltos, desde que não ataquem o concreto da laje e nem mesmo o contrapiso, devendo apresentar uma espessura mínima de 35 mm. Para espessura total superior a 50 mm, o contrapiso deverá ser executado, preferencialmente, com camadas de enchimento, observando-se que a camada superior ou final deva ter no mínimo 20 mm".

2.6.2.3 Contrapiso flutuante

Segundo o CSTB [1958] o princípio do contrapiso flutuante é o de separar o revestimento de piso da construção como um todo, interpondo entre o contrapiso e a laje uma camada elástica de amortecimento das vibrações, introduzidas pelas solicitações de uso.

O CSTC [1966] considera o contrapiso flutuante como um complexo constituído por uma camada de material isolante térmico ou acústico, uma barreira estanque ou impermeável, as duas camadas que devem constituir o contrapiso propriamente dito, e finalmente o revestimento de piso. Recomenda, para este caso, que a espessura total do contrapiso seja de, no mínimo, 80 mm.

A DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1], considera contrapiso flutuante aquele lançado sobre uma camada isolante não aderida à laje, isto é, que pode se mover com relação à esta. Além disto considera ainda que o contrapiso flutuante deve estar completamente desvinculado dos demais componentes limítrofes como as paredes e tubulações. Sallienta que a espessura deste contrapiso é variável em função do tipo de atividade que abriga o edifício, isto é, se habitacional ou

comercial, e depende ainda da espessura e compressibilidade¹² da camada de material isolante.

A DIN 18560 [DIN, 1981-parte 2] considera estes aspectos e recomenda que para espessuras da camada isolante até 30 mm seja utilizada uma camada de contrapiso de 35 mm quando a compressibilidade for acima de 5 mm e uma espessura de 40 mm quando a compressibilidade for de 5 a 10 mm. Nos casos em que a espessura do material isolante for superior a 30 mm, deve-se incrementar a espessura do contrapiso em 5 mm para ambos os casos. Chama atenção ainda, que no caso de posicionamento de dutos de aquecimento no contrapiso, não se deve utilizar camadas isolantes com compressibilidade superior a 5 mm.

O BRE [1977], Barnbrook [1982] e a BS 8204 [BSI, 1987] conceituam o contrapiso flutuante semelhantemente à DIN 18560 [DIN, 1981-parte 2], considerando, porém, que a espessura mínima da camada de contrapiso deverá ser de 65 mm no caso de edifícios habitacionais, passando este valor para 75 mm nos demais tipos de utilização, bem como no caso de dutos de aquecimento. Salienta que o contrapiso com essas espessuras deva ser produzido com um concreto fino, podendo inclusive ser provido de uma malha de aço.

Schild et al. [1981] afirmam que o contrapiso flutuante, posicionado sobre materiais compressíveis, atua distribuindo a carga, sendo solicitado por flexão e portanto, a espessura e a resistência necessárias ao contrapiso dependem da carga prevista e da compressibilidade do material, recomendando-se para os materiais usuais, uma espessura de 35 a 45 mm. Salientam ainda que qualquer tipo de instalação prevista em projeto não deverá ser posicionada no contrapiso flutuante, mas sim abaixo dele, totalmente cobertas por uma camada de regularização, pois a base para o contrapiso flutuante deve ser completamente plana, não devendo haver irregularidades excessivas.

12 - A compressibilidade da camada isolante é determinada pela diferença de espessura que ocorre quando a mesma é aplicada e quando se encontra sob condições de uso.

O CSTB [1982] define contrapiso flutuante como aquele completamente dissociado do paramento vertical e das partes sobre as quais ele repousa, por meio de uma camada intermediária, seja ela de dessolidarização, de escorregamento ou de isolamento.

A camada de dessolidarização tem por finalidade separar o contrapiso da base, reduzindo os efeitos da deformação e da variação dimensional diferencial entre ambos. São exemplos desse componente: filme plástico com no mínimo 90 micrômetros, camada de areia de 1,0 cm de espessura e feltro betuminoso. A camada de escorregamento destina-se a permitir o deslizamento e o deslocamento relativo do contrapiso flutuante e o seu suporte, utilizando-se para isto uma camada de areia, coberta por uma camada contínua de dessolidarização, como o filme plástico, por exemplo. E, finalmente, a camada isolante, destinada a atender os requisitos de desempenho térmico e acústico, sendo exemplos o concreto de agregado leve, o concreto celular, granulados de argila expandida e painéis leves. A camada isolante, em função do material de que é constituída, é classificada segundo a sua compressibilidade em três categorias, em função das quais será requisitada uma espessura específica para o contrapiso. A tabela 2.4, a seguir, apresenta esses valores.

TABELA 2.4: Características da camada de isolamento e do contrapiso flutuante para edifícios residenciais e comerciais [CSTB, 1982].

CAMADA DE ISOLAMENTO		CONTRAPISO	
Classe de compressibilidade		espessura	armadura
I	espessura ≤ 3 mm	3	0,9x0,9/50x50 (220 g/m ²)
		4	possível sem armadura
	compressibilidade $\leq 0,5$ mm e	4	0,9x0,9/50x50 (220 g/m ²)
	espessura ≤ 3 mm	5	possível sem armadura
II	0,5 < compressibilidade ≤ 3 mm	4	0,9x0,9/50x50 (220 g/m ²)
		5	possível sem armadura
III	3 < compressibilidade ≤ 12 mm	4	1,4x1,8/100x100 (335 g/m ²)
		5	0,9x0,9/50x50 (220 g/m ²)

A partir da conceituação colocada o contrapiso flutuante pode ser entendido como:

"aquele lançado sobre uma camada intermediária, de separação, de isolamento ou impermeável, não aderida à laje, que de alguma maneira separa o contrapiso da base e dos demais elementos e componentes do edifício, minimizando os efeitos oriundos das deformações e variações dimensionais diferenciais entre eles, sendo que esta camada intermediária pode ser constituída por materiais granulares, filme plástico, membranas impermeáveis, entre outros. A espessura mínima da argamassa de contrapiso será variável em função da compressibilidade dos materiais utilizados na camada intermediária, podendo variar de 40 a 70 mm".

2.6.3 Classificação em Função dos Materiais

Apesar da argamassa produzida à base de cimento e areia ser o material mais empregado na produção do contrapiso notadamente no Brasil; existem argamassas à base de outros aglomerantes e agregados, passíveis de serem empregadas como contrapiso, sendo as principais apresentadas a seguir:

a) argamassa de cimento e areia: é a mais utilizada na produção do contrapiso, na maioria dos países cuja bibliografia foi estudada. Segundo Elder & Vandenberg [1977], origina o contrapiso denominado denso. Por ser o mais difundido no Brasil, será o tipo de argamassa abordado no presente trabalho, sendo focado no capítulo 3.

b) argamassas de cimento e agregado leve: são aquelas em que a areia é substituída por um agregado cuja densidade é cerca de 50% da sua. Os agregados usualmente empregados são a vermiculita, a argila expandida e a escória de alto forno, sendo esta a mais utilizada devido, principalmente, à sua baixa absorção. Estas argamassas são indicadas para a camada de enchimento, diminuindo a carga permanente no edifício. Além disto, por serem bons isolantes térmicos.

cos, podem auxiliar no desempenho da vedação horizontal, frente ao isolamento térmico. Segundo Elder & Vandenberg [1977], são empregadas com espessura mínima de 40 mm, exigindo como acabamento superficial, uma camada de 10 a 15 mm de argamassa densa.

c) argamassas à base de anidrita e agregado miúdo (areia): neste caso, segundo a DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1], o cimento da argamassa convencional de contrapiso é substituído pela anidrita (sulfato de cálcio anidro) sendo que a proporção de mistura, segundo o CSTC [1966] e Elder & Vandenberg [1977] é de 1:2,5 (anidrita:agregado miúdo), podendo-se eventualmente, acrescentar um acelerador de pega. Acredita-se que a introdução do acelerador se dê porque a anidrita apresenta pega lenta, apesar de ser muito reativa, transformando-se no hemiidrato, com a umidade do ar [Cincoto, Agopyan & Florindo, 1986].

Segundo Elder & Vandenberg [1977], por não apresentar retração na secagem, as argamassas produzidas com anidrita podem ser aplicadas em espessuras de até 25 mm. E como a maior parte da água é empregada nas reações químicas internas, resta uma reduzida quantidade para secar, apresentando um tempo normal de secagem de 10 dias.

d) argamassas à base de cloreto de magnésio e agregado miúdo: neste caso o agregado utilizado é um fíler, em conjunto com o cloreto de magnésio que funciona como aglomerante, sendo que eventualmente pode ser adicionado algum tipo de aditivo [DIN, 1981-parte 1]. De modo geral, a proporção de mistura é de 1:3,5, de cloreto de magnésio e fíler, respectivamente, sendo a espessura da camada variável de 20 a 25 mm. Considerando-se as características corrosivas do cloreto de magnésio, o CSTC [1966] recomenda que a base deva ser isolada da camada de contrapiso através de uma membrana impermeável colocada sobre toda a sua extensão.

Outros materiais como o asfalto e o betume também são, eventualmente, aplicados como aglomerantes nas argamassas de contrapiso, conferindo boas características de estanqueidade à camada. Seu uso é citado pelo CSTC [1966] e por Elder & Vandenberg [1977].

3. PRODUÇÃO DO CONTRAPISO

Neste trabalho, entende-se a produção do contrapiso como o conjunto das atividades relativas à definição e preparo da argamassa, à execução do contrapiso e ao controle de qualidade destas etapas e das características do contrapiso acabado.

No Brasil, no que se refere à produção da argamassa de contrapiso, verifica-se uma certa ausência de conhecimentos tecnológicos acerca de sua composição e dosagem. E, quanto à execução do contrapiso, poucos cuidados são tomados em relação às técnicas aplicadas e pouco tem sido feito quanto ao controle das atividades de execução e aceitação do mesmo. Os técnicos envolvidos com esta atividade, muitas vezes, não conhecem as características dos materiais a serem utilizados e nem mesmo a dosagem e as técnicas que se empregam em campo, pois, de modo geral, estão envolvidos com inúmeras atividades administrativas, deixando as técnicas sob a responsabilidade do mestre de obras.

Não se encarando tecnologicamente a produção do contrapiso, resultam, de maneira geral, dosagens e procedimentos de execução empíricos, implicando em elevados custos e inadequado desempenho do produto acabado.

Com o objetivo de reunir subsídios que possam alterar este quadro, que reflete o processo de produção convencional no Brasil, neste capítulo serão descritas as recomendações contidas na bibliografia nacional e estrangeira que permitam, de alguma maneira, definir parâmetros para uma adequada produção do contrapiso.

3.1 AS ARGAMASSAS DE CONTRAPISO

A observação do atual processo de produção do contrapiso nos canteiros de obras permite concluir que o avanço desta atividade deve partir necessariamente da produção da argamassa, envolvendo a definição de sua composição e dosagem e do seu preparo.

A definição da composição significa prescrever os materiais constituintes da argamassa, a partir do conhecimento de suas características; enquanto, a definição da dosagem significa prescrever a proporção adequada dos materiais na mistura, determinando as condições de aplicação da mesma, de maneira que seja trabalhável, isto é que possa ser lançada sobre a base e adequadamente compactada.

A determinação desses fatores, porém, exige que se conheça os tipos de argamassa que podem ser utilizadas para a execução do contrapiso. A partir daí, conhecendo-se as características dos materiais disponíveis e empregando-se parâmetros de dosagem compatíveis com as condições de uso do mesmo, pode-se determinar a composição e a dosagem mais adequadas. Uma vez definida a argamassa, o seu adequado preparo contribuirá fundamentalmente para a obtenção de um contrapiso compatível com as especificações de projeto.

3.1.1 Tipos de Argamassas Usualmente Empregadas

Esta classificação é feita considerando-se a consistência da argamassa, empregando-se atualmente dois tipos de argamassa: a de consistência plástica (chamada simplesmente de argamassa plástica) e a de consistência seca (chamada argamassa seca).

A argamassa plástica apresenta consistência semelhante à das argamassas de revestimento de alvenarias, isto é, com um teor de umidade da ordem de 20% a 25%. Seu uso na execução de contrapisos, no entanto, tem sido limitado, pois exige específicos procedimentos de adensamento e cura.

Segundo a BS 8000 [BSI, 1989], o elevado teor de umidade interfere sobremaneira nas condições de execução e cura do contrapiso, pois é difícil controlar a regularidade superficial da camada, existindo ainda um elevado risco de aparecimento de fissuras. Além disto, a produtividade dos operários é bastante prejudicada, uma vez que não é possível o sarrafeamento imediato da superfície, devendo-se esperar um tempo mínimo de secagem da argamassa. Segundo Barnbrook [1982], outro inconveniente, também relacionado ao elevado teor de

água é a possibilidade de empenamento do contrapiso devido à retração de secagem, principalmente nos casos de cura ineficiente.

Acredita-se que uma das maneiras de se racionalizar a produção do contrapiso utilizando-se argamassa plástica seria pelo emprego de régua vibratórias, as quais permitiriam o seu adequado adensamento e também a obtenção de uma superfície acabada com características compatíveis com as usualmente especificadas para o contrapiso. Tais régua, no entanto, estão disponíveis apenas com dimensões mínimas de 3,0 m, o que de modo geral, restringe o emprego desta argamassa às áreas exteriores ao edifício cujas dimensões permitem o uso do equipamento.

Acredita-se que principalmente em função destas dificuldades, praticamente nenhuma referência bibliográfica acerca do assunto recomenda a sua utilização, exceção feita à NBR 9817 [INMETRO, 1987], que indica, para o assentamento de revestimentos cerâmicos de piso, a utilização de uma camada de regularização (contrapiso) constituída por argamassa plástica de cimento e areia média. Porém, neste caso, acredita-se que tenha havido algum equívoco ao se tratar o assunto pois, na seqüência, a mesma referência trata do processo de execução, recomendando que a argamassa "deve ser lançada em excesso e ser bem compactada contra a base", procedimentos incompatíveis com o uso de uma argamassa plástica.

A argamassa seca tem o seu emprego generalizado nos ambientes internos dos edifícios, sendo também amplamente utilizada nas áreas externas que receberão revestimentos. Apresenta a mesma composição da argamassa plástica, alterando-se apenas o seu teor de umidade, que geralmente é cerca de 50% inferior. Em função deste baixo teor de água é muitas vezes denominada "argamassa tipo farofa" ou simplesmente "farofa", principalmente no vocabulário usual de obra.

Segundo Barnbrook [1982] e as BS 8203 e BS 8204 [BSI, 1987] a quantidade de água a acrescentar deverá ser a mínima necessária para proporcionar trabalhabilidade suficiente para o lançamento e uma adequada compactação. A BS 8000 [BSI, 1989] salienta, porém, que nos últimos anos a produção de argamassas muito secas resultou em

sérios problemas no desempenho do contrapiso, uma vez que, em função do reduzido teor de umidade, não era possível uma adequada compactação do mesmo, resultando numa camada porosa e bastante friável.

Barnbrook [1982] utiliza o termo "semi-seca" para a designação desta argamassa, justificando que a utilização de uma argamassa muito seca não permite que seja compactada manualmente, enquanto uma muito úmida não possibilita o controle dos níveis desejados. Propõe, então, um método para julgar o conteúdo de água da argamassa de contrapiso que consiste em tomar um pouco da argamassa em uma das mãos e comprimi-la contra os dedos. Com este procedimento apenas um pouco de água deve sair por entre os dedos - uma ou duas gotas, não mais que isto. Porém, ao abrir a mão a argamassa deverá permanecer unida, isto é, o material não deverá se desagregar. A figura 3.1 ilustra este teste expedito.

FIGURA 3.1: Teste para verificação do conteúdo de umidade da argamassa proposto por Barnbrook [1982].

Barnbrook [1982] afirma que o teor ótimo de umidade para que se obtenha uma argamassa semi-seca varia de 7% a 9%, dependendo do conteúdo de aglomerante e de agregados utilizados.

Acredita-se que este valor pode se alterar também em função da natureza e de outras propriedades dos materiais empregados, pois Benningfield [1986], trabalhando em laboratório, determinou a umidade

ótima de mistura, isto é, aquela que permite o maior grau de compactação da argamassa, e este valor variou de 8 a 10%, empregando-se um determinado traço e um específico tipo de areia. Diversos trabalhos de pesquisa em laboratório e em campo, realizados por pesquisadores do CPqDCC-EPUSP permitiram confirmar os valores obtidos por Beningtonfield [1986]. Esses trabalhos e os resultados obtidos estão abordados no capítulo 4.

3.1.2 Composição

A argamassa de contrapiso é constituída basicamente por aglomerantes e agregados e, eventualmente, podem ser acrescentados aditivos a fim de melhorar suas características, seja no estado fresco, durante o endurecimento ou após endurecida.

A disponibilidade de diferentes materiais para a composição da argamassa é muito expressiva, principalmente no que se refere aos agregados. Evidentemente, existem materiais empregados correntemente, com dosagens pré-estabelecidas pela tradição de uso. Entretanto, tais materiais poderão não estar disponíveis em quaisquer regiões e a sua indicação de uso vai implicar na importação do mesmo, podendo acarretar em elevados custos.

Uma alternativa, nesses casos, seria o emprego de materiais locais, que mesmo não tendo as mesmas características dos tradicionais, podem apresentar propriedades compatíveis com o desempenho requerido para o contrapiso, sendo, portanto, bons substitutos. E, para isto, basta que suas principais características - natureza do aglomerante e dos agregados; granulometria, teor de finos e origem destes últimos - estejam bem definidas.

Assim, nesta seção, serão apresentados os materiais usualmente empregados na produção das argamassas e aqueles com potencial de uso, abordando-se ainda, as principais características de cada grupo de materiais e as dosagens usualmente indicadas pela bibliografia.

3.1.2.1 Aglomerantes

Os aglomerantes indicados pela bibliografia para a produção da argamassa de contrapiso são a anidrita, o betume, o asfalto, o magnésio e o cimento, sendo que os quatro primeiros são citados apenas pelo CSTC [1966] e pela DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1], indicando, portanto, o emprego restrito a determinadas localidades. Acredita-se que isto se dê, principalmente, devido às maiores dificuldades de se trabalhar com tais aglomerantes do que com o cimento, cuja tecnologia de produção e emprego, há muito é de domínio da indústria da construção. Além disto devem existir problemas relacionados com as dificuldades de obtenção e até mesmo a inexistência desses materiais em certas regiões.

Tendo em vista que no Brasil há o predomínio do cimento como aglomerante para argamassas, este trabalho ficará limitado ao contrapiso produzido com argamassas de cimento, acreditando-se que somente após a consolidação da sua tecnologia de produção poder-se-á pensar em avançar nos estudos e investigações acerca dos demais tipos de aglomerantes.

No que se refere à cal, não há referências bibliográficas estrangeiras que recomendem o seu emprego para a produção de argamassas de contrapiso. Segundo a NBR 9817 [INMETRO, 1987] seu uso é indicado no caso de argamassas plásticas, para conferir a plasticidade adequada às mesmas e não em função de melhorar as características de resistência, que segundo o CSTC [1981] é garantida pelo cimento.

Quando se empregam argamassas secas, na produção do contrapiso, a plasticidade não é característica essencial e, como a contribuição da cal na resistência mecânica e nas características de aderência do contrapiso são pouco expressivas frente à contribuição do cimento, ela não deve ser utilizada neste tipo de argamassa, pois o seu uso implicaria em desperdício de material.

Nos casos das argamassas de cimento para contrapisos, de modo geral, recomendam-se os mesmos tipos utilizados na produção do concreto estrutural comum, ou seja, o cimento Portland, que pode ser o

comum que, segundo o BRE [1977], é o de maior utilização. Este tipo de cimento, no Brasil, é denominado cimento Portland com Escória (CPE), segundo a NBR 5732 [INMETRO, 1988]. Além deste, o CSTC [1981] e a NBR 9817 [INMETRO, 1987] indicam, ainda, o uso do cimento de alto forno; do pozolânico e dos de moderada e alta resistência a sulfatos.

Considerando o caso específico do contrapiso, segundo a BS 8204 [BSI, 1987], pode ser utilizado o cimento aluminoso, apesar de não recomendado para a produção de concreto estrutural. Segundo a BS 8203 [BSI, 1987] não é recomendado o emprego de cimento Portland com cinzas volantes pois não se conhece muito bem o comportamento do contrapiso executado com este tipo de material.

As Normas Tecnológicas da Espanha [MOPU, 1989], voltadas à edificações recomendam, para a produção do contrapiso, que não se altere o tipo e a marca do cimento durante a produção do edifício, do que se pode concluir que a utilização de diferentes tipos de cimento pode provocar certas modificações nas propriedades do contrapiso.

Além da necessidade de se manter constante o tipo de cimento, é necessário que o mesmo esteja em conformidade com as normas vigentes e dentro do seu prazo de validade e, ainda, que tenham sido estocados corretamente, pois caso o cimento se encontre parcialmente hidratado quando do seu uso, todas as propriedades da argamassa ficam prejudicadas independentemente do seu tipo ou marca.

3.1.2.2 Agregados

Diferentes agregados podem ser utilizados na produção das argamassas densas de contrapiso, destacando-se as areias naturais, lavadas ou não, as areias artificiais, as pedras de pequena granulometria, e alguns tipos de solos, como o areno-siltoso ou areno-argiloso, por vezes denominados areia de "cava", areia de "goma" ou saibro.

A BS 8204 [BSI, 1987] especifica para o contrapiso os mesmos tipos de areia recomendados para a produção do concreto, definindo uma determinada faixa granulométrica (limite "C" ou "M" da tabela 5 da

BS 882:1983), que corresponde a uma areia grossa, na classificação da NBR 7211 [INMETRO, 1982]. Salienta ainda, que a areia utilizada na produção da argamassa de contrapiso não deve apresentar mais que 10% em massa passando na peneira de abertura 0,15 mm, afirmando que o teor de finos influencia sensivelmente o potencial de fissuração da argamassa de contrapiso.

A NBR 9817 [INMETRO, 1987] recomenda para a execução de camadas de regularização ou produção de argamassas semi-secas para assentamento, o emprego de areias em conformidade com a NBR 7211 [INMETRO, 1982] e que tenham dimensão máxima característica menor ou igual a 2,4 mm. Não apresenta, porém, a faixa granulométrica da areia.

Acredita-se que a faixa granulométrica da areia é tão importante quanto a sua dimensão máxima característica, devendo também estar especificada, pois em função deste parâmetro, a areia pode se prestar mais a uma determinada atividade que outra.

A divisão dos agregados miúdos segundo sua faixa granulométrica não é única. Petrucci [1982], a NBR 7211 [1982], o IPT [1982] e a EPUSP [1987] propõem classificações distintas. Neste trabalho, adotou-se como referência a proposta pela EPUSP [1987], apresentada na tabela 3.1, tendo em vista que a mesma considera os agregados destinados à produção de argamassas, enquanto as duas primeiras referem-se a agregados para concreto e a terceira é genérica.

TABELA 3.1: Classificação dos agregados miúdos destinados a argamassas, segundo o módulo de finura [EPUSP, 1987].

módulo de finura	tipo de agregado
MF $\leq$ 2,0	fino
2,0 $<$ MF $\leq$ 2,2	média-fina
2,2 $<$ MF $\leq$ 2,4	média
2,4 $<$ MF $\leq$ 2,6	média-grossa
MF $>$ 2,6	grossa

Segundo o CSTC [1981], é possível o emprego de areias de praticamente toda a faixa granulométrica, excetuando-se as extremamente finas ou grossas, limitando o teor de partículas finas menores que 0,075 mm a no máximo 7% e menores que 0,020 mm a no máximo 5%.

O AGI-11 [AGI, 1970], por sua vez, salienta que as areias finas não são adequadas para o contrapiso devido à possibilidade de um desgaste superficial muito acentuado. Entretanto, acredita-se que sendo o contrapiso devidamente protegido do trânsito de pessoas e equipamentos, o desgaste superficial torna-se irrelevante.

Estudos realizados por Beningfield [1986], trabalhando em laboratório com diversas granulometrias de areia natural (fina, média, grossa e de granulometria uniforme), mostram que a granulometria pouco ou nada interferiu nas características mecânicas das amostras avaliadas, ficando todos os resultados numa faixa aceitável.

Segundo o BRE [1977], um agregado bem graduado permite uma melhor trabalhabilidade da argamassa com um menor teor de água. Schild et al. [1981] afirmam que o tipo e a composição da areia têm influência significativa na resistência do contrapiso e ainda, que as curvas granulométricas descontínuas ou uniformes originam estruturas porosas, diminuindo a resistência da argamassa endurecida e que a forma dos grãos tem interferência acentuada na trabalhabilidade da argamassa e no acabamento superficial, sendo que as partículas arredondadas proporcionam melhor trabalhabilidade e acabamento superficial que as partículas lamelares, por exemplo.

Acredita-se que realmente seja possível que a variação granulométrica e a forma do agregado interfiram nas características superficiais do contrapiso, pois trata-se de uma argamassa que contém pouca pasta e, desta maneira, as areias grossas podem deixar uma textura mais áspera que a deixada pelas areias finas. Porém, acredita-se também que um tratamento superficial adequado, independente da granulometria e forma do agregado utilizado, possa proporcionar uma textura lisa.

O pedrisco, que segundo a NBR 9935 [INMETRO, 1987] é uma mistura, nas mais variadas proporções, de pedra britada de graduação zero¹ com agregado miúdo artificial, é outro material comumente empregado nas argamassas de contrapiso, sendo recomendado pela BS 8204 [BSI, 1987], nos casos em que a espessura da camada é superior a 60 mm e não se utiliza argamassa de enchimento.

O seu emprego em conjunto com o cimento e areia é conhecido em muitas regiões como "micro-concreto" ou concreto fino. E, além das vantagens econômicas que usualmente apresenta, em determinadas situações sua utilização pode viabilizar a execução do contrapiso, como por exemplo, quando estiver disponível apenas areia extremamente fina. Esta, além de acarretar problemas de empolamento da mistura, implica num alto consumo de cimento, em função de sua elevada superfície específica. A incorporação do agregado graúdo, neste caso, auxilia na correção da granulometria, possibilitando um menor consumo de aglomerante e uma mistura mais homogênea. Pode, no entanto, acarretar em algumas desvantagens, tais como dificuldade na execução do acabamento superficial, exigindo um tratamento diferenciado, de maneira a obter uma textura lisa. Para esta situação, Elder & Vandenberg [1977] recomendam o lançamento de uma camada superficial de argamassa com 5 a 10 mm de espessura, constituída apenas por agregado miúdo, para proporcionar o acabamento necessário.

As colocações dos diversos autores consultados quanto à interferência das características dos materiais no desempenho do contrapiso executado são divergentes. Pelas recomendações encontradas, pode-se produzir argamassas de contrapiso com materiais de diferentes naturezas, não havendo uma unanimidade quanto aos mais adequados. Assim, acredita-se que seja possível o emprego de materiais regionais sem muitas restrições, desde que corretamente caracterizados.

1 - A NBR 7211 [INMETRO, 1982] define a graduação zero como aquela que tem "no máximo 10% de material retido acumulado, em peso, na peneira de abertura 9,5 mm."

3.1.2.3 Aditivos

O emprego de aditivos nas argamassas de contrapiso não é comum no Brasil; entretanto, a bibliografia estrangeira como a DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] e a BS 8204 [BSI, 1987] fazem referência ao uso destes materiais para melhorar as características das argamassas de contrapiso. Sua utilização pode propiciar melhorias no desempenho do produto final, a partir da modificação de algumas propriedades da argamassa nos seus diversos estados (fresco, em endurecimento, e após endurecida).

Acredita-se que a restrita utilização de aditivos, no Brasil, decorre da falta de domínio tecnológico para o seu emprego, que no passado foi motivo de muitos problemas, principalmente nas estruturas de concreto armado. A falta de conhecimento acerca destes produtos foi, em parte, superada. Porém, existe ainda um vasto campo para pesquisas, quanto ao emprego de aditivos em argamassas, especificamente nas de contrapisos, devendo-se buscar determinar a intensidade de sua interferência no comportamento destes.

Nos países como Inglaterra, França, Bélgica e Alemanha, grande empenho vem sendo feito para aumentar a versatilidade da argamassa através do emprego de aditivos, estando disponíveis no mercado uma série de produtos que, uma vez adicionados àquela, alteram-lhe determinadas características, como por exemplo, a sua reologia, ou seja, o seu comportamento frente ao escoamento e às deformações. Tal alteração interfere na trabalhabilidade e também no seu comportamento após endurecida, aumentando a sua resistência a esforços de tração e diminuindo o seu potencial de fissuração.

Segundo o CSTC [1981] a alteração das propriedades da argamassa é decorrência da introdução de aditivos redutores ou retentores de água e incorporadores de ar os quais possibilitam a diminuição do fator água/cimento que afeta as propriedades anteriormente abordadas. Estes aditivos, segundo a BS 8204 [BSI, 1987], devem ser colocados em quantidades controladas e adequadas, pois o seu excesso provoca uma redução sensível na resistência mecânica do contrapiso.

Além destes, é comum naqueles países, o emprego de redutores de permeabilidade e os agentes hidrófugos, mais conhecidos como aditivos impermeabilizantes, os quais melhoram a resistência frente às ações mecânicas e à incidência de água. Utilizam ainda, os inibidores de corrosão que melhoram a resistência às ações químicas. Entretanto, a BS 8204 [BSI, 1987], salienta, que aditivos impermeabilizantes, ou que tornem a argamassa impermeável, devem ser empregados com extremo cuidado, pois alguns contêm determinados materiais repelentes que impedem a adesão do contrapiso à base ou ao revestimento de piso e que, além disso, não podem ser considerados como substitutos de um sistema de impermeabilização. Ainda com relação a este aditivo, o BRE [1977] chama a atenção para os cuidados que se deve ter com a umidade residual do contrapiso, pois os repelentes de água dificultam o movimento da água por capilaridade, impedindo a completa secagem do contrapiso, o que em função do tipo de revestimento de piso empregado pode levar a ocorrência de sérios problemas patológicos.

Além destes aditivos, Elder & Vandenberg [1977] salientam que podem ser empregados outros que proporcionem uma melhor aderência à base. Chamam a atenção, porém, que todos devem ser utilizados com assessoria de técnicos especializados e com cuidado para evitar problemas originados pelo emprego inadequado do material.

Frente a estas colocações, acredita-se que o emprego de aditivos pode realmente colaborar para melhorar as características do contrapiso. Faz-se necessário, porém, programar possíveis investigações para que se possa conhecer realmente o comportamento do contrapiso quando da utilização destes materiais.

3.1.3 Dosagem

Não existe, no Brasil, uma metodologia de dosagem racional para argamassas de contrapiso. A bibliografia que faz alguma referência ao contrapiso, como por exemplo a NBR 9817 [INMETRO, 1987] e a TCPO-8 [Pini, 1986] definem traços empíricos, que não levam em consideração as características dos materiais e as suas condições de utilização. A primeira especifica um contrapiso para revestimento ce-

râmico com traço 1:4 em volume, com agregado seco, enquanto a segunda indica para a mesma utilização o traço 1:5 também em volume e com agregado seco.

Diferentes dosagens para o mesmo uso são indicadas também pela bibliografia estrangeira. Neste caso porém, a avaliação torna-se mais difícil pois em geral não se dispõe da caracterização dos materiais constituintes, que variam de uma região para outra. Além disto, muitas vezes a maneira de se especificar o traço é completamente distinta. Algumas entidades especificam em massa, outras em volume, algumas vezes referem-se a materiais secos, outras a materiais úmidos. Assim, com distintos parâmetros de medida e diferentes características dos materiais, torna-se difícil a comparação das dosagens especificadas. Apesar das dificuldades apontadas, vale registrar tais recomendações, mesmo que seja para confirmar a necessidade de estudos mais sistemáticos para a definição da argamassa.

O CSTC [1966] diferencia a dosagem em relação às duas camadas constituintes do contrapiso, definindo o teor de aglomerante na mistura. Para a camada inferior ou de enchimento, recomenda o emprego de 150 Kg de cimento por metro cúbico do agregado, enquanto no que se refere à camada superior ou de acabamento recomenda que seja executada com uma argamassa cuja proporção é 150 litros de areia para 50 Kg de cimento.

A BS 8204 [BSI, 1987] indica a utilização de traços de argamassa variando de 1:3 a 1:4,5 em massa, para contrapisos com até 40 ou 50 mm de espessura, sendo que Elder & Vandenberg [1977], consideram exagerado o traço 1:3, para a maioria das utilizações. A BS 4551 [BSI, 1980] indica três traços de contrapiso em função do uso do mesmo, dados na tabela 3.2, a seguir

TABELA 3.2: Composição de argamassas de cimento e areia, para contrapisos de edifícios segundo a BS 4551 [BSI, 1980].

% de cimento na massa seca	proporção em volume cimento:areia	Tipo de contrapiso
20,5 a 25,0	1:3	A
16,0 a 20,0	1:4	B
13,0 a 15,5	1:5	C

A BS 8203 [BSI, 1987], por sua vez, relaciona os tipos ou categorias do contrapiso com as suas possíveis utilizações e exemplos de uso, sendo apresentados na tabela 3.3, a seguir.

TABELA 3.3: Categorias de utilização de contrapisos em função da utilização do subsistema piso em que está inserido, segundo a BS 8203 [BSI, 1987].

Tipo de contrapiso	Utilização do subsistema piso	Exemplos de utilização
A	áreas que se espera ter trânsito pesado ou onde o desgaste posterior pode ser inaceitável.	salas de operação hospitalares, de raio-X, de material radioativo, depósitos com trânsito pesado, salas de telecomunicação, oficina.
B	áreas que se espera ter trânsito pesado	áreas em que são usadas vagonetes pesadas, áreas públicas, corredores, hall de elevadores, cantinas e restaurantes, áreas públicas de edifícios residenciais, salas de aula, quartos de hospital.
C	outras áreas sujeitas a trânsito de pedestres e uso leve.	escritórios de uso restrito, salas de consultório, áreas residenciais.

A BS 8204 [BSI, 1987], recomenda, ainda, para espessuras superiores a 50 mm ou 60 mm, o uso do concreto fino ou micro-concreto, também na proporção de 1:3,0 a 1:4,5, em massa, de cimento e total de agregados, respectivamente.

Schild et al. [1981], por sua vez, distinguem a argamassa empregada no contrapiso flutuante e no aderido, indicando um consumo de 350 a

400 Kg de cimento por metro cúbico de argamassa, no caso do contrapiso flutuante, para que tenha maior rigidez, enquanto no caso do aderido recomenda um consumo máximo de 350 Kg de cimento por metro cúbico de argamassa, não indicando, porém, o limite mínimo. Para ambos indica uma relação água/cimento de no máximo 0,6, não justificando, porém, este valor.

O CSTB [1982] recomenda para as camadas de enchimento a utilização de areia compactada ou areia estabilizada com um teor de 100 Kg de cimento por metro cúbico de areia, ou mesmo uma argamassa magra com um teor de cimento de 150 Kg por metro cúbico de argamassa, no mínimo. Para a camada superior, recomenda a utilização de 350 Kg de cimento por metro cúbico de argamassa, tanto para o contrapiso aderido como para o flutuante.

Barnbrook [1982], recomenda dois traços distintos, em função do tipo de revestimento a ser empregado. Para revestimentos flexíveis (tais como os têxteis e vinílicos, por exemplo) recomenda o traço 1:3 de cimento e areia, enquanto para os revestimentos rígidos (como as cerâmicas e as pedras) admite o traço 1:4, ambos em massa seca.

A Alemanha, país mais avançado na proposição de uma dosagem específica para cada utilização, parte da resistência mecânica que a argamassa deve apresentar a fim de que o contrapiso responda ao desempenho exigido. A DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] propõe classes de resistência em relação à resistência à compressão que amostras cúbicas, executadas com a argamassa a ser testada, apresentam aos 28 dias. Assim, em função do grau de solicitação a que um contrapiso estará sujeito, define uma determinada classe para a argamassa a ser empregada. Apenas como exemplo, citam-se as argamassas empregadas em contrapisos flutuantes que exigem classe 20, ou seja, uma resistência à compressão aos 28 dias, para corpos de prova retirados do contrapiso executado, de 20 N/mm^2 (menor valor individual de uma série); enquanto para um contrapiso aderido recomenda a utilização de uma argamassa de classe 12, isto é 12 N/mm^2 (menor valor individual de uma série). Em quaisquer casos limita o teor de ci-

mento a, no máximo, o necessário para se obter a resistência exigida pela classe correspondente.

Ainda com relação aos trabalhos desenvolvidos na Alemanha cabe observar que no caso de contrapisos utilizados como superfície acabada, para trânsito de pedestres e veículos de baixa carga, recomenda-se o emprego de um teor de cimento de 300 Kg/m³ de argamassa no caso do emprego de agregados de granulometria de 0 a 15 mm de diâmetro e de 350 Kg/m³ quando são empregados agregados com diâmetro de 0 a 7 mm [AGI, 1970].

Um único trabalho encontrado que investiga diferentes traços de argamassa foi realizado por Beningtonfield [1986], que buscou relacionar, em estudos experimentais, a variação da dosagem da argamassa com o desempenho final do contrapiso. Para tanto, utilizando uma técnica construtiva padronizada, executou corpos de prova de contrapisos com argamassa de cimento e areia de granulometria "adequada para contrapiso" com proporções que variaram de 1:3 a 1:8 de cimento e areia em volume de materiais. Através do equipamento de ensaio desenvolvido pelo Building Research Establishment [Pye & Warlow, 1978] avaliou o desempenho do contrapiso, frente à solicitações mecânicas na sua superfície. A partir dos resultados que apresenta em seu trabalho pode-se concluir que apenas o contrapiso executado com argamassa 1:8 teve um comportamento não compatível com o desempenho requerido, quando se toma como parâmetro edifícios habitacionais e comerciais. Faz a ressalva, entretanto, que o ensaio deveria ser novamente realizado a fim de se verificar a repetição dos resultados.

Não foi encontrada, porém, nenhuma outra referência que fizesse menção à continuidade deste trabalho, o qual abre um horizonte muito importante a ser investigado pois, se ao utilizar uma única técnica de execução, o pesquisador consegue resultados satisfatórios para o traço 1:7. É possível que alterando-se a técnica possa ser viabilizado até mesmo o traço 1:8.

Em função das diferentes informações obtidas a partir da bibliografia nacional e estrangeira, uma primeira observação que se faz é

que o conhecimento acerca da tecnologia de produção de contrapisos está muito disperso, existindo, assim, um longo caminho a ser percorrido e muitas pesquisas a serem realizadas para o avanço efetivo desta tecnologia.

3.1.4 Produção da Argamassa

A produção da argamassa de contrapiso não é tema da bibliografia estrangeira mais recente e praticamente inexistem nas publicações nacionais. Este fato pode ser decorrência do avanço tecnológico alcançado nos países mais adiantados, em que os cuidados principais devem ter sido incorporados à tradição construtiva local.

No caso do Brasil, porém, acredita-se que a inexistência de referências bibliográficas específicas deva-se ao fato de se considerar esta atividade como secundária no contexto da obra.

As recomendações encontradas acerca da produção da argamassa de contrapiso, ainda que estrangeiras, limitam-se às atividades de mistura dos materiais e ao tempo de mistura e lançamento da argamassa, não sendo abordadas as questões relativas à dosagem e ao transporte da mesma, fatores importantes, tanto para a obtenção de um produto compatível com as necessidades, como para o planejamento interno da obra.

Barnbrook [1982] e a BS 8204 [BSI, 1987] afirmam que é essencial o uso de um misturador mecânico para uma adequada e perfeita mistura da argamassa, pois quando produzida manualmente, além de acarretar baixíssima produtividade, resulta com frequência em produtos de qualidade inconstante. Além disto, salientam que a utilização de misturadores de ação forçada deve ser preferível ao uso dos de eixo inclinado e de queda livre, pois os primeiros apresentam maior eficiência e não causam o empolamento do cimento nas misturas com baixo teor de água.

Em vista destas colocações, acredita-se que de maneira alguma deve-se permitir a mistura manual, pois isso acarreta não só grandes desperdícios de materiais, como também uma acentuada queda da qua-

lidade do produto final, tanto pelas dificuldades de se obter uma mistura homogênea, como pela impossibilidade do controle de qualidade deste tipo de produção. Acredita-se assim, que a produção deva ser centralizada, com o emprego preferencial de misturadores forçados, sendo que na impossibilidade de uso destes deve-se utilizar uma betoneira de eixo inclinado com capacidade compatível com a produtividade requerida. Uma possibilidade ainda, é a utilização das centrais dosadoras de concreto, para a produção da argamassa. Neste caso a dosagem dos materiais é muito mais precisa, pois se dá em peso, com a mistura feita diretamente no caminhão betoneira, que tanto pode levar a argamassa para locais de estocagem, para posterior distribuição, como também pode ser conectado a uma bomba, lançando-a diretamente no pavimento.

Com relação ao bombeamento, porém, a BS 8204 [BSI, 1987] afirma que: "a experiência tem mostrado que o bombeamento mais eficiente é obtido quando se utiliza uma areia bem graduada com pelo menos 15% passando na peneira de 300 micrômetros, sendo freqüentemente difícil bombear, de maneira satisfatória, misturas mais ricas que 1:4, para o teor de água adequado aos contrapisos."

Além das argamassas tradicionalmente empregadas, que são dosadas e misturadas na própria obra, existem como alternativa as pré-misturadas. Segundo Barnbrook [1982], a argamassa pronta traz uma série de vantagens sob o aspecto do controle da produção, pois por ser um produto industrializado, deve passar por um processo de controle de qualidade na indústria, aliviando o controle da obra. Além disto, deve estar bem proporcionada, e com teor de umidade nulo (todos os materiais da mistura passam por um processo de secagem prévio à mistura), levando a que o conteúdo de água a ser adicionado na mistura seja sempre constante.

Quanto ao tempo de mistura, a BS 8000 [1989] considera adequado aquele que permite uma produção homogênea, não apresentando grumos. O tempo ideal é variável para os diversos tipos de equipamentos empregados, em função de suas características (capacidade, velocidade de mistura, etc.). De maneira geral, recomenda-se que nos casos de centrais que utilizem equipamentos de pequeno porte, o tempo mínimo

não seja inferior a 3 minutos [Barnbrook, 1982], enquanto para centrais de porte maior esse tempo é variável para a quantidade produzida e o tipo de equipamento utilizado.

O tempo de lançamento, por sua vez, segundo a BS 8000 [BSI, 1989], não deve exceder a duas horas, considerado desde o início do preparo, pois a partir desse tempo tem início o endurecimento da argamassa, alterando completamente as suas características, podendo resultar segundo a BS 8204 [BSI, 1987] num contrapiso fraco e muito friável. Com alguns cuidados, como por exemplo a cobertura do recipiente de estocagem da argamassa com estopa ou plásticos, para que não perca água para o meio ambiente, segundo a BS 8000 [BSI, 1989], é possível ter um tempo de utilização de até no máximo 3 horas.

Observa-se, portanto, que foram encontradas recomendações de ordem geral, as quais não consideram a produção da argamassa inserida no contexto da obra, em que se levem em conta os volumes a serem produzidos, o tempo, os equipamentos e a mão-de-obra disponíveis. Enfim, são atividades isoladas do planejamento global. Porém, acredita-se que a inserção desta atividade na programação da obra é fator fundamental para uma maior racionalização dos serviços. E neste contexto, acredita-se que devam estar inseridas as atividades relativas à dosagem, mistura, transporte e lançamento da argamassa, verificando-se todas as interferências com as demais atividades da obra, notadamente com a produção das outras argamassas e a simultaneidade dos serviços de execução das vedações horizontais, em função da programação do transporte vertical.

É muito amplo o trabalho de pesquisa a ser realizado para que se tenha um efetivo controle da produção da argamassa de modo a resultar num produto que atenda as especificações de projeto, sem que haja desperdícios.

3.2 AS TÉCNICAS DE EXECUÇÃO DO CONTRAPISO

A correta composição, dosagem e produção de uma argamassa de contrapiso é apenas o início, muito importante, de um longo percurso para se obter um produto final com as características exigidas pelo

projeto. Estando a argamassa corretamente definida, a responsabilidade de alcançar a qualidade especificada para o contrapiso passará a ser das técnicas de execução empregadas.

Os procedimentos de execução atualmente praticados nos canteiros de obras, de modo geral, são desprovidos de qualquer embasamento teórico e são de domínio exclusivo do operário, o qual executa o contrapiso como entende e conhece. Esta situação, em parte, deveria ser esperada, pois caso se procurem informações acerca das técnicas de execução do contrapiso (para os edifícios abordados por este trabalho), nas publicações técnicas nacionais, acredita-se que poucas referências poderão ser encontradas. Por outro lado, no período de formação acadêmica dos engenheiros e técnicos, a tecnologia de execução dos revestimentos e em particular do contrapiso é um assunto não abordado, pois há muita coisa "mais importante" a ser vista no curto espaço de tempo disponível.

Em função desta realidade, vale a pena questionar: de onde surgiram os atuais procedimentos de execução?

Acredita-se que, muito provavelmente, as antigas técnicas de assentamento de revestimentos foram sendo adaptadas no interior da obra e sendo passadas de um operário a outro, durante o processo de produção, surgindo os atuais procedimentos, permeados por equívocos e até mesmo erros de concepção.

Considerando a ausência de tecnologia nos procedimentos hoje praticados nos canteiros nacionais, com certeza não se aproveitou a experiência internacional sobre o assunto, consolidada em uma adequada normalização, pois pela evolução histórica apresentada no item 2.1 observa-se que o contrapiso passa a ser de uso generalizado, no Brasil, em fins da década de 60, sendo que, por esta época os países estrangeiros já o tinham estudado e pesquisado. Cite-se como exemplo as publicações do CSTB [1958], do CSTC [1966] e o CP 202 [BSI, 1972] (sua primeira edição data de 1951), que distinguem o comportamento de diferentes tipos de contrapiso, estabelecem os principais procedimentos de execução e introduzem, inclusive, alguns parâmetros para o controle de aceitação do contrapiso.

Buscando resgatar o conhecimento internacional acerca da tecnologia de execução do contrapiso a fim de consolidar uma metodologia de produção voltada às necessidades e características do brasileiro, colocam-se a seguir, as principais recomendações acerca da produção do contrapiso.

Em função do tipo de contrapiso a ser produzido deve-se tomar uma série de cuidados para que se possa garantir que o produto executado seja compatível com o especificado. Alguns procedimentos são comuns aos diversos tipos e assim, estes serão reunidos num único item a seguir, abordando-se, na seqüência, as particularidades de cada contrapiso, considerando-se sempre a utilização da argamassa semi-seca ou do "tipo farofa" (ver item 3.1).

3.2.1 Recomendações comuns à execução dos diferentes contrapisos

3.2.1.1 Execução de juntas

No que se refere às juntas de dilatação da estrutura, as referências consultadas indicam que no caso de existirem juntas na laje, as mesmas deverão ser prolongadas para os contrapisos. Elder & Vandenberg [1977] recomendam que as juntas da laje sejam projetadas de modo a ficarem, preferencialmente, ocultas pelos elementos construtivos verticais, pois assim não afetam a execução do contrapiso e tão pouco o revestimento.

O CSTC [1966], por sua vez, salienta que o contrapiso deve ser destacado de todos os elementos circundantes como pilares e vedações, por uma junta de dilatação constituída por um material que absorva deformações, com no mínimo 15 mm de espessura. As demais bibliografias estudadas restringem esta recomendação aos contrapisos não aderidos e flutuantes.

No que se refere às juntas próprias do contrapiso, as recomendações são diferenciadas. Barnbrook [1982] adverte para os tamanhos de painéis do contrapiso e segundo este autor, "caso o contrapiso apresente área muito reduzida, poderá sofrer empenamento nas suas bordas, enquanto que nos de área muito extensa pode ocorrer um ele-

vado nível de fissuração.". E, para estes problemas, Barnbrook [1982] recomenda a execução de juntas no contrapiso, independentemente do seu tipo, a cada três ou quatro metros de largura, enquanto admite que o comprimento possa ter o tamanho do ambiente, salientando que esta dimensão "não é considerada tão importante".

O CSTC [1966], por sua vez, sugere a execução de juntas a seco na camada de contrapiso, sempre que uma das dimensões superar cinco metros, limitando a área total em 25 m². A BS 8203 [BSI, 1987], porém, admite que "o contrapiso deve ser lançado na maior extensão possível, considerando-se apenas as facilidades de execução dos trabalhos", afirmando que "a possibilidade de fissuras é grande em extensas áreas, no entanto, as fissuras formadas são de mais fácil tratamento que o empenamento que pode ocorrer quando o contrapiso é executado em pequenas extensões.". O CSTB [1982], por sua vez, recomenda juntas a cada 50m².

A NBR 9817 [INMETRO, 1987] indica, para o caso de pisos revestidos com componentes cerâmicos, a execução de juntas de movimentação, as quais deverão atingir a base ou a camada de impermeabilização, passando, portanto, pelo contrapiso. Tais juntas, para pisos internos, deverão ser executadas "em área maior ou igual a 50 m² e quando a extensão do lado maior for superior a 8,0 m".

Em função das diferentes recomendações encontradas, é difícil realizar uma avaliação em que se possa definir um valor único pois, por se tratar de centros localizados em distintos países, muitas variáveis podem ter contribuído para tais recomendações. Assim, tendo em vista que existe pelo menos uma recomendação nacional, ainda que para um particular revestimento, a mesma deva ser adotada até que estudos específicos sejam realizados.

Outro tipo de junta que pode ocorrer são as denominadas juntas de retomada ou juntas de trabalho, que têm origem no término da jornada de trabalho e na sua retomada em dia posterior. Também neste caso o CSTC [1966] é meticoloso nos detalhes construtivos. Propõe a inclusão de uma tela metálica com 50 cm de largura, atravessando a junta de lado a lado, além de todos os cuidados a serem tomados

para prevenir a conservação da umidade da argamassa e a limpeza do local no dia seguinte. Torna assim uma junta de difícil execução, recomendando que sejam evitadas ao máximo a necessidade das mesmas. Quanto a esses tipos de juntas as demais bibliografias as tratam de maneira simplificada, como é o caso das BS 8203 e 8204 [BSI, 1987], que recomendam a execução das juntas de trabalho a partir do corte do contrapiso na vertical, reiniciando o trabalho com a área adjacente simplesmente em contato com a anterior, sem nenhum elemento de ligação.

3.2.1.2 Execução do acabamento superficial

O acabamento superficial da camada de contrapiso é realizado pelo seu nivelamento, com o auxílio de uma régua, preferencialmente metálica. Esta operação é comumente denominada sarrafeamento da argamassa, que proporciona à camada uma textura ligeiramente áspera, constituindo-se um bom acabamento para determinados revestimentos, cuja espessura da camada de assentamento seja capaz de absorver pequenas irregularidades.

Quando se utilizam revestimentos finos colados segundo Elder & Vandenberg [1977] faz-se necessário um melhor acabamento superficial, o qual pode ser obtido pelo desempenho com madeira ou utilizando-se desempenadeira metálica, a qual proporciona um acabamento mais liso.

O acabamento superficial, portanto, é função do tipo de revestimento a ser empregado, como por exemplo o acabamento apenas sarrafeado tem sido indicado quando o revestimento é do tipo executado no local, como um granilite ou um "terrazzo"²; enquanto o desempenado com madeira é usualmente recomendado para revestimentos como tacos e componentes cerâmicos e o desempenado com aço é empregado quando do uso de revestimentos finos colados, sendo que nos casos dos revestimentos muito finos como os vinílicos, por exemplo, é comum a utilização de uma camada de regularização do contrapiso [BRE,

2 - A BS 6100 [BSI, 1987 a] define "terrazzo" como um revestimento feito no local a partir de uma argamassa constituída por cimento e cacos de mármore, tendo a sua superfície sarrafeada e polida. No Brasil, este tipo de revestimento é também conhecido como marmorite.

1977]. Esta camada apresenta reduzida espessura, cerca de 3,0 a 5,0 mm, usualmente produzida no Brasil pela mistura de um adesivo à base de P.V.A. (acetato de polivinila) com cimento, formando uma pasta fluida aplicada diretamente sobre a superfície do contrapiso [FADEMAC, s.d.]. Este procedimento, porém, é realizado somente após o contrapiso curado, antes da execução do revestimento. Entretanto, algumas publicações como o BRE [1977], indicam a utilização de produtos nivelantes, logo após a execução do contrapiso, para que se garanta a completa ligação contrapiso-camada nivelantes.

3.2.1.3 Cuidados com a cura

Terminada a execução do contrapiso tem início a fase de cura, que segundo as referências bibliográficas consultadas é uma etapa importante para o adequado desempenho do contrapiso. Todas as publicações são unâimes em indicar o maior tempo de cura possível, pois como salienta o BRE [1977], "é durante o período de cura que o contrapiso desenvolve as maiores resistências, retardando a retração por secagem que quando ocorrer, encontrará o material mais apto a resistir aos esforços impostos.". Recomenda-se, de modo geral, que a cura se processe durante uma semana, cobrindo o contrapiso com uma camada impermeável, que segundo o BRE [1977] não deverá tocá-lo no primeiro dia, ficando suspensa por sarrafos de madeira ou por lâmina d'água. Esta posição é compartilhada por Schild et al. [1981]; por Barnbrook [1982] e pela BS 8204 [BSI, 1987].

A DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1], entretanto, recomenda que a cura ocorra por três dias, devendo daí, até o sétimo dia, ser protegido contra a ação de intempéries, como o sol excessivo e o vento. Essa última recomendação é compartilhada pelo CSTC [1966], que acrescenta que uma secagem muito rápida decorrente da ação do sol, por exemplo, pode provocar uma deterioração das partes expostas. A DIN 18560 [DIN, 1985-parte 3] admite que o contrapiso após o terceiro dia possa ser pisado, vetando o trânsito pesado até o sétimo dia.

A BSI, através das BS 8203 e BS 8204 [1987], entre outros autores, admite o trânsito sobre a superfície acabada do contrapiso se a mesma estiver provida de proteção, como por exemplo, pranchas de

madeira, a fim de que seja protegida contra danos e desgastes que possam ser provocados pelas subseqüentes operações de construção.

3.2.1.4 Cuidados com a secagem

Após o período de cura, para um bom desempenho do subsistema piso, o contrapiso deve secar o mais demoradamente possível, para que a umidade presente em excesso na argamassa possa ser eliminada e não venha a danificar a camada de revestimento. Segundo Elder & Vandenberg [1977] o tempo de secagem é influenciado por uma série de fatores, destacando-se a temperatura e a umidade relativa do ar, sendo difícil determinar uma regra fixa para se definir o período que se deve esperar para a aplicação do revestimento. É certo, porém, que quanto maior o tempo de espera melhor será para o desempenho do revestimento, sendo que esse tempo não deverá nunca ser inferior a quatro semanas. Segundo o CSTC [1966], porém, o tempo mínimo de secagem completa do contrapiso é de seis semanas, não diferenciando este tempo em função dos possíveis revestimentos. O BRE [1977] observa que o tempo de secagem é função da qualidade e espessura do contrapiso, apresentando como regra prática o período de quatro semanas para cada 25 mm de contrapiso.

3.2.2 Contrapiso Aderido

Este contrapiso tem como característica principal a total aderência à base. Assim, os procedimentos necessários para garanti-la, descritos a seguir, são os principais diferenciadores da técnica de execução empregada para os demais tipos de contrapiso.

O contrapiso aderido à base pode ser obtido de duas maneiras: lançado sobre a laje de concreto ainda fresco ou lançado após o seu endurecimento.

O primeiro deve ser executado após, no máximo, três horas de execução do concreto, em cuja superfície é lançada uma camada de contrapiso com espessura máxima de 2,0 cm. A base estando ainda úmida e em início de pega, faz com que haja uma forte interação entre ela e o contrapiso, garantindo efetivamente a aderência [Schild et.

al., 1981; CSTB, 1982]. Esta situação é ideal em se tratando da aderência; no entanto, exige maiores cuidados de execução e cura em função da possibilidade de fissuração da superfície final do contrapiso. Além disto, é de difícil obtenção, em função da diversidade de atividades existentes no canteiro no momento de uma concretagem. E ainda, por estar numa fase "bruta" da obra, é difícil obter a regularidade superficial usualmente exigida pelos revestimentos de piso.

É mais comum que se tenha o contrapiso aderido à laje endurecida, o qual poderá ser executado numa fase mais adiantada da obra. A técnica utilizada para a sua execução é a mesma do contrapiso aderido sobre a base fresca, exceto pelos procedimentos necessários para o preparo da base, abordados a seguir.

3.2.2.1 Preparação da superfície da base

Segundo o CSTB [1982], a base deve estar totalmente livre de resíduos soltos, películas de gesso, detritos de argamassa e de outros materiais aderidos. Para remover tais impurezas, a BS 8204 [BSI, 1987] salienta que devem ser utilizados "equipamentos mecânicos que retirem completamente a nata que exsudou para a superfície durante a concretagem, sendo necessário que apareçam os agregados. Os resíduos devem ser completamente removidos, empregando-se, de preferência, equipamento à vácuo. Elder & Vandenberg [1977] e o CSTB [1982] apresentam como alternativa para obtenção de um adequado nível de aderência, deixar saliências na superfície do concreto ou ainda picá-lo manualmente, limpando-o em seguida.

Acredita-se que a operação de picote da superfície do concreto possa ser feita, como uma alternativa ao equipamento mecânico, utilizando-se o picão, vanga ou ponteira e marreta, sendo porém menor a produtividade da obra; enquanto a retirada do material residual pode ser feita por varredura cuidadosa, retirando-se o material pulverulento e lavando-se a base em seguida.

As recomendações da bibliografia para a completa limpeza da base não visam apenas a remoção da nata de cimento da superfície da

base, mas também a retirada de óleos, graxas, colas, tintas ou produtos químicos como hidrófugos, por exemplo, que eventualmente possam estar presentes.

Os autores consultados, dentre eles Elder & Vandenberg [1977], o CSTB [1982] e a BS 8204 [BSI, 1987], recomendam que após ter provido a base da rugosidade necessária e da completa limpeza, a superfície deve ser molhada com quantidade abundante de água, pelo menos 24 horas antes da aplicação do contrapiso, para que a água presente na argamassa não seja imediatamente absorvida pela base, prejudicando a hidratação do cimento e conseqüentemente a resistência do contrapiso, principalmente na interface.

Schild et al. [1981] recomendam que o excesso de água da lavagem deve ser removido, lançando-se sobre a base uma argamassa na proporção de 1:1 (cimento e areia), antes do lançamento da argamassa de contrapiso. A BS 8204 [BSI, 1987] recomenda o lançamento de uma camada de nata de cimento ou outro produto adesivo como ponte de aderência.

Barnbrook [1982] adverte que o emprego da ponte de aderência não substitui a adequada limpeza e apicoamento da base.

3.2.2.2 Aplicação da argamassa de contrapiso

As bibliografias citadas na seção anterior abordam a aplicação da argamassa de contrapiso e são unânimes quanto à necessidade de uma efetiva compactação. Elder & Vandenberg, 1977 e a DIN 18560 [DIN, 1985-parte 3] recomendam que a compactação se dê com a utilização de equipamentos mecânicos. As demais admitem uma compactação manual, desde que provida de energia suficiente para garantir a máxima compactidade do contrapiso. Em função disto, a maioria dos autores limita a espessura de cada camada a 20 ou 30 mm, sendo que os contrapisos de espessura superior devem ser lançados em duas ou mais camadas consecutivas e devidamente compactadas.

3.2.3 Contrapiso Não Aderido

Este contrapiso, como abordado no capítulo 2, tem como característica básica a não necessidade de aderência com a base, logo, nenhuma providência precisa ser tomada no sentido de promovê-la. Assim, qualquer que seja a textura apresentada pela base, será aceitável e não haverá a necessidade de tratamento superficial da mesma. A presença ou não de partículas soltas não é relevante. Não há necessidade de se lavar a superfície e poderá ocorrer a presença de óleo, graxa, cola, tinta ou produtos químicos na superfície, desde que não sejam produtos deletérios ao conjunto. A presença de detritos de argamassa aderidos à base não é problemática desde que a quantidade destes não altere significativamente o nível inicial da base. Caso isto ocorra, os detritos deverão ser removidos [Barnbrook, 1982].

A argamassa de contrapiso é lançada e compactada seguindo os procedimentos do contrapiso aderido. A compactação neste caso é também essencial para garantir maior compacidade da camada e portanto maior resistência mecânica do contrapiso.

3.2.4. Contrapiso Flutuante

O contrapiso flutuante é caracterizado por não existir contato algum entre a argamassa e a base. No entanto, a base deverá ser devidamente preparada para receber a camada intermediária, sendo que os cuidados, neste caso, serão função das características desta camada. Pode ser necessário, no caso de uma camada impermeável, por exemplo, a completa retirada de restos de argamassa aderidos, acertos de imperfeições da concretagem, remoção de pregos que tenham ficado presos na laje após a desforma, entre outros.

Segundo o CSTB [1982], após a aplicação da camada intermediária, não se deve permitir o tráfego de equipamentos, carrinhos ou mesmo operários calçados, diretamente sobre ela. Nos casos em que o trânsito se fizer necessário, devem ser utilizados dispositivos de proteção como tábuas, compensados ou areia.

Os procedimentos para lançamento da argamassa são idênticos aos do contrapiso aderido, sendo que segundo o BRE [1977] deve-se tomar extremo cuidado para que a compactação da camada de contrapiso não danifique a intermediária que, eventualmente, poderá ser uma camada compressível. Schild et al. [1981] recomendam, para este caso, que "não deve ser feita uma compactação manual, a fim de evitar que a camada intermediária se deforme diferencialmente. Deve-se utilizar um vibrador de superfície, capaz de distribuir uniformemente o aglomerante por toda a seção, reduzindo o volume de poros."

Barnbrook [1982], por sua vez, recomenda que a execução da camada de contrapiso flutuante seja executado em duas etapas: "a primeira camada deve ser lançada com espessura de 25 mm, sendo cuidadosamente compactada e nivelada apenas com régua e decorrido um intervalo de 24 horas, deve ser lançada a segunda camada, também adequadamente compactada.". Recomenda, ainda, que para se reduzir o risco de fissuração seja empregada uma malha metálica entre as duas camadas.

3.3 CONTROLE DE QUALIDADE E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Segundo Meseguer [1980] o "número de falhas na construção está relacionado em proporção inversa com o grau de controle exercido nas distintas fases do processo construtivo.". Esse conceito, há muito utilizado nos setores industriais mais avançados, somente recentemente começa a ser introduzido na indústria da construção civil e em particular no ramo da construção de edifícios.

Se apenas recentemente este conceito vem ganhando espaço dentro da construção civil no Brasil, é evidente que as atividades de execução do contrapiso estão muito distantes de serem contempladas com algum procedimento ou programa específico de controle de qualidade de produção. Mesmo a bibliografia internacional não traz procedimentos sistematizados para controle desta atividade, mas sim algumas recomendações genéricas como é o caso da BS 8203 [BSI, 1987] que prescreve procedimentos gerais de produção do contrapiso, em que salienta que os trabalhos devam ser inspecionados durante a sua execução e após o seu término, com a atenção voltada para os mate-

riais, o preparo da base (no caso do contrapiso aderido), à mistura da argamassa, à compactação, ao acabamento e cura corretos. Não aborda, porém, os procedimentos específicos para a realização da inspeção proposta.

Na bibliografia estudada encontrou-se apenas alguns procedimentos de controle voltados para a produção da argamassa e a avaliação do contrapiso executado, sendo os principais colocados a seguir.

3.3.1 Controle de Produção da Argamassa

O controle de qualidade de produção da argamassa deve passar por uma série de estágios, ou seja, de modo geral é necessário controlar desde o recebimento das matérias primas até o comportamento mecânico da argamassa, através de ensaios realizados em corpos de prova. Na bibliografia que trata do assunto não foi encontrado um programa de controle propriamente dito, mas apenas algumas recomendações acerca dos materiais a serem empregados e o controle de resistência mecânica da argamassa.

O controle de qualidade da argamassa é destacado apenas pela DIN 18560 [DIN 1981-parte 1] em que a argamassa, para um específico contrapiso, quando não conhecido o seu comportamento após aplicada, deve ser definida a partir de uma resistência mínima, compatível com as características de uso do contrapiso. O controle inicia-se pelas determinação das características dos materiais, em que se recomenda que o aglomerante seja controlado considerando-se os dados constantes em sua embalagem ou na fatura de fornecimento, a respeito do tipo e da classe de resistência, verificando se estão em conformidade com as especificações do pedido. Para o agregado, propõe inicialmente um ensaio visual quanto à granulometria e a presença de componentes prejudiciais à argamassa. Apenas em caso de dúvidas é que recomenda o envio do mesmo para análise completa, em laboratório. Estes procedimentos de controle de recebimento dos materiais são propostos também pela BS 8000 [BSI, 1989].

Quanto à resistência das argamassas a DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] propõe dois níveis de controle: o de verificação e o de qualidade.

O ensaio de verificação consiste na determinação da resistência à compressão, aos 28 dias, de corpos de prova cúbicos, moldados com a argamassa de contrapiso antes de sua utilização. Busca-se, com este ensaio, certificar-se de que a composição e a dosagem definidas para a argamassa estão corretas. Recomenda-se a sua realização quando são exigidas argamassas com classe de resistência superior a 55 N/mm², sendo que para as inferiores a este limite, recomenda-se realizar este ensaio apenas quando não se tem prática suficiente com os materiais utilizados, a fim de que seja determinada a correta composição e dosagem. Os limites mínimos de resistência indicados para cada classe são apresentados na tabela 3.4.

O ensaio de qualidade, por sua vez, é realizado durante a execução do contrapiso e tem por finalidade constatar que o mesmo atingiu a qualidade requerida. É executado apenas quando combinado entre as partes (contratante e executor). O teste consiste na amostragem da argamassa que está sendo empregada no contrapiso, para cada 7 dias de trabalho ou a cada 1000 m² de área executada (aquele que proporcionar maior número de corpos de prova). A amostragem deve ser feita considerando-se a execução de três corpos de prova para os ensaios de resistência à tração na flexão e três para o de compressão. O critério de aceitação consiste em que o menor valor entre as amostras e o valor médio do conjunto obtidos aos 28 dias após moldagem dos corpos de prova, não devam ser inferiores aos apresentados na tabela 3.4 a seguir, devendo os ensaios serem realizados segundo as prescrições da norma DIN 18555, citada na DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1].

Os valores exigidos no ensaio de verificação são superiores aos requeridos no ensaio de qualidade, por se considerar a faixa de dispersão encontrada por ocasião da execução do contrapiso.

Além da resistência mecânica da argamassa, outra característica sua que pode afetar o desempenho do contrapiso é a trabalhabilidade que é difícil de ser qualificada. De modo geral, ela é avaliada qualitativamente pelo operário que irá executar o contrapiso. Uma pequena variação no teor de umidade da argamassa não compromete as características de trabalhabilidade da mesma, podendo entretanto

interferir no seu comportamento mecânico. Os trabalhos realizados por Beningfield [1986] mostram que, para teores de umidade entre 9% e 11% o desempenho do contrapiso medido com o "screed tester" proposto pelo BRE [Pye, 1984] não apresenta sensível diferença; porém, saindo desta faixa de umidade o comportamento mecânico do contrapiso pode ficar comprometido.

TABELA 3.4: Classes de resistência e suas características para contrapisos de cimento, segundo a DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1].

Classe de Resistência	Ensaio de qualidade			Ensaio de Verificação
	resistência à compressão		resistência à tração	resistência à compressão
	menor valor individual N/mm ²	valor médio de série N/mm ²	valor médio de série N/mm ²	valor indicativo N/mm ²
12	≥ 12	≥ 15	≥ 3	≥ 18
20	20	25	4	30
30	30	35	5	40
40 ¹⁾	40	45	6	50
50 ¹⁾	50	55	7	60
55 ¹⁾	55	70	11	80
65 ¹⁾²⁾	65	75	9	80

1) Será necessário o teste de verificação.

2) Grupo de material duro conforme a DIN 1100.

3.3.2 Controle do Contrapiso Executado

A avaliação do contrapiso executado pode se diferenciar conforme o contrapiso seja aderido, não aderido ou flutuante.

Segundo a BS 8203 [BSI, 1987], o ensaio para avaliação da aderência é feito através de batidas de uma barra metálica em toda a superfície do contrapiso; dá-se, portanto, por percussão. Segundo o BRE [1977], a ocorrência de som cavo, indica que não houve aderência

com a base ou que esta ocorreu parcialmente, salientando que isto é comum nas bordas, cantos e próximo a fissuras.

Acredita-se que a simplicidade de verificação desta característica decorre do contrapiso aderido ser pouco utilizado nos países estrangeiros, principalmente pela necessidade de incorporação de sistemas de isolamento térmico ao conjunto do piso, o que caracteriza, de modo geral, o contrapiso flutuante. Segundo Schild et al. [1981], o contrapiso aderido é empregado apenas em locais de pouca permanência como galpões, sótãos, etc., tendo portanto, uma utilização secundária. Além disto acredita-se que os procedimentos de execução estejam incorporados no sistema produtivo, não sendo necessário realizar uma avaliação minuciosa.

Outras características a serem verificadas para qualquer tipo de contrapiso são a sua espessura e regularidade superficial. A espessura final do contrapiso deve ser uma característica identificada em projeto para a melhor definição do mesmo. Após executado, porém, deve apresentar uma tolerância mínima para que não haja problemas de execução nos revestimentos contíguos. A DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] estabelece uma tolerância para a camada de contrapiso executada em relação à projetada. Define que a espessura executada deve ser no máximo 5 mm inferior à espessura projetada num universo de 10 amostras. A média entre as dez amostras porém, deve ser de no mínimo o valor da espessura nominal. A realização desta avaliação ocorre apenas no caso do ensaio de comprovação³.

As condições de planeza e horizontalidade da superfície final também são usualmente avaliadas. Segundo o CSTC [1966], o contrapiso deverá ter planeza adequada aos revestimentos a serem utilizados e estar no nível exigido, devendo apresentar em todas as suas partes uma superfície isenta de flechas ou saliências, e o estado superficial deve ser liso, fino e regular. Recomenda que para os revestimentos rígidos as flechas máximas admissíveis em qualquer ponto do contrapiso deverão ser de no máximo 4.0 mm, medida com uma régua de

3 - O teste de comprovação segundo a DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] é realizado apenas nos casos em que existem sérias dúvidas acerca do desempenho do contrapiso executado.

2,0 m a partir das extremidades de todo ambiente. A mesma recomendação é feita para os revestimentos finos ou flexíveis, acrescentando, porém, que nenhum ponto deverá apresentar flecha acima de 1,0 mm com uma régua de 0,20 m.

O CSTB [1982] apresenta tolerâncias superficiais diferenciando o contrapiso incorporado (aquele executado antes de três horas da cura da laje de concreto), dos demais. Para o incorporado recomenda que, utilizando-se uma régua metálica de 2,0 m, nenhuma flecha superior a 7,0 mm deve ser observada considerando o deslocamento da régua em todas as direções. Com uma régua de 0,20 m, nenhuma flecha superior a 2,0 mm deve ser encontrada.

Para os contrapisos executados após a cura da laje, os limites para as mesmas régua são de 5,0 mm e 2,0 mm respectivamente, para os revestimentos espessos (componentes cerâmicos e pedras, por exemplo) sendo que para o emprego de revestimentos finos colados (vinílicos e têxteis) estes limites são de 5,0 e 1,0 mm.

A BS 8203 [BSI, 1987] apresenta três classes de regularidade superficial de contrapiso em função do tipo e espessura do revestimento de piso a ser aplicado. Sienta que o mais elevado padrão "SR1" deve ser empregado quando a espessura do revestimento exige o mínimo de irregularidade possível, como por exemplo um estúdio de televisão. Comparativamente, o mais baixo padrão "SR3" pode ser selecionado quando a espessura do revestimento de piso empregado e o padrão de acabamento superficial do revestimento não são fatores essenciais. A tabela 3.5, abaixo, apresenta esses limites.

TABELA 3.5: Classificação da regularidade superficial de contrapisos, segundo a BS 8203 [BSI, 1987].

Classe	Desvio máximo permitido a partir da face inferior de uma régua metálica de 3,0 m em repouso na superfície do contrapiso (em mm).
SR1	3
SR2	5
SR3	10

O desvio é medido através de cunhas metálicas inseridas no vão entre a régua e a superfície do contrapiso, sendo que o número de pontos a serem avaliados deve ser acordado entre as partes envolvidas, considerando-se o padrão de acabamento necessário, o tempo e os custos. As cunhas propostas pela BS 8203 [BSI, 1987], são apresentadas na figura 3.2, a seguir.

FIGURA 3.2: Cunhas metálicas para verificação da regularidade superficial de contrapisos, propostas na BS 8203 [BSI, 1987]. As medidas estão em mm.

Ainda com relação à regularidade superficial, a DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] propõe para os contrapisos as mesmas tolerâncias indicadas para os revestimentos de piso, apresentadas no item 2.3.7.1 do capítulo 2.

No que se refere às solicitações mecânicas durante a vida útil do contrapiso, a avaliação de desempenho ocorre de diversas maneiras.

A DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] recomenda para o caso de sérias dúvidas acerca do desempenho do contrapiso, a realização do ensaio de

comprovação da resistência mecânica, que consiste em retirar amostras do contrapiso executado e ensaiá-las à compressão ou à tração na flexão, verificando-se o seu comportamento. No caso do contrapiso aderido a DIN 18560 [DIN, 1985-parte 3] recomenda a realização de ambos os ensaios, sendo que para o contrapiso não aderido [DIN, 1985-parte 4] e flutuante [DIN, 1981-parte 2] é realizado apenas o ensaio de tração na flexão com corpos de prova do tipo placas com dimensões mínimas de 400 mm X 400 mm e espessura do contrapiso e vigotas com dimensões de 60 mm de largura e comprimento de cinco vezes a espessura do contrapiso. Os resultados obtidos para as resistências são comparados com os valores indicativos para o ensaio de qualidade apresentados na tabela 3.4 e, de modo geral, não podem ser inferiores a 70% daqueles.

Observe-se que as referências de origem alemã avaliam o desempenho do contrapiso fora do seu conjunto. Acredita-se que os resultados do ensaio de placas de dimensões 400 mm X 400 mm ou de corpos de prova cúbicos podem ser indicativos do comportamento do contrapiso, no entanto, não o representam fielmente, pois quando o contrapiso é avaliado como um todo, está presente o confinamento do material que é mais significativo que o de uma placa de pequenas dimensões.

Além destes ensaios, existem outros dois que buscam verificar o comportamento do contrapiso no local de sua execução e portanto está mais próximo do seu comportamento real, que são: o "stanger iron-nail test" (teste pela cravação de pregos) e o "soundness test" (ensaio de integridade).

O primeiro, relatado por Bailey [1986], foi muito utilizado antes do desenvolvimento do "screed tester", empregado atualmente no ensaio de verificação da integridade do contrapiso. Ele consiste da cravação de dois pregos "padrão", no contrapiso, um após o outro.

4 - O termo "soundness", traduzido como integridade do contrapiso, é utilizado para descrever aquela propriedade requerida pelo contrapiso para resistir aos carregamentos e tráfego impostos em serviço. A integridade é função de muitos fatores que afetam a resistência e a estrutura do contrapiso, como por exemplo a proporção de mistura, conteúdo de água, granulometria da areia, eficiência na mistura, compactação e cura [BRE, 1984].

E, em função do comportamento de ambos, define-se a qualidade do contrapiso.

O critério para a avaliação, neste caso, é dado pelo seguinte:

- se ocorrer a penetração do 1º prego, caracteriza-se a falha do contrapiso;
- se o primeiro prego dobrar e penetrar o segundo pode haver risco de falha e
- se dobrarem ambos os pregos, não deverá haver problemas de falha.

Este ensaio, segundo Bailey [1986] apresenta algumas vantagens e algumas desvantagens em relação ao "screed tester". Como vantagens apresenta: "é simples e leve o seu transporte; causa dano mínimo no contrapiso; podem ser utilizados em contrapisos flutuantes; é um método rápido de determinação e é possível inferir uma série de informações sobre o contrapiso a partir deste teste, como por exemplo a variabilidade local e o grau de compactação e adesão à laje.". Segundo o autor, ainda, apresenta como principal desvantagem: "o efeito do martelo sobre os dois pregos que é sensível ao operador, podendo apresentar grandes variações no resultado ao se passar de um operador para outro.".

Provavelmente em função da desvantagem apresentada por este ensaio, ele foi abandonado, dando lugar ao "screed tester", cujo uso vem se intensificando e é relatado por diversos autores, destacando-se: Pye [1984], Barnbrook [1986], e Oldham [1988].

O ensaio foi desenvolvido pelo BRE adaptando o ensaio proposto por F.G. Thomas, em 1948 para pisos de madeira, citado por Pye & Warlow [1978]. O "screed tester" consiste basicamente de um peso de 4.0 Kg que desliza num tubo cilíndrico com um metro de altura, que trabalha como guia, chocando-se, em sua extremidade, com uma peça de 500 mm² de área, em contato com a superfície do contrapiso, transmitindo, então, o impacto à área a ser avaliada. O peso de 4,0 Kg deve ser solto quatro vezes sobre o mesmo local do contrapiso com no mínimo 14 dias de idade, sendo que após o quarto impacto a indentação (marca) deixada no contrapiso é medida com o auxílio de

comparador ou mesmo de um paquímetro. O valor obtido dará uma idéia da integridade ("soundness") do contrapiso.

A BS 8203 [BSI, 1987] apresenta uma tabela, transcrita na tabela 3.6, a seguir, em que classifica os contrapisos e apresenta os limites de aceitação para os mesmos, com pelo menos 14 dias de idade.

TABELA 3.6: Limites de aceitação para o ensaio de integridade do contrapiso, executado com o equipamento "screed tester", segundo a BS 8203 [BSI, 1987].

CATEGORIA(*)	LIMITES DE ACEITAÇÃO APÓS QUATRO GOLPES
A	Indentação ≤ 3 mm
B	Indentação ≤ 4 mm
C	Indentação ≤ 5 mm

(*) A categoria do contrapiso está relacionada com as suas condições de utilização dadas na tabela 3.2.

As condições de utilização do "screed tester" estão descritas no item C.7, do anexo C.

Acredita-se que os países tecnologicamente mais avançados além de prescreverem os ensaios de avaliação de desempenho do produto acabado, devam possuir um programa de procedimentos a serem empregados nas diversas situações de canteiro, não havendo uma metodologia específica para controle de cada atividade. Este programa, entretanto, inexistente no Brasil, pois os códigos de obra vigentes estão muito distantes de serem um guia tecnológico passível de emprego em obra e, além disto, nem mesmo os mecanismos de avaliação de desempenho são empregados.

Desta forma defende-se que para haver um avanço na tecnologia de produção do contrapiso, no Brasil, faz-se necessário que além da verificação do seu desempenho após terminado, seja realizado um acompanhamento de todas as etapas de produção. E por acreditar nisto é que no item 5.4, do capítulo 5, apresenta-se uma metodologia de controle, envolvendo as atividades de produção e o recebimento do contrapiso acabado, como uma proposta deste trabalho.

4. ESTUDO EXPERIMENTAL DA PRODUÇÃO DO CONTRAPISO

A revisão e a análise bibliográfica realizadas nos capítulos 2 e 3 evidenciam que os procedimentos de produção do contrapiso necessitam ser sistematizados para que, de fato, sejam implementados e praticados nos canteiros de obras nacionais em nível tecnológico coerente com o conhecimento disponível no país.

Acredita-se que esta sistematização faça parte de um processo evolutivo no campo dos revestimentos de piso, no Brasil, que deve caminhar em busca do estágio tecnológico em que hoje se encontram os países estrangeiros, caracterizado pelo conhecimento dos seus materiais, pela conscientização da mão-de-obra sobre a importância que os cuidados de execução exercem no comportamento do produto final, pela existência de parâmetros que permitam avaliar o desempenho do contrapiso e pelo controle de qualidade que imprimem às atividades de produção e recebimento do produto.

Entretanto, entende-se que a tecnologia de produção do contrapiso não pode estar fundamentada, exclusivamente, na reprodução de conceitos e recomendações encontrados na bibliografia estrangeira, cuja realidade em muito difere da nacional, seja em função de distintas características dos materiais e da mão-de-obra empregados, seja em relação ao tipo de contrapiso utilizado.

No Brasil, existe uma prática adotada nas obras que necessita ser avaliada, buscando-se identificar seus pontos positivos, bem como rever os pontos negativos que a mesma apresenta. Além disto, considerando-se as dimensões do território nacional, estão disponíveis materiais e mão-de-obra com as mais distintas características, as quais precisam ser conhecidas, para que aliando-se estas variáveis às recomendações bibliográficas, possam ser identificados os principais pontos a estudar e a pesquisar, reunindo os parâmetros necessários à evolução do processo de produção do contrapiso.

Procurando atingir este objetivo, o estudo experimental adotou uma metodologia de abordagem do problema, partindo de uma pesquisa de campo, em que os atuais procedimentos de produção foram identifi-

cados. Fundamentando-se nestes e na bibliografia pesquisada, elaborou-se, em seguida, algumas premissas para a melhoria da qualidade do contrapiso, entendida como a busca de maior produtividade e menor custo e, após produzido, menores problemas patológicos.

Tais premissas foram avaliadas em laboratório e em campo, testando-se argamassas, técnicas de execução e o comportamento do contrapiso executado.

Os resultados positivos, obtidos nesta fase experimental, aliados aos conceitos contidos na bibliografia, subsidiaram a elaboração da metodologia de produção do contrapiso proposta no capítulo 5.

4.1 LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO EM CANTEIRO

Os contrapisos produzidos com argamassas de cimento Portland apresentam propriedades que dependem da composição e dosagem desta, da técnica de execução e de outros fatores tais como características da base, espessura da camada e revestimentos utilizados.

O trabalho de campo buscou identificar estas variáveis a partir de visitas a edifícios em construção, acompanhando as atividades de produção e de informações fornecidas por engenheiros, que responderam a um questionário sobre as condições de execução do contrapiso em sua obra.

O questionário, apresentado no anexo A, aborda a produção da argamassa, os procedimentos de execução do contrapiso, as características da mão-de-obra e os tipos de revestimentos usuais.

O universo da pesquisa constou de 25 obras de edifícios habitacionais e comerciais (escritórios), de distintas regiões do país. A partir dos dados coletados foram definidos os parâmetros de análise, sintetizados nas tabelas 4.1 a 4.4, a seguir, contendo a composição e dosagem das argamassas, uma síntese das técnicas de execução praticadas, a produtividade da mão-de-obra na produção do contrapiso e os revestimentos de piso com seus procedimentos usuais de aplicação.

Nos itens 4.1.1 a 4.1.4 apresenta-se a análise dos principais dados levantados, elaborando-se no item 4.1.5 algumas premissas para a melhoria da qualidade de produção do contrapiso.

TABELA 4.1: Resumo sobre a composição e dosagem das argamassas de contrapiso.

ORDEM	LOCALIDADE	MATERIAIS	TRAÇO "D"(1)	TRAÇO "R"(2)
01	SÃO PAULO	C/AM	1:4,4	1:3,8
02	GOIÂNIA	C/AM	1:4,5	1:3,6
03	GOIÂNIA	C/AM	1:3,0	1:3,0
04	GOIÂNIA	C/AM	1:4,5	1:3,0
05	GOIÂNIA	C/AG	1:4,0	1:3,2
06	BELÉM	C/AF	1:4,0	1:3,0
07	BELÉM	C/AF	1:4,0	1:3,0
08	BELÉM	C/AF	1:5,0(3)	1:2,0
09	BELÉM	C/AF	1:6,0(4)	1:3,0
10	BELÉM	C/A	1:4,0	1:3,0
11	BRASÍLIA	C/AM	1:4,0	(*)
12	BRASÍLIA	C/AM	1:3,7	1:3,0
13	ESP. SANTO	C/AG	1:2,5(5)	1:2,7
14	GUIABÁ	C/AM	1:4,0	1:3,6
15	GUIABÁ	C/AG	1:6,0	1:5,4
16	P. ALEGRE	C/AM	1:4,0	1:3,0
17	P. ALEGRE	C/AM	1:4,0	1:3,0
18	P. ALEGRE	C/AM	1:4,0	1:3,0
19	B. HORIZ.	C/AF	1:4,0	1:3,0
20	B. HORIZ.	C/AG	1:4,0	1:4,0
21	B. HORIZ.	C/AG	1:3,0	1:1,7
22	C. GRANDE	C/AF/PE	1:7,0:6,0	1:7,0:6,0
23	C. GRANDE	C/AF/PE/B1	1:3,0:2,0:2,0	1:3,0:2,0:2,0
24	C. GRANDE	C/AF	1:3,0	1:3,0
25	R. JANEIRO	C/AM	1:4,0	1:3,7

(1) TRAÇO "D": Traço declarado no questionário

(2) TRAÇO "R": Traço real, determinado a partir das características dos materiais e dos recipientes de medida empregados;

(3) Traço declarado: 1 saco de cimento e 5 latas de 18 l de areia;

(4) O traço foi declarado como experimental;

(5) Traço declarado: 1 saco de cimento e 2,5 carrinhos de 56 l.

LEGENDA

(A) areia sem identificação

(C) cimento

(AM) areia média

(AF) areia fina

(AG) areia grossa

(PE) pedrisco

(B1) brita 1

(*) não foi possível a determinação

TABELA 4.2: Resumo das técnicas de execução do contrapiso

ORDEN	PREPARO DA BASE	ACABAMENTO SUPERF. (*)	ESPESSURA MÉDIA (cm)	COMPACTAÇÃO	EQUIPAMENTO (DIM. CM)
01	VA/MO/NA	DM+DA	4,0	S	SO - 30X30
02	RA/VA/MO	DM-MO	3,0	S	ENXADA
03	VA/MO/PA	DM+DA	4,5	S	ENXADA
04	RA/VA/MO/NA	DM+DA/PO/MO	4,0	S	SO - 20X40
05	RA/VA/MO	DM/MO	4,0	S	DESEMPEN.
06	RA/VA/MO/PA	DM/MO	4,0	S	SO - 18X36
07	RA/VA/MO/PA	DM/MO	3,5	S	SO - 20X25
08	RA/VA/MO	DM+A	3,5	S	SO - 20X15
09	RA/VA/MO/PA	DA/PO	3,0	S	DESEMPEN.
10	RA/VA/MO	DA	3,0	S	DESEMPEN.
11	RA/VA/MO/PA	DM/MO	3,5	S	SO - 30X40
12	VA/PA/BI	DM	(**)	S	SO - 30X30
13	RA/VA/MO/PA	DM+DA/MO	2,5	S	SO - 35X35
14	RA/VA/MO	DA/MO	5,0	S	SO - 30X12
15	VA/PA	DA	4,0	S	(**)
16	VA/LA/NA	DM	3,5	N	
17	VA/MO/PA	DM/PO	5,0	S	DESEMPEN.
18	VA/MO/NA	DM/PO	5,0	S	SO - 30X20
19	VA/LA	DM	4,0	S	DESEMPEN.
20	VA/MO/PA	DM/PO/MO	4,0	S	SO - 30X30
21	RA/VA/MO/PA	DM/DA	5,0	S	ENXADA
22	RA/VA/MO/NA	DM/PO/MO	5,5	S	ENXADA
23	RA/VA/MO	DA/MO	5,5	N	DESEMPEN.
24	RA/VA/MO/NA	DM/MO	5,5	S	ENXADA
25	VA/MO/NA	DA/PO	4,0	S	DESEMPEN.

(*) Em todas as obras, antes do desempenho da camada, o contrapiso é sarrafeado com régua metálica.

LEGENDA

(RA) faz a raspagem da base
 (LA) base lavada
 (VA) base varrida
 (MO) base molhada
 (NA) aplica nata de cimento sobre a base
 (PA) joga a argamassa e faz uma pasta sobre a base
 (BI) aplicação de branco sobre a base
 (DM) desempenho com madeira
 (DA) desempenho com aço
 (PO) polvilha cimento sobre a superfície do contrapiso
 (S) sim
 (N) não
 (SO) soquete
 (DESEMPEN) desempenadeira
 (**) item não respondido

TABELA 4.3: Resumo sobre a produtividade da mão-de-obra utilizada para a execução do contrapiso.

ORDEM	LOCALIDADE	OPER/EQ	hh/EQ	M ² /EQ	hh/M ²
01	SÃO PAULO	3	27,00	60,00	0,45
02	GOIÂNIA	2	18,00	38,00	0,47
03	GOIÂNIA	2	9,00	50,00	0,18
04	GOIÂNIA	3	30,00	60,00	0,50
05	GOIÂNIA	2	20,00	41,00	0,49
06	BELÉM	2	18,00	25,20	0,71
07	BELÉM	2	18,00	29,00	0,62
08	BELÉM	2	18,00	27,00	0,67
09	BELÉM	2	18,00	35,00	0,51
10	BELÉM	2	18,00	35,00	0,51
11	BRASÍLIA	3	27,00	70,00	0,39
12	BRASÍLIA	3	27,00	18,00	1,50
13	ESP. SANTO	3	27,00	80,00	0,34
14	CUIABÁ	3	27,00	60,00	0,45
15	CUIABÁ	2	18,00	72,00	0,25
16	P. ALEGRE	2	17,60	70,00	0,25
17	P. ALEGRE	3	26,40	40,00	0,66
18	P. ALEGRE	5	44,00	200,00	0,22
19	B. HORIZ.	2	18,00	25,00	0,72
20	B. HORIZ.	2	18,00	30,00	0,60
21	B. HORIZ.	4	36,00	73,00	0,49
22	C. GRANDE	3	27,00	77,00	0,35
23	C. GRANDE	3	27,00	17,00	1,59
24	C. GRANDE	2	18,00	31,50	0,57
25	R. JANEIRO	2	18,00	40,00	0,45

(*) média: 0,56 HH/M²

D.P.: 0,33

C.V.: 60%

LEGENDA

(OPER/EQ) - operários por equipe

(HH/EQ) - horas de um homem por equipe

(M²/EQ) - metro quadrado por equipe

(HH/M²) - horas de um homem por metro quadrado

(D.P.) - desvio padrão

(C.V.) - coeficiente de variação

TABELA 4.4: Resumo sobre os revestimentos de piso utilizados nas obras.

ORDEN	LOCALIDADE	REVESTIMENTOS	TÉCNICAS APLICAÇÃO
01	SÃO PAULO	CE/CA	AA/CO
02	GOIÂNIA	CA	CO
03	GOIÂNIA	CA	CO
04	GOIÂNIA	CA/TC	CO/FIX-CO
05	GOIÂNIA	CE	NA
06	BELÉM	CE/CA/TC-T/GR	NA/CO/FIX-CO-CO/ARG
07	BELÉM	CE/CA/TC/GR-AR	NA/CO/FIX-CO/ARG.SA
08	BELÉM	CE/CA/TC-T/GR-MA	NA/CO/FIX-CO-CO/ARG
09	BELÉM	CE/CA/TC	AA/CO/CO
10	BELÉM	CE/CA/TC-T/PE	AA/CO/FIX-CO-CO/ARG
11	BRASÍLIA	CE/CA/TC	AA/CO/FIX/CO
12	BRASÍLIA	CE/CA	AA/CO
13	ESP. SANTO	CE/CA/TC/AR-MA-GR	(*)
14	CUIABÁ	CE/CA/GR	AA/CO/ARG
15	CUIABÁ	CE/CA	AA/CO
16	P. ALEGRE	CE/CA	AA/CO
17	P. ALEGRE	CE/CA/TC	AA/CO/FIX
18	P. ALEGRE	CE/CA/TC	AA/CO/FIX
19	B. HORIZ.	CE/TC-T/GR-AR	AA/FIX-CO/ARG
20	B. HORIZ.	CE/CA/TC/AR-MA-GR	(*)
21	B. HORIZ.	CA	CO
22	C. GRANDE	CE/CA	AA/CO
23	C. GRANDE	CE/CA/AR	AA/CO
24	C. GRANDE	CE/CA/TC/GR	AA/CO/FIX/ARG
25	R. JANEIRO	CE/CA/TC	AA/CO/FIX

LEGENDA

(CE) - cerâmico	(GR) - granito
(CA) - carpete	(AR) - ardósia
(TC) - tábuas corridas	(MA) - mármore
(T) - tacos	(PE) - pedras
(ARG) - argamassa convencional	(CO) - colado
(AA) - argamassa adesiva	(FIX) - fixado
(ARG.SA) - argamassa de saibro	(NA) - nata de cimento
(*) - item não respondido	

4.1.1 Composição e Dosagem das Argamassas

Pela tabela 4.1, verifica-se que, na maioria das obras avaliadas, a argamassa empregada para a produção do contrapiso é constituída por cimento, areia e água. Uma análise global dos dados permitiu identificar que o cimento provém dos mais diversos fabricantes, principalmente em decorrência das possibilidades de fornecimento local e da oscilação de preço do material no mercado. Quanto à areia, predomina a quartzosa, extraída de rios, com granulometria média, encontrando-se ainda argamassas produzidas com areia fina ou grossa, sendo que o emprego destas vem ocorrendo apenas nos locais em que não há disponibilidade da primeira.

Detectou-se, também, o emprego de argamassas constituídas por cimento, areia e pedrisco ou brita 1, em que a introdução do agregado graúdo deu-se numa tentativa de melhorar as condições de mistura pois a areia disponível era extremamente fina, requerendo um elevado teor de cimento para a obtenção de uma argamassa homogênea.

Acredita-se que a introdução do pedrisco e a redução do teor de aglomerante ocorreu no sentido de possibilitar a produção de uma argamassa técnica e economicamente viável. No entanto, acredita-se que a redução de cimento na composição da argamassa deva ter sido realizada sem um critério técnico, pois observa-se duas dosagens distintas em obras de uma mesma cidade; enquanto na obra identificada pelo número 22 utiliza-se um traço de cimento, areia fina e pedrisco na proporção em volume de 1:7,0:6,0; na obra 23 a dosagem empregada, também em volume, é de 1:3,0:2,0:2,0 de cimento, areia, pedrisco e brita 1.

Considerando-se as duas dosagens anteriores e ainda, avaliando-se os dados da planilha e do questionário como um todo, quanto à dosagem das argamassas, identifica-se que os técnicos envolvidos com a produção do contrapiso parecem não conhecer os materiais com os quais trabalham e não realizar o controle de produção da argamassa, pois em diversas obras a dosagem praticada pelos operários é totalmente diferente daquela que o engenheiro diz ou pensa estar utilizando. Isto torna-se evidente ao se comparar o traço declarado e o

traço real, apresentados na tabela 4.1, sendo que pelas visitas realizadas, detectou-se que a diferença entre ambos deve-se principalmente à ausência de controle da produção, traduzida pela não identificação da variação nas características dos materiais; pelo uso de recipientes inadequados para a sua medição e pelo preparo inadequado da argamassa, sendo estes aspectos comentados a seguir:

a) variação nas características dos materiais: os materiais empregados nas argamassas de contrapiso podem apresentar variações em suas características em decorrência do local de origem e das condições de produção e armazenamento, fazendo-se necessário que estas sejam definidas para cada um. Pela pesquisa realizada detectou-se, porém, que tais variações não foram consideradas, decorrendo daí, um desperdício significativo de materiais. Como exemplo tem-se que, na maioria dos casos, a umidade e o conseqüente inchamento da areia não foram considerados na dosagem e ainda, o volume adotado para um saco de cimento, em aproximadamente 70% das obras, foi de 36 litros, enquanto os experimentos realizados em laboratório e que poderiam ser facilmente reproduzidos em campo, indicam um volume médio de 42 litros, variando em função do tipo e do fabricante.

b) uso de recipientes inadequados: este procedimento é inerente à produção das argamassas de modo geral, não apenas à de contrapiso. Decorre, principalmente, do descaso com que a produção destas é tratada, pois os técnicos parecem desconhecer ou não conseguem avaliar as conseqüências de uma dosagem incorreta e não controlada. Os recipientes tais como latas e carrinhos de mão, utilizados em muitas obras, podem ser considerados como os mais ineficientes para a dosagem, principalmente estes últimos, cuja forma não permite uma dosagem constante, constatando-se isto ao se considerar o volume adotado pelas diferentes obras que varia, segundo os dados da pesquisa, de 48 a 56 litros. A adoção de recipientes próprios para a dosagem, como por exemplo, padiolas metálicas de volume definido e constante, apresentada na figura 4.1, a seguir, poderia auxiliar no controle da produção, gerar maior produtividade, resultando, ainda, numa economia considerável no consumo dos materiais.

FIGURA 4.1: Padiola metálica de volume definido, recomendada para a dosagem dos materiais constituintes das argamassas.

c) preparo inadequado da argamassa: é outro fator que pode gerar desperdícios de material. Identificou-se que em alguns canteiros, a produção da argamassa ocorreu no próprio pavimento em que era executado o contrapiso. E, neste caso, a dosagem ficava sob a responsabilidade do servente, a partir do traço que lhe era passado pelo mestre ou pelo encarregado. Produzir argamassa, nestas condições, acarreta grandes desperdícios e pode originar os mais diversos problemas de desempenho do contrapiso, pois além da dosagem não ser controlada, a mistura pode não ser homogênea, pois vem sendo feita manualmente e geralmente, em grandes quantidades. Exemplificando as condições de produção encontradas, coloca-se que, num dos edifícios visitados, em que a argamassa era produzida manualmente, no pavimento, detectou-se a produção da argamassa de cimento e areia, com três dosagens diferentes. A determinada pelo encarregado era de 1:3,5 em volume; enquanto num dos pavimentos o servente dosava dois sacos de cimento e três carrinhos de mão de areia ("não muito cheios") e em outro, dosava-se um saco de cimento e dois carrinhos de mão de areia, os quais considerando-se as características dos materiais empregados correspondiam a uma dosagem, em volume de aglomerante e agregado, de 1:2,0 e 1:2,6, respectivamente.

Pela avaliação que se fez das condições de definição e produção da argamassa, identifica-se uma completa ausência de postura tecnológica no desenvolvimento da obra, acarretando um sério comprometimento de todo o processo produtivo. E, para que se tenha uma ordem de grandeza da quantidade de cimento consumida em cada metro cúbico de argamassa produzida, foi feita uma estimativa a partir da tabela 4.1, em que se consideram os traços efetivamente empregados na produção e das características dos materiais de cada obra, determinados no laboratório do CPqDCC-EPUSP, a partir de amostras enviadas. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 4.5.

TABELA 4.5: Consumo de cimento por metro cúbico de argamassa, a partir das características específicas dos materiais de cada obra.

No. ORD.	OBRAS/ LOCAL	TRAÇO REAL (VOL.)	CONSUMO DE CIMENTO (Kg/m³)
01	SÃO PAULO	1:3,8	375
02	GOIÂNIA	1:3,6	400
03	GOIÂNIA	1:3,0	450
04	GOIÂNIA	1:3,0	450
05	GOIÂNIA	1:3,2	485
06	BELEM	1:3,0	485
07	BELEM	1:3,0	485
08	BELEM	1:2,0	645
09	BELEM	1:3,0	485
10	BELEM	1:3,0	485
11	BRASÍLIA	1:4,0	375
12	BRASÍLIA	1:3,0	460
13	ESP. SANTO	1:2,7	475
14	CUIABÁ	1:3,6	330
15	CUIABÁ	1:5,4	235
16	P. ALEGRE	1:3,4	370
17	P. ALEGRE	1:3,4	370
18	P. ALEGRE	1:3,4	370
19	B. HORIZONTE	1:3,3	420
20	B. HORIZONTE	1:4,0	355
21	B. HORIZONTE	1:1,7	645
22	C. GRANDE	1:7,0:6,0(*)	130
23	C. GRANDE	1:3,0:2,0:2,0(**)	230
24	C. GRANDE	1:3,0	420
25	R. JANEIRO	1:3,7	375

(*) argamassa de cimento, areia fina e pedrisco;

(**) argamassa de cimento, areia fina, pedrisco e brita 1

Obs: as demais argamassas foram produzidas com cimento e areia.

Da análise da tabela 4.5 pode-se concluir que apesar de se tratarem de obras de uma mesma empresa construtora, não existe uma sistemática padronizada de execução, produzindo-se distintas argamassas em

diferentes obras, mesmo quando localizadas em uma mesma cidade. C, ao se comparar duas localidades entre si, as diferenças tornam-se mais significativas, decorrendo daí, que inexitem procedimentos padronizados para a definição e produção da argamassa de contrapiso, que vêm se realizando de maneira totalmente empírica e sem nenhum procedimento de controle.

4.1.2 Técnicas de Execução do Contrapiso

Analisando-se as técnicas de execução encontradas nas obras pesquisadas, resumidamente apresentadas na tabela 4.2, verifica-se uma certa homogeneidade de procedimentos no que se refere ao preparo da base, sendo que pelos dados dos questionários na maioria das obras existiu a preocupação em se executar o contrapiso sobre uma superfície limpa, preparada para se ter uma boa aderência. Entretanto, as visitas realizadas pelos pesquisadores não confirmaram tal preocupação, verificando-se muitos casos de contrapisos não aderidos.

No que se refere à finalização do contrapiso, observou-se que a mesma ocorreu de maneiras diferentes. Apesar de praticamente todas as obras terem respondido que a camada era compactada, menos de 50% delas utilizou ferramentas apropriadas. A compactação feita com enxada, desempenadeira ou mesmo com um soquete leve, constituído por uma prancha de madeira fixada a uma haste, não é eficiente, porque não permite adensá-la de maneira a resultar em maior compacidade e, portanto, melhorar sua capacidade de suporte. Para isto, a compactação deve ser feita com soquete que permita imprimir uma energia tal que possibilite a expulsão dos vazios da argamassa fresca, acreditando-se que o mesmo deva pesar por volta de 10 Kg, para que o operário simplesmente o levante e o deixe cair fazendo com que o próprio peso da ferramenta adense a camada.

Quanto às espessuras declaradas nos questionários, observa-se que correspondem às mínimas esperadas. Entretanto, à época da execução, problemas de diversas naturezas, como má execução ou danos provocados à laje, passagem de tubulações elétricas pelo contrapiso, utilização de revestimentos de piso com espessuras diferenciadas, existência de sacadas, alterações de níveis no projeto, entre ou-

tros, elevam estas espessuras gerando discrepâncias sensíveis entre as estimadas e as reais.

Nas visitas realizadas constatou-se que, na maioria dos casos, a espessura do contrapiso efetivamente executada é superior à declarada no questionário, atingindo valores da ordem de 60 a 70 mm.

Considerando-se a elevada espessura da camada, aliada ao excessivo conteúdo de aglomerante na argamassa e à ausência de controle de produção pode-se concluir que, em muitos casos, o contrapiso deve apresentar um custo superior ao da própria laje de concreto armado. Tal situação não deve ser aceita nos dias atuais, em que a exigência de procedimentos racionais de produção se faz presente não apenas para que se atinjam reduzidos custos como também pela necessidade crescente de se ter produtos de melhor qualidade e de se preservarem os escassos recursos naturais. Em função disto, torna-se evidente a carência de um projeto que oriente a produção do contrapiso, ou seja, no qual todas as variáveis de produção sejam previamente definidas, possibilitando implementar procedimentos de controle ao longo de todo o processo produtivo.

Quanto ao acabamento superficial, parece existir um tratamento homogêneo entre as obras. A maioria delas (mais de 70% das pesquisadas) utiliza o que se pode denominar um acabamento convencional, isto é, sarrafeia-se com uma régua metálica e, em seguida, desempena-se com madeira, observando-se que algumas obras vêm dando um acabamento alisado com desempenadeira de aço ou colher de pedreiro, após o desempenho com a madeira.

Além disto, identificou-se que as demais obras (cerca de 30%) têm realizado o acabamento superficial polvilhando cimento. Entretanto, não foi possível coletar dados sobre a técnica empregada e os resultados obtidos. Observou-se que o emprego deste acabamento ocorre por iniciativas isoladas, aparecendo em regiões bastante distintas, não sendo prática comum numa mesma cidade.

Um procedimento diferenciado na execução do acabamento superficial foi identificado nas obras em Belém, onde adota-se um intervalo en-

tre o sarrafeamento e o desempenho com madeira, sendo prática comum esperar a argamassa "puxar". Acredita-se, porém, que este procedimento seja desnecessário no caso de se empregar argamassa do tipo seca, a qual apresenta um baixo teor de umidade (9% a 11% para as argamassas de cimento e areia e aproximadamente 14% para as que contêm saibro).

Pela análise conjunta das tabelas 4.2 e 4.4, e de outros dados do questionário, observa-se que o acabamento superficial, na maior parte dos casos, independe do tipo de revestimento de piso a ser utilizado. No entanto, acredita-se que o acabamento deveria ser diferenciado, compatibilizando-o com as características da camada de fixação e de acabamento.

Para a aplicação de um revestimento cerâmico, por exemplo, é possível que se tenha um acabamento simplesmente desempenado com madeira, pois, as pequenas imperfeições podem ser absorvidas pela espessura da camada adesiva. Porém, quando se trata da aplicação de um revestimento como o têxtil, acredita-se que a superfície deva ser o mais lisa possível, permitindo menor consumo do adesivo e que o revestimento não seja marcado por imperfeições do contrapiso. Neste caso o desempenho com aço seria tecnicamente recomendável.

4.1.3 Produtividade da mão-de-obra

A análise da produtividade da mão-de-obra, sintetizada na tabela 4.3, evidencia os diferentes procedimentos adotados na produção do contrapiso. Considerando-se desde o preparo da base até o desempenho de sua superfície, a produtividade declarada variou de 0,22 hh/m² (horas de trabalho de um homem para executar um metro quadrado de serviço) em uma das obras de Porto Alegre, até 1,59 hh/m² em uma das obras de Campo Grande. E, mais crítica que esta variação, foi a identificada numa mesma cidade, a partir da comparação das obras em andamento, detectando-se regiões em que a relação de produtividade entre duas de suas obras é de 4 a 5 vezes, como por exemplo Campo Grande e Brasília.

Pelos dados do questionário proposto, não foi possível identificar, claramente, quais fases do processo de produção podem ser responsáveis por esta variação de produtividade. Entretanto, algumas possibilidades foram levantadas em função do conjunto das respostas e das visitas realizadas, destacando-se entre elas as características de produção da argamassa, o método de execução do contrapiso e a forma de contratação dos serviços, comentadas a seguir.

a) características de produção da argamassa: podem afetar positiva ou negativamente a produtividade. A deficiência no fornecimento devido à utilização de equipamentos inadequados e o mal dimensionamento das equipes de trabalho e dos equipamentos de transporte, podem diminuir a produtividade. Por outro lado uma central provida dos equipamentos e equipes adequados às necessidades de produção ou mesmo o uso de argamassas usinadas podem conferir um ritmo mais acelerado, interferindo positivamente no processo.

b) método de execução: o contrapiso pode ser executado de uma só vez, ou por etapas, isto é, uma única equipe pode ser a responsável pela marcação dos níveis, limpeza do ambiente, execução das taliscas e do contrapiso até o seu acabamento superficial ou podem ser adotadas equipes diferentes para a realização destas atividades, com uma sistemática diversa, na qual uma trabalha à frente, para marcar os níveis, efetuar a limpeza e preparar as taliscas e outra vindo a seguir, executado o contrapiso. Acredita-se que o emprego de uma única equipe demande um tempo maior dos operários por terem que abandonar cada atividade para iniciar outra totalmente diferente, diminuindo assim, a sua produtividade. Adotando-se duas equipes pode-se agilizar o trabalho abrindo-se mais frentes e, além disto, é possível especializar o operário num determinado serviço, resultando em menor tempo para a sua execução. A produção do contrapiso dividida entre duas frentes possibilita, também, mais uma etapa para o controle, que pode se dar após o término do trabalho da primeira equipe, controlando-se os níveis das taliscas. A época de execução do contrapiso também pode fazer variar a produtividade, interferindo nos serviços necessários ao preparo da base. Assim, algumas diferenças como: necessidade de apicoamento; retirada de argamassas aderidas; entre outras, podem alterar o desempenho dos

operários. Outros fatores como os procedimentos de compactação da camada e o tipo de acabamento superficial também podem afetar a produtividade final.

c) contratação dos serviços: A maneira de se contratar os serviços pode levar a uma variação sensível da produtividade. É comum a contratação por produção, aumentando assim, o rendimento do operário. Porém, é possível que algumas obras adotem outros sistemas levando à maior ou menor desempenho.

Acredita-se que a produtividade não deva ser avaliada como um item isolado, mas sim, inserido em todo o contexto da produção, pois a alta produtividade pode ser obtida sacrificando-se a qualidade do produto, pela não observância de determinados procedimentos que podem demandar maiores cuidados e portanto mais tempo de dedicação.

4.1.4 Revestimentos de Piso e Técnicas de Assentamento

Na tabela 4.4 estão apresentados os revestimentos de piso usuais. Os mais empregados são: os têxteis; a cerâmica; a madeira na forma de tacos, tábuas corridas e lâminas e as pedras do tipo ardósia, granito e mármore.

As técnicas de assentamento são as usualmente empregadas, isto é, a cerâmica é comumente aplicada com argamassas adesivas; enquanto os revestimentos têxteis são colados à base de adesivos orgânicos e os de madeira são colados também com adesivos orgânicos, fixados por parafusos e buchas ou colados e fixados ao mesmo tempo; todos aplicados sobre contrapiso, exceção feita à tábua corrida aplicada sobre ganzepes (barrotes), os quais dispensam a execução prévia do contrapiso necessitando apenas de um enchimento entre si. No caso das pedras, a maioria das obras emprega a técnica convencional de execução, que consiste na aplicação do componente sobre camada de contrapiso ainda fresca, polvilhando-se cimento na sua superfície, formando, assim, a camada de fixação. Algumas obras utilizam também argamassa plástica para o assentamento das pedras, empregando-se inclusive, argamassas contendo saibro.

Identificou-se algumas obras em Belém em que o revestimento cerâmico é aplicado pelo processo convencional, isto é, polvilhamento de cimento sobre contrapiso ainda fresco. Há muito tempo este tipo de aplicação vem sendo substituído por outro que emprega argamassas adesivas sobre contrapiso endurecido e que além de proporcionar maior produtividade apresenta também melhor desempenho do produto.

De maneira geral observou-se que as técnicas de aplicação dos revestimentos são praticamente as mesmas em todas as obras; entretanto, a produção do contrapiso se dá de maneira diferenciada. Em função disto, acredita-se que nos procedimentos de produção do subsistema piso como um todo, não se correlacionam as características do contrapiso com as da camada de revestimento.

4.1.5 Premissas para Melhoria da Qualidade de Produção do Contrapiso

A análise dos resultados da pesquisa de campo, mesmo que restrita a uma pequena amostra, leva a concluir que os procedimentos empregados para a produção do contrapiso, na sua maioria, são empíricos.

Acredita-se que além da falta de postura tecnológica por parte das empresas e dos engenheiros que não conseguem assumir o seu verdadeiro papel na estrutura organizacional da obra, uma das causas principais de se ter o contrapiso produzido em precárias condições é a ausência de um projeto que contenha os parâmetros para uma produção racional, observando-se, porém, que se faz necessário ainda, a própria definição de tais parâmetros.

Coloca-se, pois, como premissa para o avanço tecnológico da produção do contrapiso a necessidade da elaboração do projeto, que deverá compreender:

- as espessuras necessárias em cada ambiente;
- a argamassa a ser utilizada e

- a especificação de técnicas de execução que sejam compatíveis com as condições de utilização do contrapiso e com a argamassa definida.

A determinação da espessura deve se dar a partir da compatibilização dos diversos projetos do edifício (arquitetura, estruturas e instalações), aliada à definição da técnica de execução do contrapiso e da argamassa a ser utilizada.

Acredita-se, porém, que a argamassa e os procedimentos de execução a serem empregados na produção do contrapiso não estão completamente definidos, pois confrontando-se o consumo médio de cimento de algumas obras nacionais, apresentado na tabela 4.5, com as especificações estrangeiras abordadas no item 3.1.3, do capítulo 3, conclui-se que as características necessárias à argamassa de contrapiso para edifícios habitacionais e comerciais não são conhecidas pelo meio técnico, pois, o consumo de aglomerante tem superado, na maioria dos casos, as recomendações estrangeiras e até mesmo as nacionais, ainda que para pisos industriais, para os quais Oliveira [1988] e Sadocco [1988] recomendam o emprego de uma argamassa de traço 1:3 (cimento e areia) em volume de materiais.

Além disto, no que se refere às técnicas de execução, observa-se que diferentes métodos são adotados para produzir contrapisos com a mesma finalidade. Isto parece ocorrer porque a técnica é definida pelos operários, os quais acabam desenvolvendo procedimentos próprios, permitindo que num edifício em que trabalhem diversas equipes, sejam produzidos contrapisos com distintas características.

Uma produção descoordenada, em que não seja possível exercer um controle das atividades, não pode encontrar espaço na atual indústria da construção, que deve buscar imprimir eficiência e qualidade aos seus produtos. Assim, é necessário que os procedimentos sejam devidamente especificados e para isto, acredita-se que num primeiro momento de intervenção, deva ser adotado um método padronizado de produção a fim de que se possa avaliar, com maior segurança, o desempenho dos produtos obtidos.

Em função disto, é premissa deste trabalho, juntamente com a elaboração do projeto, a implementação de uma metodologia padronizada de produção a partir do emprego de específicas técnicas que permitam utilizar argamassas com baixo teor de aglomerante e executar contrapisos de reduzida espessura.

Para isto, os contrapisos devem ser do tipo aderido, garantindo-se o adequado preparo da base e a aplicação de corretos procedimentos de lançamento e compactação da camada, buscando-se obter um baixo índice de vazios e, conseqüentemente, um melhor desempenho mecânico da argamassa. Além disto, considerando-se as condições de exposição a que usualmente os contrapisos ficam submetidos até o recebimento da camada de revestimento de piso, defende-se que seja aplicado um acabamento superficial diferenciado, proporcionando à superfície maior resistência aos esforços mecânicos nesse período de obra.

Partindo-se destas considerações acredita-se que o consumo de cimento por m² de argamassa deva ser no máximo de 250 Kg (equivalente a uma dosagem de 1:5 em volume de aglomerante e agregados), para os edifícios habitacionais e comerciais de uso comum tais como os destinados a escritórios e consultórios.

A partir deste valor limite, os experimentos realizados em laboratório e em campo, apresentados no item 4.2, a seguir, foram direcionados para que se conhecesse o comportamento de contrapisos executados com argamassas com diferentes teores de aglomerante, estando ou não aderidos à base, variando-se também o grau de compactação e o acabamento superficial, objetivando identificar a interferência de cada um destes parâmetros no desempenho do conjunto.

Com a definição de uma metodologia de dosagem da argamassa e de específicas técnicas de execução do contrapiso ficam determinados os parâmetros que permitirão exercer o controle das atividades de produção e a avaliação de desempenho do produto acabado, outra premissa para a melhoria de qualidade de produção.

Com a elaboração do projeto e a implementação de uma metodologia de controle, acredita-se que as decisões deixarão de ser tomadas de

modo descoordenado, uma vez que existirão especificações claras e objetivas para nortear o desenvolvimento da obra, não deixando margem para improvisações.

4.2 ESTUDO EXPERIMENTAL EM LABORATÓRIO E EM CAMPO

Foram investigadas argamassas no estado fresco e no estado endurecido, produzidas com diferentes materiais e teores de cimento e ainda, contrapisos executados com as mesmas, adotando-se diferentes técnicas de execução.

A avaliação da argamassa no estado fresco, consistiu da determinação de sua massa específica e de sua umidade, parâmetros fundamentais para a definição de uma metodologia de dosagem.

A argamassa endurecida foi testada na forma de corpos de prova cilíndricos, realizando-se ensaios de resistência à compressão simples e à tração por compressão diametral, procurando-se definir parâmetros que pudessem ser utilizados no controle de sua produção e também para a especificação da dosagem, em analogia ao que propõe a DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1], como visto no item 3.1.3.

As técnicas de execução de contrapisos, por sua vez, foram avaliadas produzindo-se estes com as argamassas estudadas, alterando-se os procedimentos de preparo da base, de compactação da camada de argamassa e de acabamento superficial, buscando-se correlacionar essas variáveis com o desempenho do contrapiso como um todo. Foram testadas as resistências de aderência do contrapiso à base e superficial e sua resistência a impactos, procurando reproduzir as possíveis solicitações de uso.

A metodologia de desenvolvimento dos trabalhos é apresentada no item 4.2.1, enquanto os resultados obtidos e sua apreciação são apresentados no item 4.2.2.

4.2.1 Metodologia Empregada

Para o desenvolvimento dos trabalhos de laboratório, definiu-se, inicialmente, as argamassas a serem estudadas, os procedimentos de execução dos corpos de prova de argamassas e de contrapisos e a determinação dos métodos para avaliação de ambos, realizando-se, finalmente, os ensaios programados. Cada uma destas etapas é apresentada a seguir.

4.2.1.1 Definição da composição das argamassas

Foram estudadas argamassas de duas naturezas sendo uma constituída por cimento e areia e a outra por cimento, saibro e areia. A avaliação da primeira deu-se por ser de emprego generalizado nas obras, variando-se apenas o teor de aglomerante e a granulometria do agregado utilizado. A segunda é uma proposta da equipe de pesquisadores envolvidos com os trabalhos sobre revestimentos de piso no CPqDCC-EPUSP, objetivando utilizar um material disponível em abundância, em diversas regiões do país, de modo a resgatar uma antiga prática, em que o saibro era empregado na composição da argamassa de assentamento de diversos revestimentos de piso [Banco do Brasil, 1959; Costa, 1962].

Sabe-se que o saibro empregado nas argamassas de assentamento tem como função principal conferir plasticidade às mesmas, substituindo a cal. Neste trabalho, no entanto, propõe-se que o saibro seja utilizado como agregado em substituição a parte da areia.

Acredita-se que a introdução de um determinado teor de partículas finas, como as presentes no saibro (diâmetro inferior a 0,075 mm), permita preencher um certo volume de vazios existente entre a faixa granulométrica da areia e do cimento possibilitando uma maior compactidade da argamassa, e conseqüentemente uma maior resistência mecânica. Além disto, é possível que com a introdução de materiais argilosos na argamassa haja uma reação cimentícia entre as partículas finas deste material e as de cimento, aumentando a resistência do conjunto, de maneira análoga ao que ocorre na estabilização de solos, como por exemplo, no solo cimento.

Acredita-se ainda que os finos do material argiloso colaborem no controle da hidratação do cimento uma vez que retém a água por mais tempo na argamassa e também para um acabamento superficial mais homogêneo e liso, adequado à aplicação dos revestimentos de pequena espessura tais como os têxteis e vinílicos.

Quanto às características dos materiais utilizados, buscou-se reproduzir as atuais condições de canteiro, isto é, definiu-se a utilização de um único tipo e marca de cimento e o emprego de areia quartzosa de granulometria média.

Admitiu-se o emprego de cimento de distintas partidas, pois acredita-se que, na obra, seja possível manter a marca e o tipo de cimento especificado, porém, dificilmente, será possível a realização do contrapiso de todo o edifício com uma partida única.

Considerando-se os tipos de cimento usualmente recomendados pela bibliografia estudada, optou-se pela utilização do cimento Portland com escória (CPE)¹ de classe 32, por ser, no Brasil, de uso mais difundido e estar disponível em praticamente todas as suas regiões. Este material foi obtido em diversas obras localizadas em São Paulo, estando suas características principais apresentadas na tabela B.1, no anexo B, sendo que estas foram determinadas para a primeira partida de material recebida, a fim de que se tivesse parâmetros para a dosagem.

Quanto aos agregados utilizou-se quatro tipos de areia classificadas no canteiro de obras como sendo de granulometria média. Estas areia, provenientes de obras da cidade de São Paulo eram utilizadas na produção do contrapiso. Uma areia de granulometria fina, comumente utilizada na execução de revestimentos de argamassas e um tipo de saibro, proveniente da região de Campinas. A identificação destes materiais é feita na tabela 4.6, a seguir.

1 - O cimento Portland com Escória é o cimento Portland comum ao qual foi adicionado, durante a moagem, um teor de escória inferior a 10%, em massa, segundo a NBR 5732 [INMETRO, 1988].

TABELA 4.6: Identificação dos agregados empregados nos ensaios de laboratório.

n.	TIPO DE MATERIAIS	MÓDULO DE FINURA	CARACTERÍSTICAS
1	areia média	2,81	tabela B.2, anexo B
2	areia média	2,72	tabela B.3, anexo B
3	areia média	2,44	tabela B.4, anexo B
4	areia média	2,39	tabela B.5, anexo B
5	areia fina	1,65	tabela B.6, anexo B
6	saibro	1,26	tabela B.7, anexo B

A areia n.1 foi utilizada nos ensaios realizados com contrapisos de traço 1:8 e contendo saibro (n.6); a de n.2 foi empregada na execução dos contrapisos de traços 1:3 e 1:6; a de n. 3 foi empregada apenas para a determinação da massa específica da argamassa fresca; enquanto a de n.4 foi utilizada no estudo dos corpos de prova com diferentes traços de argamassas.

A areia fina identificada pelo n.5, foi utilizada nos ensaios de corpos de prova de argamassa e para definição da massa específica da argamassa fresca, produzida com diferentes dosagens.

4.2.1.2 Definição das dosagens estudadas

Num primeiro momento, buscou-se realizar um trabalho semelhante ao do pesquisador Beningfield [1986], que pesquisou seis diferentes traços de argamassas - de 1:3 a 1:8 em volume de materiais - variando também a umidade da argamassa e a técnica de execução de corpos de prova na forma de cubos e de placas. Entretanto, como se buscava verificar, principalmente, a interferência da técnica de execução, a realização de um trabalho com muitas variáveis mostrou-se ser tecnicamente inviável. Delimitou-se assim, o campo de investigação, definindo-se o estudo de três dosagens de argamassas tomando-se como parâmetro a relação em volume "aglomerante/agregado úmido", por ser no Brasil, a indicação mais empregada pelo meio técnico na especificação dos traços em obra.

As argamassas estudadas foram: 1:3, 1:6 e 1:8, com consumos médios de aglomerante por metro cúbico de argamassa, respectivamente de 440, 250 e 200 Kg, sendo que as duas últimas foram produzidas tanto com areia como com saibro e areia.

O objetivo do estudo da argamassa com traço 1:3 foi o de se ter uma referência para os resultados obtidos com as demais dosagens, pois este é o traço em grande parte das obras avaliadas e também o recomendado por diversos fabricantes de revestimentos [FADEMAC, s.d.].

A argamassa com traço 1:6 foi definida a partir dos resultados positivos obtidos por Beningfield [1986], ao realizar o teste de impacto denominado "screed tester", desenvolvido pelo BRE [Pye & Warlow, 1978] e normalizado pela BS 8203 [BSI, 1987]; bem como pelo fato das antigas argamassas de assentamento de determinados revestimento de piso, como os cerâmicos, por exemplo, serem especificadas com esta proporção de materiais.

O traço 1:8, por sua vez, foi definido por se tratar de um traço bastante econômico e apesar de ter apresentado desempenho deficiente nos trabalhos realizados por Beningfield [1986], acredita-se que ao serem adotadas adequadas técnicas de execução e controle das atividades de produção seja possível obter-se, com esta dosagem, um contrapiso com desempenho suficiente para atender às necessidades de utilização de um edifício residencial e comercial.

A metodologia de dosagem racional empregada para a definição das argamassas está proposta no capítulo 5.

Os trabalhos de laboratório foram desenvolvidos utilizando-se uma betoneira de capacidade 250 l, para a produção da argamassa de contrapiso e de um misturador mecânico para a dos corpos de prova. Em função disto, para se garantir a repetição de mesma dosagem em diferentes misturas, os traços em volume foram convertidos para traços em massa, com materiais secos, em analogia ao que propõe Selmo [1989] e dado pela expressão a seguir.

$$1 : \frac{V_p * \delta_p}{\delta_c} : \frac{V_q * \delta_q}{(V_h/V_o) * \delta_c}$$

onde:

V_p = proporção de saibro no traço da argamassa em volume aparente;

V_q = proporção de areia no traço da argamassa em volume aparente;

δ_c = massa unitária do cimento, no estado solto, em Kg/dm³;

δ_p = massa unitária do saibro, no estado seco e solto, em Kg/dm³;

δ_q = massa unitária da areia, no estado seco e solto, em Kg/dm³;

V_h/V_o = coeficiente médio de inchamento da areia. (*)

(*) Obs: ensaios realizados no laboratório do CPqDCC-EPUSP, com diversas amostras de saibro, mostraram que este material não apresenta inchamento considerável, quando encontra-se com umidade até 8% [EPUSP, 1987]. Em função disto e levando-se em conta a umidade com que o material é usualmente empregado em obra, neste trabalho o inchamento do saibro foi desprezado.

4.2.1.3 Definição dos procedimentos de execução dos corpos de prova de argamassas

As argamassas para execução dos corpos de prova cilíndricos e para a determinação da massa específica foram produzidas num misturador mecânico, segundo os procedimentos recomendados pela NBR 7215 [INMETRO, 1982]. O preparo dos corpos de prova para ensaios de resistência à compressão simples e compressão diametral seguiram as recomendações daquela norma; enquanto os procedimentos para preparo dos corpos de prova e determinação da massa específica da argamassa seguiram os procedimentos recomendados por Selmo [1989] e reproduzidos no item C.3, do anexo C.

4.2.1.4 Definição dos procedimentos de execução dos corpos de prova de contrapisos

Foram produzidos dez corpos de prova de contrapiso com aproximadamente 5,00 m² de área e 5,0 cm de espessura, em uma só camada, sobre laje de concreto, utilizando-se as argamassas anteriormente definidas, preparadas em uma betoneira com capacidade de 250 l.

Os corpos de prova foram executados variando-se os métodos de preparo da base, de compactação da camada de contrapiso e de acaba-

mento superficial, procurando-se avaliar as características e desempenho de cada um.

Buscou-se definir procedimentos de execução do contrapiso que pudessem resultar num produto compatível com as necessidades de uso dos edifícios em estudo. Daí, fundamentando-se no levantamento bibliográfico realizado, em especial nas recomendações da BS 8000 [BSI, 1989] e da DIN 18560 [DIN, 1985-parte3] definiu-se como procedimentos padrão, para a obtenção de um contrapiso aderido e com adequadas características de desempenho, os colocados a seguir:

a) para garantir a aderência com a base:

- completa limpeza da base, retirando-se materiais soltos, restos de argamassa, óleos e graxas e apicoando se necessário;
- lavagem da base previamente à execução do contrapiso, de preferência no dia anterior, mantendo-a umedecida até o lançamento da argamassa;
- retirada do excesso de água e polvilhamento de aproximadamente 0,5 kg de cimento por m² de superfície;
- espalhamento e homogeneização da nata de cimento com vassoura;

b) para garantir a compacidade do contrapiso:

- lançamento da argamassa de contrapiso com espessura aproximada de 30 mm, com compactação da camada utilizando-se soquete manual de base máxima 30x30 cm, com peso aproximado de 10 Kg.

c) para garantir adequada resistência superficial:

- sarrafeamento da camada de contrapiso com régua metálica;
- polvilhamento de aproximadamente 0,5 Kg de cimento por m² de superfície;

- desempenho da camada utilizando-se desempenadeira de madeira, umedecendo a superfície com água, se necessário;
- opção de acabamento alisado empregando-se desempenadeira de aço.

Alternando-se estes procedimentos e combinando-os com as argamassas em estudo foram produzidos 10 corpos de prova de contrapisos, cujas principais características são colocadas a seguir, observando-se que os mesmos são identificados pelo símbolo "CP", seguido do número de ordem, de 1 a 10.

CONTRAPISO COM ARGAMASSA DE TRAÇO 1:3

CP 01 - contrapiso executado com a utilização de uma argamassa de traço 1:3 em volume de materiais, produzida com areia média de módulo de finura 2,72 e lançada com uma umidade de 9,5%, avaliada pelo método de ensaio proposto no item C.4, do anexo C. Para a execução deste contrapiso buscou-se reproduzir os procedimentos verificados em canteiro, isto é:

- umedecimento da base sem verificação de limpeza prévia;
- lançamento de pequena quantidade da argamassa sobre o substrato, produzindo-se uma pasta, espalhada com vassoura;
- lançamento da argamassa de contrapiso com compactação realizada com a enxada;
- sarrafeamento com régua metálica e acabamento superficial desempenado com madeira e também com madeira e aço.

CONTRAPISOS COM ARGAMASSAS DE TRAÇO 1:6

Tratam-se de contrapisos produzidos com argamassa de cimento e areia média na proporção de 1:6 em volume de materiais, utilizando areia de módulo de finura 2,72. A argamassa teve sua umidade avaliada pelo método de ensaio proposto no item C.4, do anexo C. Com-

binando-se os diversos procedimentos propostos nas alíneas "a", "b" e "c" anteriores, resultaram os seguintes corpos de prova:

CP 02 - contrapiso padrão: consiste no contrapiso executado segundo os procedimentos apresentados nas alíneas "a", "b" e "c". A argamassa foi aplicada com uma umidade de 9,8%.

CP 03 - contrapiso sem preparo da base: refere-se ao contrapiso cujo preparo da base não recebeu o polvilhamento de cimento. Neste caso, a base foi simplesmente molhada, lançando-se, em seguida, a argamassa. Os demais procedimentos seguiram as recomendações das alíneas "b" e "c". A argamassa foi aplicada com uma umidade de 9,1%.

CP 04 - contrapiso sem compactação: refere-se ao contrapiso cuja camada foi compactada com o auxílio de uma enxada. Os demais procedimentos seguiram as recomendações das alíneas "a" e "c". A argamassa foi aplicada com uma umidade de 9,5%.

CP 05 - contrapiso sem acabamento superficial: refere-se ao contrapiso em cujo acabamento superficial não foi aplicado o polvilhamento de cimento. Neste caso a superfície, após o sarrafeamento, foi desempenada com madeira e também com madeira e aço. Os demais procedimentos seguiram as recomendações das alíneas "a" e "b". A argamassa foi aplicada com uma umidade de 11,2%.

CONTRAPISOS COM ARGAMASSAS DE TRAÇO 1:8

Tratam-se de contrapisos produzidos com argamassa de cimento e areia média na proporção de 1:8 em volume de materiais, utilizando areia de módulo de finura 2,81. A argamassa teve sua umidade avaliada pelo método de ensaio proposto no item C.4, do anexo C. Combinando-se os diversos procedimentos propostos nas alíneas "a", "b" e "c" anteriores, resultaram os seguintes corpos de prova:

CP 06 - contrapiso padrão: consiste no contrapiso executado segundo os procedimentos apresentados nas alíneas "a", "b" e "c". A argamassa foi aplicada com uma umidade de 10,0%.

CP 07 - contrapiso sem preparo da base: refere-se ao contrapiso cujo preparo da base não recebeu o polvilhamento de cimento. Neste caso, a base foi simplesmente molhada, lançando-se, em seguida, a própria argamassa. Os demais procedimentos seguiram as recomendações das alíneas "b" e "c". A argamassa foi aplicada com uma umidade de 9,5%.

CP 08 - contrapiso sem compactação: refere-se ao contrapiso cuja camada foi compactada com o auxílio de uma enxada. Os demais procedimentos seguiram as recomendações das alíneas "a" e "c". A argamassa foi aplicada com uma umidade de 10,0%.

CP 09 - contrapiso sem acabamento superficial: refere-se ao contrapiso em cujo acabamento superficial não foi aplicado o polvilhamento de cimento. Neste caso a superfície, após o sarrafeamento, foi desempenada com madeira e também com madeira e aço. Os demais procedimentos seguiram as recomendações das alíneas "a" e "b". A argamassa foi aplicada com uma umidade de 9,0%.

CONTRAPISO COM ARGAMASSAS DE TRAÇO 1:2:6

CP 10 - contrapiso produzido com argamassa de cimento, saibro e areia média na proporção de 1:2:6 em volume de materiais, utilizando-se areia de módulo de finura 2,81 e saibro com módulo de finura 1,26. A argamassa teve sua umidade avaliada pelo método de ensaio proposto no item C.4, do anexo C. Para este contrapiso foi executado apenas o corpo de prova padrão, obtido pela adoção dos procedimentos propostos nas alíneas "a", "b" e "c" do item 4.2.1.4. A argamassa foi aplicada com uma umidade de 10,0%.

4.2.1.5 Definição dos métodos de avaliação das argamassas e dos contrapisos

Os métodos de avaliação utilizados neste trabalho foram estabelecidos a partir das recomendações encontradas na bibliografia nacional e estrangeira, adaptando-se alguns ensaios propostos para revestimentos de parede e de piso industrial. Além disto, outros foram desenvolvidos no âmbito desta pesquisa com o objetivo de se ter en-

saos expeditos, de fácil realização em campo, de modo a poderem ser utilizados como mecanismos de controle de execução. As propriedades avaliadas e os métodos de ensaios empregados estão sintetizados na tabela 4.7, sendo comentados na sequência.

TABELA 4.7: Propriedades determinadas no estudo da definição de argamassas e de execução dos contrapisos, método de avaliação e número de corpos de prova, por traço de argamassa ou tipo de contrapiso.

PROPRIEDADE		MÉTODO DE AVALIAÇÃO	Nº. DETERM. ou CPs.
ARGAMASSA FRESCA	Massa Específica	Anexo C, item C.3	três determinações
	Umidade	Anexo C, item C.4	duas determinações
CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE ARGAMASSA	Resistência à compressão axial	Análogo NBR 7215 [INMETRO, 1982]	vinete e quatro corpos de prova
	Resistência à tração por comp. diametral	Análogo NBR 7222 [INMETRO, 1987]	vinete e quatro corpos de prova
	Resistência de aderência à base	Anexo C item C.5	dezoito corpos de prova
CORPOS DE PROVA	Resistência de aderência superficial	Anexo C, item C.6	dezoito corpos de prova
DE CONTRAPISOS	Resistência ao impacto pelo "screed tester"	Anexo C, item C.7	cinco determinações
	Resistência ao impacto pelo "impacto de bola"	Anexo C, item C.8	trinta determinações

Obs: Todos os corpos de prova foram curados no ambiente do laboratório, sendo que as propriedades avaliadas, em cada idade, foram expressas pela média aritmética dos valores obtidos nos ensaios.

a) argamassa fresca: as propriedades avaliadas foram a massa específica e a umidade. Para a avaliação da massa específica foram empregados os procedimentos propostos por Selmo [1989] que adaptou as recomendações da BS 4551 [BSI, 1980]. Este método de ensaio, por não ser normalizado, no Brasil, está reproduzido no item C.3 do anexo C. Avaliou-se esta propriedade para argamassas produzidas com três teores de umidade distintos, realizando-se três determinações

para cada um. O teor de umidade, por sua vez, foi avaliado a partir de duas determinações, segundo o método de ensaio desenvolvido no CPqDCC-EPUSP, e descrito por Sabbatini & Selmo [1989, b], tendo sido reproduzido no item C.4 do anexo C, por se tratar de um método não normalizado no Brasil.

b) corpos de prova cilíndricos de argamassa: foram avaliadas as propriedades de resistência à compressão axial segundo o método de ensaio proposto pela NBR 7215 [INMETRO, 1982] e à tração por compressão diametral, segundo o método proposto pela NBR 7222 [INMETRO, 1983]. Foram produzidos 48 corpos de prova para cada traço estudado, avaliados em 3 idades distintas: 3, 14 e 21 dias; portanto, em cada idade, foram ensaiados 8 corpos de prova para cada propriedade. Todos os corpos de prova foram curados no ambiente do laboratório, sendo que as propriedades avaliadas em cada idade foram expressas pela média aritmética dos valores obtidos nos ensaios. As argamassas avaliadas foram produzidas com areia média cujo módulo de finura é de 2,39; com areia fina de módulo 1,65 e com saibro de módulo de finura 1,26.

c) corpos de prova de contrapisos: foram avaliadas a resistência de aderência à base, de aderência superficial e ao impacto. Para a avaliação das duas primeiras empregou-se os procedimentos de ensaio desenvolvidos no CPqDCC-EPUSP, descritos no anexo C, itens C.5 e C.6, respectivamente, em analogia ao método MR-21 proposto pelo RILEN [1982], para verificação da aderência de argamassas de revestimento vertical. Para cada propriedade e para cada traço foram produzidos 18 corpos de prova, ensaiados em três idades distintas (6 em cada idade, sendo três para o acabamento com madeira e três para o de madeira+ço). A avaliação da resistência ao impacto foi realizada empregando-se dois métodos distintos. Um deles, denominado "screed tester", cujos procedimentos estão descritos no anexo C, item C.7, foi realizado empregando-se o equipamento de mesmo nome, construído no CPqDCC-EPUSP segundo as especificações dadas por Pye & Warlow [1978]. A realização do ensaio deu-se em analogia aos procedimentos propostos pela BS 8203 [BSI, 1987]. Foram realizadas cinco determinações para cada traço estudado, numa

única idade². O outro ensaio, denominado "impacto de bola", cujos procedimentos estão descritos no anexo C, item C.8, foi desenvolvido no CPqDCC-EPUSP, a partir de uma adaptação da proposta da NBR 9454 [INMETRO, 1986], para ensaio de impacto em componentes cerâmicos e de Savastano Jr. [1987] para ensaio de placas de argamassas de cimento com fibras de côco. Neste ensaio foram realizadas trinta determinações, sendo 10 em cada idade. Todos os corpos de prova foram curados no ambiente de laboratório.

4.2.2 Apresentação e Análise dos Resultados Obtidos

Os resultados obtidos tanto em laboratório como em campo estão apresentados nas tabelas D.1 a D.10, do anexo D. A seguir, realiza-se a análise global dos mesmos, considerando-se as diversas propriedades investigadas.

4.2.2.1 Massa específica da argamassa fresca

A massa específica da argamassa fresca é um dos parâmetros utilizados para a realização da dosagem racional das argamassas de contrapiso, a ser proposta neste trabalho. Desta forma, tornou-se imprescindível a verificação do seu comportamento ao se variar os materiais constituintes, a dosagem e a umidade de produção. Daí a realização do trabalho experimental, cujos resultados encontram-se sintetizados na tabela D.1 do anexo D.

Analisando-se globalmente os resultados pôde-se constatar que:

- a variação máxima da massa específica com a alteração do teor de umidade ocorreu com o emprego da areia fina, independentemente do traço, resultando numa diferença de 6%. Com o emprego da areia média ou do saibro, a variação máxima ocorrida foi apenas de 2,0%;
- para uma mesma composição, a massa específica diminuiu com o aumento do teor de agregado na argamassa, apresentando uma variação

2 - O ensaio proposto pela BS 8203 [BSI, 1987] recomenda sua execução após o contrapiso completar 14 dias. No trabalho de laboratório, porém, o contrapiso foi testado em idade avançada (57 ou 68 dias) devido ao atraso na produção do equipamento.

máxima de 6,0%, ocorrida entre as dosagens de 1:3 e 1:8. Comparando-se as dosagens de 1:6 e 1:8 a diferença máxima foi de 2%;

- considerando-se uma mesma dosagem, tem-se que a massa específica é maior para as argamassas produzidas com agregado de granulometria média, apresentando uma diferença máxima de 6%, com relação ao mesmo traço produzido com areia fina;

- a introdução de materiais argilosos (saibro) na composição, em proporções controladas, não altera a massa específica da argamassa fresca, quando comparada à mesma dosagem produzida com cimento e areia somente.

A partir destas constatações foi possível chegar a algumas conclusões:

- a variação da umidade da argamassa, tipo semi-seca dentro dos seus limites de trabalhabilidade, não interfere no valor da massa específica;

- a diminuição da massa específica com o aumento do teor de agregado era esperada. Há uma menor quantidade de pasta na composição permitindo um maior volume de vazios na argamassa. Porém, a variação de 6% é pouco expressiva ao se considerar a ordem de grandeza das variações que comumente ocorrem durante a dosagem dos materiais e produção da argamassa, devido a variações nas características dos materiais e recipientes de dosagens, entre outros;

- a massa específica da argamassa produzida com areia média, quando comparada com a fina, apresenta-se maior. Isto pode ser decorrência da distribuição granulométrica da areia média que apresenta-se mais equilibrada, permitindo um melhor arranjo da estrutura dos grãos. A granulometria uniforme da areia fina deve resultar num maior número de vazios. Entretanto, a diferença máxima ocorrida entre as diversas dosagens foi de 6%; assim, também neste caso, considera-se uma diferença não sensível.

A partir das constatações e conclusões possíveis propõe-se que independente dos materiais e da dosagem de aglomerante empregados, seja adotado como parâmetro para a dosagem racional um único valor representativo para esta grandeza, considerando-se a média dos resultados obtidos. Desta forma a massa específica da argamassa fresca para contrapisos poderá ser considerada, num primeiro momento como igual a:

$$\gamma_{arg} = 2,05 \text{ Kg/dm}^3$$

Este valor será utilizado como referência no desenvolvimento da metodologia de dosagem proposta no item 5.2, do capítulo 5, utilizando-o como dado inicial na definição da dosagem das argamassas de contrapiso.

4.2.2.2 Umidade da argamassa

O teor de umidade da mistura ou a relação água/materiais secos é mais um parâmetro para a definição da dosagem racional da argamassa. Assim, partindo-se de uma primeira estimativa de 11% para as argamassas de cimento e areia e de 14% para as que contêm também o saibro, definia-se a proporção entre os materiais e a quantidade de água necessária à produção da argamassa destinada à execução dos corpos de prova de contrapisos.

Ao se realizar a mistura, a água ia sendo acrescentada aos poucos, até que a argamassa fosse considerada trabalhável, utilizando-se o "teste da mão" proposto por Barnbrook [1982] e descrito no item 3.1.1 do capítulo 3, e também considerando-se a experiência do técnico que executaria o contrapiso. Desta maneira, a umidade efetiva das argamassas produzidas para a execução dos corpos de prova de contrapisos, determinada segundo os procedimentos descritos no item C.4 do anexo C, variou de 9% a 11%, como pode ser observado na descrição dos corpos de prova de contrapisos, realizada no item 4.2.1.4 deste capítulo.

Assim, considerando-se os resultados obtidos para esta grandeza, recomenda-se como referência inicial para a definição da dosagem da argamassa destinada à execução do contrapiso um teor de umidade de:

$$H = 10\%,$$

tanto para as argamassas de cimento e areia, como para aquelas que contenham também o saibro.

4.2.2.3 Resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos

Analisando-se o conjunto dos resultados dos ensaios com os corpos de prova de argamassas, apresentados na tabela D.2 do anexo D, pôde-se constatar que:

- o coeficiente de variação deste ensaio é relativamente baixo (principalmente no caso da resistência à compressão simples), quando comparado aos resultados obtidos para os demais. Entretanto, isoladamente pode ser considerado elevado, considerando-se que para este tipo de ensaio é admitido um coeficiente máximo de variação de 8%, segundo a NBR 7215 [INMETRO, 1982]. Este fato indica a possível ocorrência de problemas durante a sua realização, que podem ser atribuídos a diferentes fatores tais como: falhas na moldagem dos corpos de prova; precisão do equipamento de ensaio; erros de leitura, entre outros;

- a argamassa de traço 1:3 produzida com areia fina apresentou um decréscimo significativo de resistência, com relação à produzida com areia média. Nas primeiras idades a diferença entre ambas foi de aproximadamente 100%, diminuindo para 75%, aos 21 dias. Tal variação não foi observada para as dosagens 1:6 e 1:8 para as quais a diferença máxima, comparando-se as composições com areia média e fina, foi de aproximadamente 15% no caso da resistência à compressão simples e 40% para a resistência à compressão diametral. Assim, considerando-se os materiais estudados pode-se concluir que a granulometria do agregado parece exercer maior influência na resistência dos corpos de prova de argamassas produzidas com elevado teor de aglomerante do que daquelas produzidas com baixo teor.

- as argamassas contendo saibro, nas primeiras idades, apresentam menor resistência do que as suas correspondentes com cimento e areia; entretanto, estas diferenças parecem diminuir com o passar do tempo, sendo que aos 14 dias as resistências praticamente se igualam;

- a argamassa de traço 1:3 produzida tanto com areia média como com areia fina apresenta resistência à compressão superior à mínima recomendada pela DIN 18560 [DIN, 1981-parte1], cuja referência é de 18 MPa, para uma série de corpos de prova cúbicos, ensaiados aos 28 dias. Os demais traços, porém, não alcançaram esta referência, sendo que o traço 1:6 produzido com areia média é o que mais se aproximaria, considerando-se um possível ganho de resistência entre o 21º e o 28º dias.

Os resultados destes ensaios aliados às recomendações da DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] poderiam levar à conclusão de que as argamassas produzidas com traços de baixo teor de aglomerante (1:6 e 1:8) não servem para a produção de contrapisos, pois não apresentam a resistência mínima determinada por aquela norma. Entretanto, a recomendação da DIN 18560 [DIN, 1981-parte 1] é apenas indicativa, considerando-se, inclusive, um valor acima do efetivamente necessário, a fim de que possíveis variações em obra possam ser compensadas.

Acredita-se que os resultados aqui obtidos não devem levar à desconsideração imediata das argamassas com baixo teor de aglomerante, principalmente porque não refletem o funcionamento do contrapiso. Deve-se, pois, analisar com cuidado os resultados dos ensaios com os corpos de prova de contrapisos, pois tem-se convicção de que o comportamento do contrapiso depende não apenas das características intrínsecas da argamassa, como também e principalmente das condições de execução do mesmo.

Desta maneira, acredita-se que estes resultados devam ser considerados como parâmetros para um possível controle de produção, devendo-se investigar, ainda, o comportamento de outros materiais a fim de que os resultados possam ser confirmados (tendo em vista o elevado coeficiente de variação obtido), a fim de que possam ser

generalizados. Além disto, acredita-se ainda que a argamassa de contrapiso não deva ser estabelecida somente a partir da resistência apresentada por corpos de prova com ela produzidos, mas sim considerando-se também as técnicas de execução e as condições de controle de qualidade implementadas durante o processo.

4.2.2.4 Resistência de aderência do contrapiso à base

A tabela D.3, do anexo D, apresenta uma síntese dos resultados obtidos com os ensaios de resistência de aderência do contrapiso com a base, para os diversos casos estudados.

Observando-se os resultados verifica-se inicialmente que houve uma alteração nas datas de ensaio³. Tal alteração ocorreu por entender-se que seria importante a obtenção de parâmetros para um programa de controle de recebimento do contrapiso executado e sendo assim, quanto mais cedo a realização do ensaio, mais rápido seria conhecido o seu desempenho.

Entretanto, tal objetivo ficou prejudicado em decorrência de problemas com o equipamento de preparo dos corpos de prova, que impossibilitou a realização dos ensaios com os traços 1:8 e 1:2:6, nos dias programados, sendo que para os contrapisos identificados como CP 09 e CP 10 não foi possível realizar os ensaios nem mesmo aos 7 dias.

Antes de se analisar os resultados do ensaio, é importante registrar algumas características que lhe são intrínsecas, observadas durante a sua realização:

- é um ensaio de difícil realização demandando perícia e habilidade no preparo dos corpos de prova. Uma pequena inclinação no equipamento durante a perfuração pode introduzir um esforço suficiente para romper o corpo de prova, inutilizando-o para o ensaio;

3 - Os contrapisos produzidos com traços 1:3 e 1:6 foram ensaiados aos 7, 21 e 63 dias, enquanto os traços 1:8 e 1:2:6 foram ensaiados aos 7 e 14 dias, sendo que estes, pela programação inicial, deveriam ser ensaiados também aos 21 dias.

- a necessidade de refrigeração a água, para garantir a vida útil da serra copo dificulta a realização do ensaio antes dos 7 dias de idade uma vez que não é possível a perfuração do contrapiso com um prazo inferior aos 3 dias, devido à sua baixa resistência; e, após perfurado, é necessário mais um prazo para que a sua superfície fique completamente seca, pois não foi encontrado um adesivo adequado à fixação da pastilha com o contrapiso ainda úmido;
- mesmo garantindo-se uma superfície completamente seca, são frequentes os problemas de aderência entre a pastilha e a superfície do corpo de prova, gerando resultados imprecisos que não podem ser levados em consideração;
- dependendo da espessura do contrapiso, torna-se difícil a realização do corte até a profundidade da laje, sendo que este fator contribui fortemente para as grandes variações nos resultados. Em particular, nos ensaios realizados para este trabalho, por inexperiência na obtenção dos corpos de prova, os cortes não foram realizados até a base, transformando o ensaio em tração da argamassa, independente das condições da base;
- cabe destacar ainda, que se trata de um ensaio destrutivo, exigindo a posterior recuperação das regiões ensaiadas;

Observa-se que são muitas as dificuldades e restrições para a realização do ensaio e provavelmente, em decorrência delas foram registrados elevados coeficientes de variação, o que dificulta a avaliação quantitativa dos resultados; porém, considerando-se o conjunto destes e a experiência vivenciada pelos pesquisadores durante o desenvolvimento dos trabalhos em laboratório e em campo, pôde-se chegar às conclusões apresentadas a seguir:

- o acabamento superficial dado ao contrapiso, desempenado com madeira ou com aço, parece não interferir nos resultados deste ensaio. Apenas para o contrapiso 1:3 os valores de resistência obtidos com o acabamento desempenado com aço são mais expressivos (10% a 20% superiores) que o desempenado com madeira. Nos traços 1:6 e 1:8 "padrão" há uma inversão: o desempenado com madeira apresenta

resultados melhores que o com aço. Desta maneira, não foi possível uma avaliação conclusiva sobre a interferência desta variável, com relação ao ensaio realizado;

- a resistência verificada aos 63 dias tem um acréscimo significativo em relação à verificada aos 21 dias, quando se trata do contrapiso de traço 1:3. Entretanto para os traços de menor teor de aglomerante esta variação não é sensível, sendo que para os contrapisos que não foram executados com os procedimentos "padrão" houve até mesmo um decréscimo da resistência, observando-se que para o contrapiso de traço 1:6 cuja superfície não foi polvilhada apresentou a maior queda. Este fato pode ser decorrência das condições de exposição a que foram submetidos os contrapisos, uma vez que os mesmos não foram isolados do trânsito de pessoas e equipamentos;

- a compactação parece interferir positivamente no desempenho do contrapiso, tendo sido mais expressiva para o contrapiso com traço 1:8;

- os resultados dos ensaios mostram que o preparo da base parece não ter interferido na resistência de aderência. Entretanto, como salientado, a maioria dos furos não atingiu a laje, sendo registrados resultados que não refletem apenas o comportamento da interface contrapiso-base. Em relação a esta interface, porém, destaca-se que ao se remover os contrapisos executados, aqueles que não tiveram a sua base preparada com a nata de cimento foram facilmente destacados da laje em grandes placas. E, pelo contrário, aqueles cuja base foi adequadamente preparada, constituindo uma ponte de ligação base-contrapiso, foram retirados com extrema dificuldade e totalmente fragmentados;

- apesar da elevada variação ocorrida com os ensaios, tomando-se os contrapisos executados com o traço 1:6, os resultados obtidos aos 21 dias foram sempre superiores a 0,5 MPa, valor de referência para ensaios de arrancamento de componentes cerâmicos fixados com adesivos, aos 28 dias [Rodriguez, 1979]. Além disto, pode-se dizer que este contrapiso produzido com os procedimentos padrão, apresenta desempenho compatível com o traço 1:3, pois aos 21 dias registrou-

se resistência a tração próxima de 1,0 MPa, valor referenciado por McCurrich [1988], para ensaios de aderência à base para contrapisos destinados a pisos industriais;

- a avaliação de desempenho dos contrapisos 1:8 e 1:2:6, com relação a esta propriedade, ficou prejudicada pela ausência de dados que expressassem com mais segurança o comportamento dos mesmos. Acredita-se que os resultados obtidos sejam insuficientes para que estes traços sejam definitivamente aceitos. Entretanto, a experiência vivenciada durante os trabalhos com os mesmos indica a existência de um potencial significativo destas argamassas que deve ser ainda explorado. Este fato leva a que se proponha a continuidade das pesquisas antes que estas dosagens sejam definitivamente aceitas ou abandonadas.

- quanto ao contrapiso executado com argamassa de traço 1:6, acredita-se que ao serem empregados os procedimentos definidos como "padrão" e um adequado controle de produção, o mesmo possa ser aplicado sem restrições para os edifícios em estudo.

4.2.2.5 Resistência de aderência superficial

A metodologia de avaliação do desempenho do contrapiso com relação à resistência de aderência superficial foi análoga à utilizada para a verificação da aderência à base. Desta maneira, também neste caso, observa-se uma alteração nas datas de ensaio dos contrapisos executados com traço 1:3 e 1:6, com relação aos traços 1:8 e 1:2:6, pelos motivos anteriormente colocados.

A realização deste ensaio é sensivelmente mais fácil quando comparada com o de aderência à base uma vez que não exige a perfuração do contrapiso para a obtenção dos corpos de prova. Entretanto, assim como o ensaio de aderência à base, apresenta um significativo coeficiente de variação, que se acredita ter ocorrido principalmente em função das características do equipamento de ensaio, cuja aplicação da carga não é linear e da heterogeneidade superficial do contrapiso.

A síntese dos resultados obtidos para os diversos contrapisos estudados está apresentada na tabela D.4 do anexo D, cuja análise global permitiu observar que:

- a resistência de aderência superficial, para todos os contrapisos estudados, é maior que a de aderência à base (tração da argamassa). Apenas para o traço 1:6 sem acabamento superficial (CP 05) a variação não foi significativa, demonstrando que esta variável de produção deve interferir no desempenho do conjunto;
- o preparo ou não da base não interfere nesta propriedade, pois os contrapisos cujas bases foram ou não preparadas apresentaram praticamente os mesmos resultados;
- os contrapisos em cuja superfície não foi polvilhado cimento apresentaram uma queda expressiva na resistência de aderência quando comparado com os que receberam;
- o tipo de desempenho realizado na superfície parece interferir nesta propriedade. Pelos resultados obtidos verifica-se que o desempenho com aço melhora a resistência do contrapiso de traço 1:6, principalmente nas idades mais avançadas, ocorrendo o mesmo com o contrapiso contendo saibro. No caso do contrapiso 1:8 sem polvilhamento superficial de cimento (CP 09), porém, houve uma inversão nestes resultados;
- com relação à compactação ou não da camada de contrapiso, nada foi possível concluir pois o número de ensaios foi reduzido e os resultados apresentam-se muito dispersos;
- comparando-se o contrapiso 1:3, executado com procedimentos convencionais e os demais contrapisos cuja superfície recebeu o polvilhamento de cimento (independente do traço), observa-se que estes apresentam desempenho semelhante ou superior ao do primeiro;
- os valores obtidos para a resistência de aderência superficial, para os contrapisos que receberam acabamento superficial com polvilhamento de cimento, superam a recomendação de 0,5 MPa, feita por

Rodriguez [1979], para a resistência ao arrancamento de peças cerâmicas fixadas com adesivos;

- mesmo os contrapisos executados com traços 1:8 e 1:2:6 apresentaram resultados extremamente positivos frente a esta característica, confirmando a necessidade de continuidade dos estudos com esta dosagem;

- ainda com relação ao traço contendo saibro, observa-se que apresenta comportamento semelhante ao traço 1:6 de cimento e areia executado com os procedimentos "padrão" e ainda, sensivelmente superior à dosagem correspondente contendo apenas cimento e areia (1:8).

Das observações realizadas conclui-se que o reforço superficial utilizando-se o polvilhamento de cimento antes do desempenho com madeira, aumenta expressivamente a resistência de aderência superficial dos contrapisos executados com argamassas de baixo teor de cimento. Em particular, para os contrapisos de traço 1:6, os resultados obtidos estão muito próximos aos do contrapiso 1:3, podendo-se afirmar que ambos apresentaram desempenho semelhante. Além disto, nos casos do contrapiso 1:6, seguramente o desempenho com aço melhorou as condições de resistência superficial.

4.2.2.6 Resistência ao impacto

a) análise dos resultados pelo "método da bola"

Na tabela D.5, do anexo D, apresentam-se os resultados dos ensaios realizados pelo método da bola, cuja análise permite as conclusões colocadas a seguir:

- é um ensaio sensível, principalmente nas primeiras idades, permitindo diferenciar os diversos traços entre si, bem como os procedimentos de execução que interferem nesta propriedade, como por exemplo a compactação ou não da camada. Após os 14 dias, a sensibilidade do ensaio parece diminuir. Além disto, apresenta um baixo coeficiente de variação, sendo na sua maioria inferior a 5%. A obser-

vação destes dois fatos leva à concluir que é possível a utilização deste ensaio como um mecanismo de controle de qualidade, principalmente nas idades mais recentes, o que é extremamente vantajoso pois os possíveis problemas podem ser identificados mais rapidamente;

- os acabamentos desempenado com madeira ou com madeira e aço apresentam diferença pouco sensível acreditando-se que não se pode afirmar que o desempenho com o aço seja significativo para esta propriedade;

- nos ensaios realizados com os contrapisos 1:8 e 1:2:6 observa-se uma diferença sensível entre os resultados obtidos aos 3 e 7 dias, sendo que de 7 para 14 dias a diferença é menos sensível.

b) análise dos resultados pelo "screed tester"

O ensaio de impacto utilizando-se o "screed tester" foi prejudicado pela demora na construção do equipamento. Quando o equipamento ficou pronto os trabalhos de laboratório estavam adiantados, sendo possível ensaiar apenas os contrapisos denominados "padrão" e mesmo assim em idades avançadas, isto é, alguns aos 54 dias e outros aos 63 dias, conforme apresenta a tabela D.6 no anexo D.

Pelos resultados obtidos, pelo menos a idades avançadas os contrapisos com traços 1:6, 1:8 de cimento e areia e 1:2:6 de cimento, saibro e areia, executados com os procedimentos padrão, apresentam-se dentro dos limites propostos pela BS 8203 [BSI, 1987], sendo que o contrapiso com traço 1:3 apresenta desempenho superior aos limites mais rígidos impostos por esta norma para edifícios destinados a trânsito pesado.

Como este ensaio foi prejudicado em laboratório devido ao atraso na construção do aparelho, o mesmo foi aplicado em campo juntamente com outros ensaios de avaliação do desempenho do contrapiso executado, cujos resultados serão comentados no item 4.2.2.7, a seguir.

4.2.2.7 Resultados em campo

Considerando-se os resultados positivos obtidos com o contrapiso "padrão" executado com o traço 1:6, foram realizados alguns experimentos em obras buscando verificar o desempenho do contrapiso executado com a mão-de-obra local.

Os ensaios foram realizados em diversas obras, sem que houvesse controle das características do material utilizado (cimento e areia). Em alguns casos houve o controle da execução do contrapiso e em outros não. Em todas as situações a metodologia de execução foi devidamente transmitida aos operários que iriam executar os contrapisos.

Num primeiro trabalho buscou-se avaliar o comportamento do ensaio de impacto realizado tanto com o equipamento "de bola" quanto com o "screed tester". Para isto a técnica de execução foi implantada em duas obras distintas, sendo que em uma delas havia um controle parcial de execução⁴, enquanto na outra o operário, após receber as instruções sobre a técnica indicada, não mais era acompanhado.

Na tabela D.7 do anexo D, apresenta-se os resultados obtidos com o contrapiso cuja execução era parcialmente controlada; enquanto a tabela D.8, no mesmo anexo, apresenta os resultados da execução não controlada.

Analisando-se o conjunto de dados apresentados pelas duas tabelas pode-se destacar que:

- os resultados dos ensaios realizados na obra em que houve o controle da execução, mesmo que parcial, foram sensivelmente melhores do que os obtidos na obra em que não existiu o controle de produção. Decorre daí, que o controle de execução do contrapiso é fundamental para a garantia de qualidade do produto final;

4 - O controle é considerado parcial porque havia um técnico de edificações que entre outras atividades, acompanhava as diversas equipes de produção, verificando o seu trabalho de tempos em tempos, sem entretanto adotar uma metodologia definida.

- os resultados obtidos para o ensaio de impacto de bola apresentaram diâmetros superiores aos obtidos em laboratório para o contrapiso padrão com traço 1:6, mesmo na obra em que se realizou o controle parcial de execução. Neste caso, porém, não é possível uma conclusão efetiva pois tais resultados podem ter ocorrido em função de alguma falha na compactação ou no acabamento superficial da camada; serem função das características dos materiais empregados, uma vez que aos 14 dias os resultados mostram um ganho efetivo de resistência; ou ainda, pode ser próprio da variação do ensaio;

- com relação ao "screed tester" todos os resultados mostram que o contrapiso em estudo está dentro dos limites propostos pela BS 8203 [BSI, 1987] e transcritos na tabela apresentada no item 3.3.2.2, desta dissertação. Não deve haver, portanto, restrições quanto à sua implantação desde que haja um controle de execução, pois os resultados obtidos para o contrapiso sem controle estão muito próximos do limite de não aceitação, pelo critério da norma;

Num outro trabalho realizou-se uma comparação entre o contrapiso com traço 1:3, executado com procedimentos convencionais, usualmente praticados na obra e o contrapiso "padrão" com dosagem 1:6 em volume de materiais (aproximadamente 250 Kg de cimento por m³ de argamassa), cujos procedimentos de execução foram controlados segundo as diretrizes propostas no item 5.4.

Nestes contrapisos foram realizados os ensaios de impacto de bola e "screed tester" e também foram fixados parafusos com bucha S6, na posição vertical e inclinada, utilizando-se ainda, corpos de prova de madeira fixados diretamente à superfície do contrapiso, com cola à base de resina P.V.A. (acetato de polivinila).

Os ensaios de impacto de bola e screed tester foram realizados aos 3 dias de idade, sendo o primeiro repetido aos 21 dias. Os ensaios de arrancamento foram realizados aos 21 dias, no caso dos parafusos e 26 dias no caso dos corpos de prova de madeira, sendo que na tabela D.9 do anexo D, são apresentados os ensaios de impacto e na tabela D.10 apresenta-se a síntese dos resultados de arrancamento.

Analisando-se os resultados do ensaio de impacto pode-se concluir que:

- no que se refere ao impacto pelo método da bola, verifica-se que o efetivo controle da produção permite obter, em canteiro, resultados compatíveis com os de laboratório;
- a produção controlada do contrapiso com traço 1:6, resulta em desempenho semelhante ao do contrapiso 1:3, produzido pelos métodos convencionais;
- mesmo aos 3 dias de idade o ensaio pelo método do "screed tester" indica a possibilidade de utilização do contrapiso executado com traço 1:6, em edifícios de uso habitacional e comercial.

Analisando-se os resultados apresentados na tabela D.10 pode-se constatar que:

- com relação aos corpos de prova de madeira a carga de ruptura foi sempre baixa. No caso do contrapiso 1:6, na maioria das vezes a ruptura ocorreu na interface da contrapiso-adesivo, sem danos à superfície do contrapiso. No contrapiso 1:3 ocorreu a ruptura da camada superficial do contrapiso, em geral com carregamento inferior ao do contrapiso 1:6;
- quanto aos ensaios com os parafusos fixados na vertical, dos cinco corpos de prova ensaiados para cada traço, apenas dois chegaram a ser arrancados do contrapiso 1:6, enquanto todos foram arrancados do contrapiso 1:3, com carregamento inferior ao primeiro;
- no ensaio com os parafusos inclinados o desempenho do contrapiso 1:3 foi semelhante ao do 1:6, não tendo sido verificadas diferenças expressivas.

Destas constatações concluiu-se que:

- a cola utilizada na fixação dos corpos de prova de madeira apresenta baixa resistência à tração, sendo que durante a realização do

ensaio observou-se a sua deformação, o que pode indicar que o tempo de cura (7 dias) tenha sido insuficiente;

- o acabamento superficial dado ao contrapiso executado com o traço de 1:6 possibilita que a camada superficial não desagregue frente aos esforços de arrancamento, apresentando capacidade de suporte superior ao do contrapiso de traços 1:3;

- para o contrapiso 1:3, os resultados obtidos para as buchas inclinadas são melhores que os obtidos para as verticais; no entanto, para o contrapiso 1:6, são equivalentes, sendo que este traço apresenta desempenho superior ao primeiro (1:3);

4.2.3 Conclusões sobre o Estudo Experimental

Considerando-se o universo das pesquisas realizadas, os resultados anteriormente analisados e as conclusões parciais obtidas para cada propriedade, pode-se destacar como conclusões principais do trabalho experimental realizado em laboratório e em campo as apresentadas a seguir:

- a variação das características dos materiais de um local para outro não permite a especificação da dosagem em volume pois as variações nas proporções são sensíveis. Assim, a definição da argamassa deverá ser feita sempre em quantidade de cimento por m³ de argamassa.

- as atuais condições de produção do contrapiso têm levado a um exagerado desperdício de materiais, onerando sensivelmente os custos de produção deste componente;

- é possível diminuir o consumo de aglomerante na argamassa, seguramente até valores de 250 Kg de cimento por m³ de argamassa (aproximadamente 1:6 em volume de materiais), a partir de um controle de execução do contrapiso, aplicando-se técnicas de execução definidas, pois a maioria dos ensaios realizados com o contrapiso executado sob estas condições apresentaram desempenho compatível

com o contrapiso executado convencionalmente com o traço 1:3 em volume;

- a execução de contrapisos com dosagem de aglomerante igual ou inferior a 200 Kg/m^3 parece ser possível; entretanto deve ser melhor investigada pois os resultados obtidos com esta pesquisa não foram conclusivos;

- a utilização do saibro em proporções controladas, respeitado a proporção de cimento de 250 Kg/m^3 de argamassa é viável considerando-se os aspectos tecnológicos da produção do contrapiso, pois nos trabalhos realizados com a dosagem 1:2:6 foram obtidos resultados bastante positivos.

- a variação da massa específica da argamassa fresca para contrapiso, considerando-se os materiais utilizados, é pouco expressiva quando se alteram, a dosagem e a umidade de mistura, podendo ser considerada para fins da dosagem racional como sendo:

$$\gamma_{\text{arg}} = 2,05 \text{ Kg/dm}^3;$$

- a umidade ótima da argamassa varia num intervalo de 9% a 11%, podendo ser considerada para fins da metodologia de dosagem da argamassa racional uma umidade de:

$$H = 10\%;$$

- os ensaios com corpos de prova de argamassa, à compressão simples e à tração por compressão diametral, podem ser utilizados como mecanismos de controle de produção da argamassa de contrapiso; não sendo recomendada a sua utilização para definir a argamassa a ser empregada, dissociada de uma específica técnica de execução e mecanismos de controle de qualidade;

- para a verificação corriqueira da aderência do contrapiso à base, quando necessária, recomenda-se empregar o método da percussão utilizando-se um martelo ou uma pequena barra de aço. O ensaio para verificação da aderência do contrapiso à base, por tração no corpo

de prova deve ser evitado em função das dificuldades de execução. Deve ser utilizado apenas em casos extremos de dúvidas acerca da integridade do contrapiso. E nestas situações, em função da pesquisa bibliográfica realizada e dos resultados obtidos no laboratório, e em campo, o autor recomenda que sejam utilizados como parâmetros os valores dados a seguir, realizando-se o ensaio como indicado no item C.5 do anexo C:

TABELA 4.8: Valores de referência para a resistência de aderência à base, em função da idade do contrapiso.

idade (dias)	Resistência de aderência à base (MPa)
7	0,3
14	0,5
21	0,7

- O ensaio de aderência superficial é significativo, podendo ser reproduzido também para corpos de prova de revestimentos fixados ao contrapiso, segundo os procedimentos apresentados no item C.6, do anexo C. Pode ser empregado como um mecanismo eficaz de controle da execução do contrapiso. Neste caso, considerando-se os resultados obtidos em laboratório e em campo e as exigências mínimas de resistência de aderência para revestimentos fixados com adesivos, definida pela bibliografia estudada, o autor propõe como valores de referência, os apresentados na tabela 4.9, a seguir;

TABELA 4.9: Valores de referência para a resistência de aderência superficial, em função da idade do contrapiso.

idade (dias)	Resistência de aderência superficial (MPa)
7	0,7
14	1,0
21	1,2

- os ensaios realizados pelo impacto de bola e pelo "screed tester" são adequados para serem utilizados como instrumentos de controle

da produção do contrapiso, observando-se que a utilização do primeiro é preferível, por se tratar de um equipamento facilmente produzido;

- propõe-se que quando do emprego do ensaio de impacto de bola para o controle de qualidade do contrapiso, sejam empregados os procedimentos descritos no item C.8 do anexo C, analisando-se os resultados a partir das referências sugeridas pelo autor na tabela 4.10, a seguir, as quais foram definidas tomando-se por base os resultados dos ensaios realizados em laboratório e em campo:

TABELA 4.10: Valores de referência para o ensaio de impacto pelo "método da bola", em função da idade do contrapiso.

idade (dias)	Diâmetro máximo admitido mm)
3	26,0
7	24,0

- apesar do "screed tester" apresentar maior custo de produção, existem referências normalizadas para os resultados com ele obtidos. Sua utilização pode se justificar em situações de dúvida acerca do comportamento do contrapiso, podendo-se realizar o ensaio segundo os procedimentos descritos no item C.7 do anexo C, avaliando-se os resultados obtidos através da BS 8203 [BSI, 1987], reproduzidos na tabela 3.6, no capítulo 3.

- quando a estrutura da empresa não permitir a implantação do controle de execução do contrapiso, o consumo mínimo de cimento deverá ser de 350 kg por m³ de argamassa, que corresponde a um traço aproximado de 1:4 em volume de materiais (cimento:agregado) a fim de prevenir possíveis falhas de execução;

- a elaboração do projeto, em qualquer hipótese de produção (com ou sem controle) é fundamental para que se possa minimizar as espessuras e conseqüentemente reduzir o volume total de argamassa empregada.

Observe-se que as conclusões obtidas do trabalho experimental são preliminares. Acredita-se que a pesquisa realizada está muito distante de esgotar o assunto que, com certeza, muito tem para ser investigado. Na realidade, buscou-se abrir o caminho para futuros estudos que venham a aprimorar e a complementar os parâmetros determinados por este trabalho.

Apesar da certeza de que muito ainda deve ser avaliado, a partir dos resultados obtidos com o trabalho experimental e da revisão bibliográfica realizada, fundamentou-se a proposta de uma metodologia de produção de contrapisos - apresentada no capítulo 5, a seguir - acreditando-se que esteja adequada à atual realidade brasileira.

5. PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA PRODUÇÃO DE CONTRAPISOS PARA EDIFÍCIOS HABITACIONAIS E COMERCIAIS

A primeira parte do trabalho experimental apresentada no capítulo 4 permitiu que se conhecesse, ainda que genericamente, o estágio da produção do contrapiso em obras nacionais. Apesar dos resultados estarem próximos dos esperados, é difícil reconhecer que os técnicos, extremamente preocupados com a execução do subsistema estrutura, esquecem-se da importância das demais atividades ao se considerar os aspectos de funcionalidade e qualidade do edifício.

Hoje considera-se que o subsistema piso tenha uma reduzida participação no custo global da obra. Entretanto, acredita-se que o seu custo real seja sensivelmente superior ao estimado nos orçamentos, pois trata-se de uma atividade que não é programada e nem mesmo controlada no conjunto dos serviços, possibilitando desperdícios das mais diversas naturezas.

Considerando-se esta realidade, no item 4.1.5, do capítulo 4, foram apresentadas algumas premissas para melhoria da qualidade de execução do contrapiso as quais se fundamentam na necessidade de elaboração do projeto e da implementação de procedimentos de controle de produção e aceitação do contrapiso.

O projeto de contrapisos deve ser desenvolvido de maneira a incorporar a definição das espessuras, das argamassas e das técnicas de execução a serem utilizadas na sua produção; enquanto os procedimentos de controle devem partir das especificações definidas em projeto e garantir que as mesmas sejam obtidas no canteiro de obra.

Se tais procedimentos forem efetivamente implementados, acredita-se que num futuro próximo a melhoria de qualidade possa ser conquistada para todo o subsistema piso, caminhando, na seqüência, para a melhoria de todos os revestimentos e do próprio edifício.

Assim, neste capítulo, propõe-se uma METODOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CONTRAPISOS PARA EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS, a qual con-

siste na reunião de adequados procedimentos de projeto e controle de produção, para que se obtenha ao final do processo um contrapiso cuja qualidade seja a previamente definida e compatível com as condições de utilização.

A metodologia proposta está dividida em quatro partes. A fim de subsidiar a elaboração do projeto a primeira parte compreende a definição da argamassa, ou seja, os procedimentos para a determinação da sua composição e dosagem, os quais estão apresentados no item 5.1 e a segunda, apresentada no item 5.2, contém os procedimentos de execução do contrapiso. Definidas estas duas etapas da produção, passa-se ao desenvolvimento do projeto, propriamente dito, caracterizado na terceira parte da metodologia no item 5.3. E, finalmente, no item 5.4, apresenta-se a quarta e última parte a qual contém uma proposta para o controle de produção e aceitação do contrapiso, fundamentada nas diretrizes definidas pelo projeto.

5.1 DIRETRIZES PARA DEFINIÇÃO DAS ARGAMASSAS DE CONTRAPISO

A definição de uma argamassa envolve a determinação de sua composição e dosagem e para isto pressupõe o conhecimento das finalidades do contrapiso, das solicitações a que estará submetido ao longo da obra e de sua vida útil, das características da base em que será aplicado, bem como dos materiais potencialmente utilizáveis em sua composição.

Assim, nesta parte do trabalho, propõe-se algumas diretrizes para a definição da argamassa a qual implica inicialmente na escolha das matérias-primas e a partir destas, utilizando-se um método adequado, resulta na obtenção da composição e dosagem específicas para os edifícios em estudo.

5.1.1 Escolha dos Materiais Constituintes

Ao se abordar as argamassas no item 3.1, do capítulo 3, salientou-se a interferência dos seus materiais constituintes no desempenho do contrapiso e as diversas opções existentes no que se refere à combinação dos mesmos. Evidentemente existem os materiais consagra^{do}

disponíveis em todas as regiões. Assim, a especificação de seu uso implicaria em trazê-los de lugares distantes, aumentando o custo do contrapiso em função da necessidade de transporte.

Os materiais localmente disponíveis nem sempre apresentam as mesmas propriedades daqueles consagrados, porém muitas vezes, podem vir a ser bons substitutos, bastando para isto que suas principais características estejam corretamente definidas e a partir delas, utilizando-se um método de dosagem adequado, obtenha-se uma composição compatível com as necessidades do projeto. Assim, abordam-se a seguir, algumas características dos materiais usualmente empregados.

5.1.1.1 Aglomerante

O aglomerante comumente utilizado no Brasil é o cimento, sendo usual o emprego do cimento Portland com Escória - CPE, cujas especificações encontram-se na NBR 5732 [INMETRO, 1988]. Segundo a NBR 9817 [INMETRO, 1987], outros tipos de cimento também podem ser utilizados, citando o cimento Portland de alto forno (NBR 5735) e o cimento Portland pozolânico (NBR 5736).

Mantendo-se o tipo e marca do início ao fim das atividades de execução do contrapiso acredita-se que não deverão ocorrer modificações sensíveis nas propriedades da argamassa produzida.

A alteração da marca ou principalmente do tipo de cimento ao longo do processo de produção pode implicar em variações sensíveis nos resultados do controle de produção do contrapiso. Em função disto, recomenda-se realizar uma adequada programação do uso do cimento em obra, a fim de que o mesmo não falte ao longo da produção.

5.1.1.2 Agregados

Os materiais usualmente empregados nas argamassas de contrapiso são as areias de rio ou quartzosas de granulometria média, sendo eventualmente utilizadas areias de cava e também de dunas. Além das areias, o trabalho experimental realizado para esta dissertação e apresentado no item 4.2 do capítulo 4, mostrou a viabilidade de em-

apresentado no item 4.2 do capítulo 4, mostrou a viabilidade de emprego de materiais argilosos comumente conhecidos como "saibros", "barro" ou ainda "areia de goma", os quais, neste trabalho vem sendo chamados genericamente de saibros.

Além do emprego destes materiais que é possível utilizar o pedrisco ou ainda, agregados leves tais como a argila expandida e a vermiculita, sendo estes mais utilizados no preparo de argamassas de enchimento. O uso destes materiais não é freqüente; porém, no caso de virem a ser utilizados devem ser devidamente caracterizados e dosados a partir de procedimentos específicos, os quais fogem do escopo deste trabalho.

As características dos materiais em geral variam muito de uma região para outra. Daí, a necessidade de conhecê-las buscando-se realizar tecnicamente a escolha dos materiais locais, praticando-se uma dosagem racional a partir dos mesmos. As características mais importantes que devem ser identificadas são a composição granulométrica e conseqüente módulo de finura, que podem ser determinados empregando-se os procedimentos da NBR 7217 [INMETRO, 1982]; a massa unitária no estado solto, determinada segundo os procedimentos recomendados no item C.2, do anexo C; o inchamento, para o caso das areias, determinado segundo a NBR 6467 [INMETRO, 1985]; a massa específica, empregando-se para a sua determinação o método do picnômetro ou o método proposto pela NBR 6474 [INMETRO, 1984] e ainda, no caso de emprego de materiais argilosos, a determinação do material passante na peneira de abertura 0,075 mm (#200), conforme os procedimentos propostos no item C.1, do anexo C.

Esta caracterização fornecerá os subsídios necessários para a aplicação da metodologia de dosagem, possibilitando a determinação da proporção entre os materiais.

5.1.2 Metodologia de Dosagem¹

A partir da bibliografia estudada e dos experimentos realizados em laboratório e em campo acredita-se que a definição de uma argamassa para contrapisos pode ser feita adotando-se uma composição superestimada e evidentemente de maior custo, como a proposta ao final do capítulo 4, de 350 Kg de cimento por m² de argamassa, esperando-se que com isto ela tenha um desempenho adequado mesmo nas situações em que não se realiza o controle de execução ou, por outro lado, pode-se fazer esta escolha considerando-se as características intrínsecas do contrapiso e de sua produção, ou seja, a sua finalidade, as solicitações a que estará submetido, as características da base, as técnicas de execução e os revestimentos empregados e ainda o nível de controle de qualidade implementado em obra, buscando-se otimizar todos estes aspectos de modo a obter um produto com baixo custo, sem prejuízo do desempenho esperado.

No primeiro caso a escolha é não-técnica, pelo contrário, é absolutamente empírica e normalmente irracional. Portanto, é de se esperar que agindo assim não se obtenha o melhor produto, entendido como aquele que apresenta o desempenho adequado com menor custo.

Para a obtenção de um produto com qualidade é necessário que a definição da argamassa obedeça a diretrizes que contemplem os aspectos inerentes à produção do contrapiso, anteriormente colocados e ainda, que respeitem o estágio de desenvolvimento tecnológico local e tenham flexibilidade para permitir ou mesmo induzir a evolução para estágios mais avançados, tendo-se sempre como objetivos a redução de custos, a garantia da qualidade e o incremento dos níveis de racionalização do processo produtivo.

Neste sentido, a metodologia de dosagem proposta neste trabalho, tem como condicionantes:

- o emprego de argamassas semi-secas (do tipo "farofa");

1 - A metodologia de dosagem proposta neste trabalho foi desenvolvida ao longo do mesmo pela equipe de pesquisadores envolvida com o estudo de argamassas e revestimentos, sendo aqui consolidada.

- a aplicação de técnicas de execução que proporcionem um contrapiso aderido (ver item 5.2.4);
- os contrapisos são destinados a espaços internos de edifícios residenciais e comerciais, não incluindo garagens e outros espaços destinados ao trânsito de veículos;
- a resistência superficial, quando necessária, será independente do consumo de cimento da argamassa, devendo-se adotar procedimentos específicos para a sua obtenção, como os propostos no item 5.2.6;
- o controle de produção das argamassas e
- o emprego de um efetivo controle de produção e aceitação do contrapiso;

sendo que a alteração dos mesmos deve implicar num reestudo e numa provável alteração dos valores paramétricos adotados por este método e definidos a seguir.

5.1.2.1 Parâmetros de dosagem

A metodologia de dosagem baseia-se em dois parâmetros: o consumo de cimento e o teor de finos na argamassa quando do emprego de materiais argilosos.

Considerando-se que a resistência mecânica potencial do contrapiso é uma propriedade relacionada primordialmente com a quantidade de cimento, o consumo deste material (por m^3 de argamassa) deve ser definido em função do tipo de contrapiso, das condições de utilização do mesmo durante a obra, do tipo e características da base, dos revestimentos de piso a serem utilizados e das solicitações a que o subsistema piso estará submetido em serviço.

No que se refere aos finos argilosos, quando do emprego de agregados que os contenha, o seu teor deve ser igual ou inferior a um limite pré-estabelecido, pois pelos trabalhos realizados observou-se que até uma determinada quantidade, a composição de materiais argi-

losos com a areia melhora o desempenho e reduz o custo do contrapiso. Entretanto, o teor deste material na composição deve ser limitado superiormente pois, a partir de uma certa proporção acredita-se que os benefícios deixam de existir e a sua presença poderá ser deletéria, pois além de dificultar a execução do contrapiso devido a argamassa tornar-se excessivamente "liguenta", contribui, na maioria das vezes, para o aumento do potencial de fissuração da camada de contrapiso.

Assim, como proposta inicial para o método de dosagem recomenda-se os seguintes valores paramétricos:

- consumo de cimento: 250 kg/m³ e
- teor limite de finos argilosos na argamassa: 5%.

Em uma fase posterior, após a avaliação dos resultados obtidos com a implantação da tecnologia de produção de contrapisos em canteiros de obra, o consumo de cimento poderá ser restabelecido em função do conjunto de condicionantes, sendo que para os edifícios em estudo acredita-se ser possível chegar a 220 ou 200 Kg/m³, considerando-se os resultados obtidos com os ensaios de contrapisos executados com argamassas de traço em volume 1:8 (cimento e areia) e 1:2:6 (cimento, saibro e areia), apresentados no item 4.2, do capítulo 4.

5.1.2.2 Definição dos traços

Os dois parâmetros de dosagem podem ser representados pelas seguintes fórmulas:

$$C_c = \frac{\gamma_{arg}}{(1+p+q) \cdot (1+H/100)} \quad (5.1.1)$$

$$f = \frac{x \cdot p}{1+p+q} \cdot 100 \quad (5.1.2) \quad \text{onde,}$$

C_c = consumo de cimento por m³ de argamassa (em kg);

γ_{arg} = massa específica da argamassa fresca (em kg/m³ ou em g/dm³);

p = teor relativo de saibro na argamassa, em massa de material seco;

q = teor relativo de areia na argamassa, em massa de material seco;

1+p+q = representa o traço em massa de materiais secos e indica as proporções relativas de cimento, saibro e areia respectivamente;

f = teor de finos argilosos em relação aos inertes (kg/kg), em porcentagem;

x = teor de finos argilosos no saibro (kg/kg), determinado segundo os procedimentos descritos no item C.1, do anexo C;

H = é a umidade da argamassa dada pela relação água/materiais secos (kg/kg) em porcentagem; definida por:

$$H = \frac{a}{1+p+q} \times 100 \quad (5.1.3), \quad \text{onde}$$

a = relação água/cimento (em massa).

Conjugando-se as fórmulas 5.1.1 e 5.1.2, obtém-se as fórmulas seguintes, cujas deduções encontram-se no item E.1, do anexo E.

$$p = \frac{f \cdot (\gamma_{arg})}{Cc \cdot (100 + H) \cdot x} \quad (5.1.4) \quad e$$

$$q = \frac{100 \cdot x \cdot p}{f} - (1 + p) \quad (5.1.5)$$

Estas fórmulas permitem a determinação de "p" e "q" a partir do conhecimento das características dos materiais como anteriormente salientado. No entanto, a determinação de traços em massa não é prática, pois a dosagem dos agregados, em canteiro, é normalmente feita em volume. Na realidade a dosagem "de betoneira", de modo geral, pressupõe uma composição na qual o cimento seja estabelecido em massa e os agregados em volume de materiais úmidos.

Para isto devem ser empregadas fórmulas adequadas de modo a obter as quantidades de materiais granulares necessárias para compor, com um saco de cimento, o traço da argamassa especificado em massa, pelas fórmulas 5.1.4 e 5.1.5.

As fórmulas 5.1.6 e 5.1.7, a seguir, cuja dedução encontra-se no item E.2, do anexo E, permitem o cálculo do traço da dosagem para betoneira ou simplesmente "traço de betoneira":

$$V_{sh} = \frac{50 * p * (1 + 0.01 * h_s)}{\gamma_{sh}} \quad (5.1.6)$$

$$V_{ah} = \frac{50 * q * (1 + 0.01 * h_a)}{\gamma_{ah}} \quad (5.1.7) , \text{ onde}$$

V_{sh} = volume de saibro úmido relativo a um saco de cimento (em dm^3);

V_{ah} = volume de areia úmida relativa a um saco de cimento (em dm^3);

h_s = umidade do saibro (em porcentagem);

h_a = umidade da areia (em porcentagem);

γ_{sh} = massa unitária do saibro úmido (em kg/dm^3);

γ_{ah} = massa unitária da areia úmida (em kg/dm^3).

A massa unitária e a umidade dos materiais granulares devem ser determinadas a partir dos procedimentos descritos nos itens C.2 e C.4, do anexo C, respectivamente.

Para que se efetue a mistura dos materiais em betoneira, em geral, é necessário acrescentar um certo volume de água. A fórmula 5.1.8, a seguir, cuja dedução é feita no item E.3, do anexo E, permite calcular o volume de água a ser adicionado à mistura da argamassa dosada com um saco de cimento:

$$V_{w+} = H/2 + (A * V_{sh} * \gamma_{sh}) + (B * V_{ah} * \gamma_{ah}) \quad (5.1.8) \quad \text{onde,}$$

V_{w+} = volume de água a acrescentar (em dm^3);

$$A = (1 + H/100) * \left(\frac{100}{100 + h_s} \right) - 1 \quad (5.1.9) \quad \text{e}$$

$$B = (1 + H/100) * \left(\frac{100}{100 + h_a} \right) - 1 \quad (5.1.10) \quad \text{onde,}$$

V_{sh} = volume de saibro úmido relativo a um saco de cimento (em dm^3);

V_{ah} = volume de areia úmida relativa a um saco de cimento (em dm^3);

h_s = umidade do saibro (em porcentagem);

h_a = umidade da areia (em porcentagem);

γ_{sh} = massa unitária do saibro úmido (em kg/dm^3);

γ_{ah} = massa unitária da areia úmida (em kg/dm^3).

Um método de dosagem de argamassas, para ser prático, deve admitir uma certa tolerância, a qual deve englobar as variações naturais nas características dos materiais e aquelas decorrentes das medições volumétricas de modo que não seja necessário refazer frequentemente a dosagem.

O método proposto admite dois limites para as variações nas características dos materiais empregados que se não forem atingidos desobrigam o recálculo da composição da argamassa para o contrapiso. Estes limites são apresentados a seguir:

a) as diferenças nos valores das massas unitárias e umidades do saibro e da areia que se admitem são as que resultam numa variação (para mais ou menos) igual ou inferior a 10% no volume de materiais úmidos calculados pela fórmulas 5.1.6 e 5.1.7;

b) a variação (para mais ou para menos) no teor de finos argilosos no saibro ("x") pode ser de no máximo 20% do valor de "x" adotado no cálculo da argamassa.

Quando um destes limites não for obedecido deve-se recalcular o traço de argamassa obtendo-se, assim, uma nova composição, mais adequada às características dos materiais empregados, que neste caso mostram-se nitidamente diferentes dos materiais originalmente empregados para o primeiro cálculo.

5.1.2.3 Procedimentos para implantação da dosagem racional

Na implantação da metodologia de dosagem, o engenheiro responsável pela produção do contrapiso deverá seguir uma seqüência de procedimentos para determinar o traço de betoneira a ser adotado na obra, definidos a seguir:

a) determinar experimentalmente as características dos materiais locais que serão utilizadas através dos ensaios recomendados (σ_{sh} ; h_s e "x" para o saibro e σ_{ah} e h_a para a areia);

b) efetuar o primeiro cálculo, adotando-se o teor de finos argilosos obtido experimentalmente ("x") e os parâmetros $\gamma_{arg} = 2050 \text{ Kg/m}^3$; $H = 10\%$; $C_c = 250 \text{ kg/m}^3$ e $f = 5\%$, determinando o traço inicial;

c) produzir em obra o traço inicial, com ajuste do teor de água a fim de produzir uma argamassa de consistência "semi-seca" e eventualmente um ajuste (diminuição) do valor adotado para "f", no caso da argamassa ficar muito "liguenta", o que normalmente não deverá ocorrer;

d) determinar, experimentalmente, os valores da massa específica da argamassa (γ_{arg}) e do teor de água (H) para a argamassa ajustada, segundo os procedimentos recomendados nos itens C.3 e C.4, do anexo C, respectivamente, registrando, o novo valor de "f", caso tenha sido alterado;

e) fazer o segundo cálculo com a adoção dos novos valores de γ_{arg} e de "H", mantendo os valores de consumo de cimento e do teor de finos "f" (que eventualmente poderá também ser alterado), determinando o traço básico;

f) calcular o traço de betoneira determinando os valores de V_{sh} , V_{ah} e V_{w+} que correspondem a um saco de cimento e na seqüência as dimensões das padiolas de obra; e

g) adotar nas obras o traço de betoneira conjuntamente com a metodologia integral de controle de qualidade recomendada no item 5.4, de modo a levantar todos os dados necessários para a consolidação da tecnologia e para a adoção de traços ainda mais econômicos.

Um exemplo de aplicação da metodologia de dosagem está apresentado no item E.3, do anexo E.

5.1.3 Produção da Argamassa

A produção da argamassa, independente do seu destino exerce importância fundamental no desempenho do produto. Desta forma, é necessário que exista um programa para a produção das argamassas de todo o edifício.

O desenvolvimento de uma metodologia de produção de argamassas é tão ou mais complexo que o da produção do contrapiso. Assim, não é possível, neste momento, uma abordagem específica sobre este assunto. Além disto, uma ampla metodologia de produção de argamassas foi desenvolvida e proposta no CPqDCC-EPUSP [Sabbatini & Selmo, julho 1989], podendo-se com ela direcionar a produção de argamassas de contrapiso.

5.1.4 Considerações Finais Sobre a Definição da Argamassa

Observa-se que é possível a obtenção de diferentes argamassas, originadas a partir de diversas combinações de materiais aglomerantes e agregados ou inertes (areia, pedrisco, agregados leves, seixo rolado, etc.) e ainda aditivos e adições, que podem ser definidos segundo a disponibilidade local e as características necessárias ao contrapiso, sendo possível haver uma grande variedade dos mesmos, implicando em alterações nas suas propriedades básicas tais como resistência mecânica, características superficiais e capacidade de aderência.

Assim, somente com uma prévia caracterização dos materiais disponíveis e posterior avaliação das argamassas e contrapisos produzidos acredita-se que será possível chegar a alguma conclusão acerca da

efetiva interferência do material no desempenho do conjunto. No entanto, tal avaliação não é fácil, pois um material ao interagir com outro, pode provocar sensíveis alterações na argamassa, que isoladamente não provocaria, ou seja, mesmo conhecendo-se algumas características isoladas de um dado agregado, de modo geral, não se pode inferir com certeza sobre a influência que causará nas propriedades da argamassa que dele se utilizar.

É, entretanto, um caminho a ser ainda investigado, pois a partir de uma série de observações e ensaios realizados com as argamassas e contrapisos e conhecendo-se as características dos materiais que os originaram e as técnicas de execução empregadas, acredita-se que seja possível correlacionar as diversas variáveis chegando-se a determinadas conclusões sobre a interferência de uma certa característica do material, no desempenho do produto final.

5.2 DIRETRIZES PARA A EXECUÇÃO DOS CONTRAPISOS

A proposta de produção dos contrapisos destinados a edifícios habitacionais e comerciais apresentada neste trabalho fundamenta-se no emprego de uma argamassa definida segundo a metodologia anteriormente proposta e também na possibilidade de execução de reduzidas espessuras, buscando produzir o contrapiso com maior economia, assegurando-se, porém, a sua qualidade.

Os trabalhos experimentais realizados, cujos resultados foram apresentados no item 4.2 do capítulo 4, mostraram que é possível executar o contrapiso com as características anteriores desde que se adotem procedimentos de execução adequadamente definidos, os quais devem ser devidamente controlados ao longo do processo produtivo.

O controle da produção, porém, somente será possível a partir da definição clara dos procedimentos de execução, sem os quais torna-se inviável a implantação de qualquer metodologia de controle de qualidade. Assim, busca-se neste item apresentar os procedimentos que deverão ser adotados como "padrão" de produção, a fim de se obter um contrapiso com reduzida espessura, produzido com argamassa de baixo teor de aglomerante e com qualidade.

A execução do contrapiso proposto exige que o mesmo seja do tipo aderido, pois desta forma trabalha em conjunto com a laje, sendo capaz de suportar uma maior intensidade de solicitações. Assim, neste trabalho, serão abordados objetivamente os procedimentos necessários para a obtenção deste tipo de contrapiso.

Existem algumas situações no edifício em que as mínimas espessuras admitidas pelo contrapiso aderido poderão ser ultrapassadas, tais como nos casos em que as instalações são embutidas no contrapiso, quando existem camadas impermeáveis ou desníveis entre ambientes, ou ainda, quando há diferenças sensíveis nas espessuras dos revestimentos de ambientes contíguos. Tais situações podem caracterizar um contrapiso não aderido, o qual se diferencia do aderido fundamentalmente pela espessura mínima requerida ser superior à deste e por não ser necessário o preparo da base para garantir a aderência.

Entretanto, mesmo nestes casos defende-se que os procedimentos de execução do contrapiso aderido sejam adotados a fim de se criar uma metodologia única no canteiro, pois o estágio de desenvolvimento tecnológico em que se encontra a mão-de-obra atuante na construção civil, não permite alterar os procedimentos de execução de um ambiente para outro e além disto, se existir uma opção cuja execução é menos trabalhosa, independente da situação certamente tal opção será utilizada.

Recomenda-se assim, que os procedimentos para execução do contrapiso aderido sejam empregados independente da espessura a ser executada e até mesmo sobre membranas impermeáveis desde que aderidas à laje. Busca-se assim, criar o hábito de que se deve cuidar da produção do contrapiso como um componente também importante no conjunto do edifício. Este hábito deve ser criado tanto nos técnicos responsáveis pelos serviços de contrapiso, como nos operários que os irão executar, a fim de que esta atividade seja valorizada.

Além disto, ao se padronizar os procedimentos, busca-se definir um método de execução que possa ser utilizado em qualquer local, independente das características intrínsecas da mão-de-obra que irá executar o contrapiso. Daí, em uma primeira fase de implantação

acredita-se que não se deva empregar procedimentos diferenciados. Ao longo do tempo, acredita-se que os procedimentos padrão poderão sofrer modificações em função das particularidades de cada local, não devendo perder, porém, o conceito que os fundamenta, qual seja, a garantia da qualidade do componente, com racionalidade, produtividade e economia.

Antes de apresentar o método de execução, porém, cabe fazer uma ressalva quanto à necessidade de emprego do contrapiso flutuante. A metodologia proposta não o engloba, pois devido à sua complexidade de produção, merece um estudo à parte que, neste momento, foge dos objetivos deste trabalho, o qual busca atingir os casos mais comuns nos edifícios em estudo. Sobre este contrapiso, algumas indicações quanto à produção estão registradas no item 3.2.4, do capítulo 3. Acredita-se, porém, que os seus estudos deverão estar inseridos na continuidade das pesquisas acerca do subsistema piso, procurando desta forma, dar uma resposta à todas as situações que podem envolver este subsistema, considerando-se a realidade brasileira.

O método de produção descrito a seguir desenvolve-se em duas partes básicas. Na primeira relacionam-se os equipamentos necessários para a execução do contrapiso, abordando-se ainda as atividades de levantamento das condições reais da base, para o início dos trabalhos; a segunda trata de todas as atividades de execução, desde o preparo da base com a marcação dos níveis do contrapiso (assentamento das taliscas), até o acabamento superficial necessário a cada tipo de revestimento.

5.2.1 Equipamentos e Ferramentas Necessários

Antes de iniciar as atividades de execução do contrapiso deve-se providenciar todos os equipamentos e ferramentas necessários ao desenvolvimento das mesmas. A falta de equipamentos em condições adequadas de manuseio e operação pode resultar em serviços mal executados e em baixa produtividade, caindo assim, a qualidade e eficiência do produto. A seguir, apresenta-se uma lista dos principais equipamentos e ferramentas usualmente empregados, os quais estão ilustrados nas figuras 5.1 e 5.2, apresentadas na seqüência.

a) para limpeza e preparo da base: vanga ou ponteira; picão; marreta; vassoura de cerdas duras (do tipo piaçava); brocha e mangueira ou baldes, para transporte d'água;

b) para execução do contrapiso: nível de mangueira ou aparelho de nível (figura 5.3); colher de pedreiro 9"; peneira com cabo e 15 cm de diâmetro; balde plástico de 20 l; vassoura de cerdas duras, (do tipo piaçava) e brocha; pá ou enxada; metro articulado; soquete com base de 30X30 cm e aproximadamente 10 Kg de peso, fixada a uma das extremidades de um pontalete de 1,50 m de altura; réguas metálicas de 2,5 e 3,5 m e desempenadeiras de madeira e de aço lisa.

FIGURA 5.1: Ferramentas usualmente empregadas na execução do contrapiso: pá; vanga; soquete; nível de mangueira; enxada; régua metálica e vassoura de cerdas duras.

FIGURA 5.2: Ferramentas usualmente empregadas para a execução do contrapiso: picão; marreta; brocha; peneira; colher de pedreiro e desempenadeiras de madeira e de aço.

5.2.2 Levantamento para Avaliação das Condições da Base

O projeto do contrapiso, abordado no item 5.3, é desenvolvido considerando-se as condições ideais da base, ou seja, levando-se em conta que ela tenha sido executada em nível e que apresente condições superficiais (planeza e regularidade) adequadas ao recebimento do contrapiso projetado. Porém, a realidade da construção no país tem mostrado que tais condições nem sempre são obtidas. E, enquanto tal situação ocorrer faz-se necessário que o projeto seja refeito considerando-se as reais condições de execução da laje.

A avaliação das condições de execução da laje constitui, então, o instrumento para a redefinição do projeto de contrapiso, a fim de que este não seja apenas simbólico como ocorre na maioria das vezes com projetos de diversos subsistemas do edifício.

Para que se realize a avaliação, o projeto do contrapiso deverá especificar o nível de referência da laje, bem como os pontos cujos

níveis devem ser verificados, recomendando-se que estes sejam no mínimo quatro para cada ambiente, devendo este número ser superior em função das dimensões e formato do mesmo. Recomenda-se que os pontos de verificação sejam, de preferência, coincidentes com os de assentamento das taliscas a fim de facilitar o posterior nivelamento das mesmas.

O ponto definido como origem deverá receber nível zero, comparando-se com ele os demais pontos a serem checados. O ponto origem deverá estar devidamente identificado em cada um dos pavimentos, pois a definição dos níveis será feita a partir dele.

Os locais de verificação dos níveis deverão estar limpos e isentos de quaisquer obstáculos, partículas soltas ou detritos de argamassa, para que o nível determinado corresponda realmente ao nível da laje acabada.

O equipamento ideal para a checagem dos níveis da laje está apresentado na figura 5.3, a seguir, sendo denominado aparelho de nível. Este equipamento permite verificar os níveis com precisão milimétrica utilizando-se um único operário. Seu princípio de funcionamento consiste em posicionar a haste, à qual estão acopladas a mangueira de nível e a escala móvel, sobre o ponto origem, fazendo coincidir o "zero" da escala com o nível indicado pela mangueira, sendo que a partir daí, a haste pode ser transferida para qualquer ponto cujo nível deva ser verificado, observando-se o deslocamento da água na escala, o qual indica o desnível do ponto em relação à origem.

A checagem dos níveis poderá ser feita utilizando-se também o nível de mangueira. Entretanto, o uso deste nível para a atividade de verificação não é funcional pois acarreta algumas dificuldades, tais como a necessidade de dois operários, os quais muitas vezes têm dificuldades em se comunicar; a necessidade de transferir o nível para vários pontos das paredes, para posterior medição da distância com a laje; a imprecisão na leitura e ainda, a dificuldade de verificação dos níveis em pontos no meio da laje, por estarem distantes das paredes para onde o nível comumente é transferido.

No entanto, estas dificuldades não podem inviabilizar a atividade de verificação dos níveis e conseqüentemente de reprojeto, que é o elemento fundamental para o controle das atividades e a garantia de que o produto executado é o efetivamente projetado.

FIGURA 5.3: Aparelho de nível²²

2- O aparelho de nível foi desenvolvido por técnicos da empresa ENCOL - Engenharia e Comércio S.A., com a finalidade de racionalizar as atividades de verificação e transferência de níveis de formas para a execução da estrutura de concreto armado. A partir da metodologia de execução aqui proposta, este aparelho deve ser aproveitado também nas atividades de execução do contrapiso.

5.2.3 Preparo da Base e Definição dos Níveis com o Assentamento das Taliscas

Com o projeto redefinido, deverão ser marcados em todos os ambientes, os níveis do contrapiso acabado. Entretanto, antes da demarcação dos níveis e conseqüente assentamento das taliscas, os ambientes deverão ser completamente limpos, retirando-se entulhos, restos de argamassa ou outros materiais aderidos à base, podendo-se utilizar para isto o picão, a vanga ou ponteira e a marreta. Além disto, a base deverá estar isenta de pó e de outras partículas soltas, que podem ser eliminadas varrendo-se com vassoura dura (do tipo piaçava). Quando existir óleo, graxa, cola, tinta ou produtos químicos na superfície da base deve-se providenciar a sua completa remoção.

Os procedimentos de limpeza da base estão ilustrados nas figuras 5.4 a 5.6, a seguir.

FIGURA 5.4: Remoção de detritos aderidos à laje utilizando-se uma vanga ou ponteira.

FIGURA 5.5: Remoção de detritos aderidos à laje utilizando-se picão e marreta.

FIGURA 5.6: Remoção das partículas soltas e material pulverulento utilizando-se vassoura dura.

Após a completa limpeza do local, os níveis do contrapiso deverão ser transferidos a partir do ponto-origem que constitui o nível de referência, utilizando-se preferencialmente o aparelho de nível, ou ainda, o nível de mangueira, assentando-se as taliscas nas posições previamente definidas pelo projeto (ou reprojeto).

As taliscas a serem utilizadas podem ser constituídas de pequenos tacos de madeira, cacos de ladrilho ou de azulejo, sendo preferível os dois últimos por apresentarem reduzida espessura.

As taliscas deverão ser assentadas ao longo do perímetro do ambiente em que será executado o contrapiso, obedecendo a disposição de projeto, o qual deverá considerar a distância máxima de 3,0 m entre as mesmas³. Neste caso, considera-se que a régua disponível para o sarrafeamento tenha comprimento suficiente para alcançar as duas taliscas; caso contrário, o espaçamento será limitado pelo seu comprimento.

Se as dimensões do ambiente forem maiores que os limites anteriores, deve-se assentar taliscas ao longo da linha média do comprimento ou largura do ambiente.

Os pontos onde serão assentadas as taliscas deverão ser devidamente limpos e previamente umedecidos, polvilhando-se cimento na sequência formando uma nata, a fim de garantir a aderência da argamassa de assentamento das taliscas à base, pois ela ficará incorporada ao contrapiso quando da sua execução. Além disto, com este procedimento dificulta-se que, acidentalmente, as taliscas sejam deslocadas de sua posição original, o que implicaria em refazer o serviço de nivelamento.

Os procedimentos de preparo da base para assentamento das taliscas estão ilustrados nas figuras 5.7 e 5.8.

3 - A dimensão máxima entre taliscas é definida considerando-se o sarrafeamento realizado por um único operário, o qual não tem condições de trabalhar adequadamente com um espaçamento superior.

FIGURA 5.7: Limpeza dos locais onde serão assentadas as taliscas, utilizando-se uma brocha.

FIGURA 5.8: Polvilhamento de cimento sobre o local a ser assentada a talisca, previamente umedecido para a formação da nata de cimento.

A argamassa para o assentamento das taliscas deverá ter características idênticas à que será empregada no contrapiso, ou seja, as mesmas composição, dosagem e umidade.

O assentamento das taliscas deverá ser feito, de preferência, com antecedência mínima de dois dias à execução do contrapiso, pois acredita-se que desta forma seja possível treinar uma ou mais equipes para desenvolver esta função específica, proporcionando maior produtividade e permitindo que a qualidade de execução do serviço vá melhorando com o tempo uma vez que as equipes vão se especializando. Além disto, com este procedimento, é possível realizar o controle de níveis das taliscas, minimizando assim, as possibilidades de erros no nivelamento do contrapiso.

Para o assentamento das taliscas utilizando o aparelho de nível, basta que se tome a espessura do contrapiso definida no projeto (ou reprojeto), executando-a sobre a laje, com o auxílio da escala móvel. O assentamento auxiliado por este aparelho permite precisão milimétrica na espessura do contrapiso, sendo que o mesmo encontra-se ilustrado na figura 5.9, a seguir.

FIGURA 5.9: Assentamento da talisca empregando-se o aparelho de nível.

Quando não se dispuser deste aparelho, o assentamento da talisca poderá ser feito da maneira tradicional. Inicialmente deve-se tomar o nível de referência da laje no ponto origem, transferindo-o para a parede do cômodo onde serão assentadas as taliscas, utilizando-se para isto o nível de mangueira como ilustra a figura 5.10, observando-se que para o desenvolvimento desta atividade são necessários dois operários. A partir da referência da parede, define-se o nível das taliscas utilizando-se um metro articulado, como ilustra a figura 5.11. Neste caso, recomenda-se que no projeto seja definida além da espessura, a cota do contrapiso em função da referência adotada.

FIGURA 5.10: Transferência do nível de referência da laje no ponto origem, para a parede do cômodo onde serão assentadas as taliscas.

FIGURA 5.11: Definição do nível do contrapiso (assentamento da talisca) a partir do nível de referência transferido para a parede.

Após o assentamento das taliscas, o local deverá ser limpo uma vez mais, retirando-se os resíduos desta atividade e em seguida deve-se impedir o trânsito de pessoas e equipamentos pelo local a fim de evitar que aquelas sejam danificadas e que se suje a base antes da execução do contrapiso.

5.2.4 Preparo da Camada de Aderência e Construção das Mestras

Considera-se, nesta fase, que a marcação de nível e o taliscamento tenham sido executados.

Caso a recomendação anterior de se preservar a limpeza do local tenha sido observada, não se faz necessário cuidado algum; entretanto, quando a base apresentar-se suja por materiais pulverulentos, restos de argamassas ou quaisquer outros resíduos os procedimentos de limpeza anteriormente recomendados deverão ser aplicados.

Com a superfície completamente limpa, a base deve ser molhada (lavada) com água em abundância conforme ilustra a figura 5.12, no

dia anterior à aplicação da argamassa, removendo-se o excesso de água imediatamente antes da execução do contrapiso.

FIGURA 5.12: Lavagem da laje com água em abundância, no dia anterior à execução do contrapiso.

Retirado o excesso de água inicia-se o preparo da camada de aderência entre o contrapiso e a base. A execução desta camada consiste no polvilhamento de cimento com o auxílio de uma peneira, referenciada no item 5.2.1. O cimento deverá ser aplicado numa quantidade aproximada de $0,5 \text{ Kg/m}^2$ de superfície, sendo imediatamente espalhado com vassoura, criando uma fina película de ligação entre a base e a argamassa semi-seca que será aplicada.

Considerando-se as dimensões usuais dos ambientes, recomenda-se que o preparo da camada de aderência seja realizado por partes para que a nata de cimento não endureça antes do lançamento da argamassa de contrapiso. Assim, este procedimento deve ter início nos locais de execução das mestras, tendo continuidade após estarem prontas.

Os procedimentos de execução desta camada estão ilustrados nas figuras 5.13 e 5.14, a seguir.

FIGURA 5.13: Polvilhamento de cimento sobre a superfície previamente molhada, em quantidade aproximada de $0,5 \text{ kg/m}^2$ de superfície.

FIGURA 5.14: Espalhamento do cimento com a formação de uma nata para a camada de aderência.

A execução das mestras deve se dar imediatamente antes do lançamento da argamassa para a execução do contrapiso como um todo, não sendo necessário nem mesmo recomendado sua prévia execução, em função das características da argamassa utilizada. A sequência de procedimentos recomendados para a sua execução é descrita a seguir.

- após o preparo da camada de aderência, deve-se preencher com argamassa, uma faixa no alinhamento das taliscas, utilizando-se a enxada para o seu espalhamento, conforme mostra a figura 5.15. A argamassa deve sobrepor o nível das taliscas;
- utilizando-se o soquete, deve-se compactar, com energia, a camada de argamassa contra a base, conforme mostra a figura 5.16;

FIGURA 5.15: Início da execução das mestras: espalhamento da argamassa de contrapiso entre duas taliscas, após o preparo da camada de aderência.

FIGURA 5.16: Compactação enérgica da mestra, de modo a obter um contrapiso de elevada compacidade e no nível estabelecido.

- apoiando-se a régua de alumínio sobre as taliscas deve-se ir "cortando" a argamassa excedente de modo a obter toda a faixa de argamassa no mesmo nível das taliscas;
- as faixas assim executadas constituem as mestras que irão auxiliar no nivelamento do contrapiso de todo o ambiente;
- com as mestras executadas, as taliscas devem ser retiradas como mostra a figura 5.17, preenchendo-se com argamassa o espaço deixado, nivelando-o com a régua metálica, dando prosseguimento à aplicação da argamassa de contrapiso.

FIGURA 5.17: Retirada da talisca após a execução das mestras.

5.2.5 Aplicação da Argamassa do Contrapiso

Com as mestras e a camada de aderência executadas deve-se aplicar a argamassa de contrapiso na superfície restante, observando-se os seguintes procedimentos:

- lançar a argamassa sobre a base de modo que ao ser espalhada, com enxada, sobreponha o nível das mestras, quando a espessura total do contrapiso não ultrapassar 50 mm; caso contrário, o espalhamento da argamassa deverá ser feito em duas ou mais operações consecutivas intercaladas pela compactação da primeira camada, conforme os procedimentos recomendados na sequência;
- uma vez espalhada, a argamassa deve ser compactada com energia, empregando-se o soquete referenciado em 5.2.1, pois acredita-se que o adequado desempenho do contrapiso aderido esteja relacionado tanto com a correta execução da ponte de aderência entre o contrapiso e a base como com a enérgica compactação da camada a qual permite a eliminação dos vazios da argamassa, proporcionando uma maior

compacidade e conseqüentemente uma maior resistência aos esforços mecânicos;

- se após a compactação, a camada ficar abaixo do nível das mestras deve-se acrescentar mais argamassa, compactando novamente;

- terminada a etapa anterior, inicia-se o sarrafeamento de toda a superfície empregando-se a régua metálica referenciada em 5.2.1, a qual deve ser apoiada sobre as mestras e em movimentos de vaivém, deve-se "cortar" a superfície da argamassa até que seja atingido o nível das mestras, em toda a superfície.

Os principais procedimentos de execução da camada de contrapiso estão ilustrados nas figuras 5.18 a 5.20.

FIGURA 5.18: Espalhamento da argamassa de contrapiso, após a execução da camada de aderência e das mestras

FIGURA 5.19: Compactação energética da camada de contrapiso utilizando-se soquete de base 30x30 cm e peso aproximado de 10 kg.

FIGURA 5.20: Sarrafeamento da camada de contrapiso entre duas mestras.

5.2.6 Acabamento Superficial do Contrapiso

Assim como as características da base afetam o comportamento final do contrapiso, as características superficiais deste afetam o do revestimento de piso, ou seja, o adequado desempenho deste depende da adequabilidade da superfície do contrapiso ao sistema de fixação do revestimento.

A superfície do contrapiso pode receber diferentes acabamentos os quais podem variar em função das características dos revestimentos a serem empregados e também em função do trânsito a que ficarão submetidos antes de receberem o revestimento.

Após o sarrafeamento com a régua metálica o acabamento superficial mais utilizado é o desempenado o qual é comumente obtido pela regularização da superfície empregando-se uma desempenadeira de madeira que é passada em movimentos circulares removendo-se as pequenas irregularidades deixadas pelo sarrafeamento. Em função da umidade de aplicação da argamassa e do tempo decorrido entre a sua aplicação e o desempenho pode ser necessário borrifar água sobre a superfície para facilitar esta operação.

O acabamento desempenado com madeira é indicado nos casos em que o contrapiso irá receber revestimentos fixados com dispositivos ou com argamassa adesiva, pois a fixação do revestimento com estas técnicas são compatíveis com a textura superficial própria deste tipo de acabamento, que é tão mais rugosa quanto maior a granulometria do agregado, pois esta argamassa contém pouca pasta.

Quando os revestimentos são fixados com adesivos à base de resinas (colas de um modo geral), cuja espessura de aplicação é reduzida (cerca de 1,0 mm), recomenda-se a execução do acabamento comumente denominado alisado. Este acabamento é feito posteriormente ao desempenho com madeira, empregando-se uma desempenadeira de aço ou colher de pedreiro com movimentos em uma única direção, alisando a superfície. Também neste caso é usual borrifar água para facilitar a operação. Este desempenho provoca o afloramento da nata de cimento

presente na argamassa, colaborando para um acabamento superficial liso, de menor porosidade e mais resistente.

Independente destes dois tipos de acabamentos pode-se ter o acabamento denominado reforcado, desenvolvido no decorrer da pesquisa que subsidiou este trabalho de dissertação. Este acabamento deve ser utilizado quando contrapiso ficar exposto por longo período ou mesmo quando for executado antes dos revestimentos de parede, proporcionando uma superfície com maior resistência mecânica.

Este acabamento pode ser obtido em conjunto com o acabamento desempenado ou com o alisado, a partir dos procedimentos apresentados a seguir e ilustrados nas figuras 5.21 e 5.22:

- imediatamente após o sarrafeamento da superfície com régua metálica, deve-se polvilhar cimento em quantidade aproximada de 0,5 Kg/m², empregando-se a peneira referenciada no item 5.2.1;

- feito o polvilhamento, deve-se iniciar o desempeno utilizando a desempenadeira de madeira. Nos casos em que a superfície apresentar-se muito seca recomenda-se borrifar água, a fim de facilitar a operação de desempeno. Utilizando-se a desempenadeira em movimentos circulares, o cimento polvilhado sobre a superfície vai se misturando à camada superficial da argamassa, constituindo uma fina camada (2 a 4 mm) com elevada resistência mecânica. O acabamento pode ser finalizado aqui, constituindo o denominado desempenado reforçado, indicado para as mesmas situações que o desempenado comum, anteriormente abordado ou;

- nos casos em que se necessitar uma superfície mais lisa pode-se fazer o alisado reforçado, obtido pela passagem da desempenadeira de aço após o desempeno com madeira, como no alisado comum.

Ao se realizar o acabamento superficial do contrapiso, independente do seu tipo, deve-se ter o cuidado de iniciá-lo pelo lado oposto à parede que contém a porta e planejar a execução de modo a terminá-la na porta, evitando assim caminhar sobre a argamassa fresca,

sendo que o deslocamento do operário sobre a argamassa sarrafeada, quando necessário, deve ser feito sobre pranchas.

FIGURA 5.21: Polvilhamento de cimento sobre a superfície do contrapiso sarrafeado, seguido do desempeno com madeira.

FIGURA 5.22: Execução do acabamento superficial reforçado alisado, obtido pelo desempeno da superfície com aço, após ter recebido o polvilhamento de cimento e o desempeno com madeira.

5.2.7 Cuidados após a Execução do Contrapiso

Finalizado o acabamento superficial do contrapiso, recomenda-se ainda, alguns cuidados, que são apresentados a seguir:

- a cura poderá ser feita sob as condições ambientes, uma vez que tratam-se de contrapisos interiores ao edifício, estando, portanto, protegidos das ações agressivas do meio ambiente;
- o contrapiso deverá ser isolado do trânsito de pessoas e equipamentos durante um período mínimo de três dias, sendo que decorrido este prazo aquele poderá receber trânsito de pessoas, não sendo porém desejável. O trânsito de equipamentos deve ser evitado a fim de se preservar a sua regularidade superficial;
- deve-se respeitar um prazo de no mínimo 28 dias para a secagem do contrapiso, antes da colocação dos revestimentos, notadamente quando estes forem susceptíveis à umidade.

5.3 DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DE CONTRAPISOS

Acredita-se que o projeto para qualquer subsistema do edifício é um instrumento necessário para que a inércia do processo construtivo convencional seja vencida, pois somente a partir de sua elaboração será possível definir adequadamente a produção na fase de concepção do produto, não permitindo que decisões subjetivas sejam tomadas durante a etapa de execução.

Assim, o projeto deve conter especificações claras sobre o produto final de modo que se tenha mecanismos eficientes para que a produção ocorra de maneira planejada e que suas atividades sejam devidamente acompanhadas possibilitando verificar a adequação dos procedimentos de execução ao projeto e a obtenção de um produto cuja qualidade seja compatível com a especificada.

A fim de que o projeto de contrapisos possa ser desenvolvido de maneira a conter os parâmetros necessários à sua adequada realização, busca-se reunir algumas diretrizes que possam levar a um processo

de produção corretamente definido e passível de ser implantado em obra. Para isto, este item é desenvolvido em três etapas. Na primeira definem-se as especificações necessárias ao projeto de contrapisos. Na segunda o projeto de contrapisos é apresentado conforme fora concebido ao longo deste trabalho, detalhando-se cada uma de suas partes. Na terceira e última etapa apresentam-se as diretrizes para a redefinição do projeto, considerando-se as reais condições de execução da obra.

5.3.1 As Especificações Necessárias ao Projeto de Contrapisos

O projeto deverá conter especificações acerca da argamassa e da técnica de execução a serem utilizadas na produção, bem como as espessuras necessárias a cada ambiente.

No que se refere à argamassa, o projeto deverá especificar a sua composição e dosagem, sendo que para a determinação das mesmas recomenda-se adotar as diretrizes propostas no item 5.1. Os parâmetros adotados nesta definição, tais como características dos materiais, teor de aglomerante por m³ de argamassa, entre outros, deverão ser devidamente registrados na memória de cálculo do projeto de contrapisos.

A especificação dos procedimentos de execução deverá acompanhar cada projeto de contrapisos. Para a sua definição devem ser adotados os procedimentos recomendados no item 5.2, salientando-se uma vez mais que se os mesmos não forem implementados, juntamente com os procedimentos de controle da produção, não será possível a utilização de uma argamassa com baixo teor de aglomerante, como a proposta no item 5.1.

As espessuras necessárias em cada ambiente devem ser determinadas a partir de procedimentos específicos, os quais devem considerar as diversas variáveis que interferem na sua definição, dentre as quais pode-se destacar as características dos revestimentos de piso empregados e as da estrutura, os desníveis entre ambientes e a presença de possíveis interferências tais como sistemas de impermeabilização, instalações e esquadrias.

Em função do envolvimento destas variáveis, entende-se que o desenvolvimento do projeto de contrapisos deva se dar necessariamente antes do início da obra e em conjunto com os demais projetos do edifício, tais como o de estrutura, arquitetura, instalações e impermeabilização, os quais poderão fornecer as informações necessárias para sua elaboração, bem como poderão ser realimentados pelas definições propostas para o contrapiso.

Assim, propõe-se que a etapa, para a determinação das espessuras do contrapiso, deva ser constituída pela análise das especificações dos projetos, buscando-se definir as possíveis relações e interferências entre os mesmos. Os projetos a serem analisados e as principais informações a serem obtidas de cada um são abordados no item 5.3.1.1.

Numa segunda etapa, a partir dos subsídios obtidos dos projetos, passa-se à definição das espessuras propriamente ditas, cujos procedimentos estão apresentados no item 5.3.1.2.

5.3.1.1 Análise dos projetos do edifício

a) Do projeto de estruturas

Deste projeto é fundamental conhecer as características da base pois estas interferem no tipo de contrapiso a ser executado e conseqüentemente nas características da argamassa.

As principais características da base a serem verificadas são sua resistência e deformabilidade, pois ambas estão relacionadas com a sua capacidade de suporte e o seu potencial de deformabilidade. A partir da sua avaliação é possível definir se o contrapiso pode ou não trabalhar em conjunto com a mesma, sendo que o trabalho conjunto contrapiso-base, assumido pela metodologia de produção proposta neste trabalho, alivia sobremaneira as solicitações no primeiro componente o qual pode ser executado com reduzida espessura e uma argamassa mais fraca tornando-se, portanto, mais econômico.

O contrapiso aderido, porém, só poderá ser executado quando o grau de deformações a que a base estiver sujeita não implicar em danos ao mesmo, os quais podem ser traduzidos principalmente pela formação de fissuras incompatíveis com as necessidades de uso. Quando as deformações sofridas pela base atingirem magnitudes que o contrapiso não possa suportar sem que comprometa o seu desempenho, é aconselhável a separação de ambos, sendo que o trabalho desvinculado resulta numa argamassa de custo mais elevado, além de um sistema de piso mais complexo, em função das camadas de dessolidarização necessárias, configurando um contrapiso flutuante. Além destas características, no projeto estrutural deve ser verificado ainda os desníveis estruturais que porventura existam, para que se possa compatibilizar os níveis finais do piso com os desníveis existente entre as lajes.

b) Do projeto de arquitetura

São diversas as informações obtidas deste projeto, podendo-se destacar:

- as características dos revestimentos de piso especificados, isto é, sua espessura e técnica de aplicação, definindo-se a partir daí, a espessura total da camada de revestimento;
- os níveis relativos do piso acabado para cada ambiente;
- as declividades previstas para as áreas molháveis, tais como áreas de serviço, banheiros e sacadas;
- detalhes construtivos tais como soleiras, esquadrias, rebaixos e degraus.

c) Do projeto de instalações

A partir deste projeto verificam-se as características das instalações embutidas no contrapiso, tais como;

- posicionamento dos ralos nas áreas molháveis;

- tipo e posicionamento de tomadas de piso; e
- tipo, posicionamento e diâmetro de tubulações a serem embutidas no contrapiso, tais como as de gás, de comunicação e elétricas.

d) Do projeto de impermeabilização

Neste projeto é importante verificar as dimensões das áreas impermeabilizadas e o sistema de impermeabilização utilizado.

No caso de áreas com dimensões reduzidas como banheiros, por exemplo, em que tenha sido empregado um sistema de impermeabilização do tipo aderido à laje, é possível, com alguns cuidados, executar um contrapiso com uma espessura reduzida (2,0 cm), com desempenho adequado. Entretanto, quando a área impermeabilizada for de maiores dimensões ou a impermeabilização não for do tipo aderida, a espessura mínima do contrapiso deverá ser cuidadosamente avaliada podendo ser necessário adotar a admitida pelo contrapiso não aderido (3,5 cm) ou mesmo, pelo contrapiso flutuante (5,0 cm).

5.3.1.2 Procedimentos para a definição das espessuras

Após a análise dos diversos projetos, pode-se determinar a espessura do contrapiso, propriamente dita, recomendando-se para isto que sejam adotados os procedimentos apresentados a seguir:

- do projeto de arquitetura deve-se tomar os níveis do piso acabado, com referência a um determinado ambiente e os revestimentos utilizados, considerando-se as suas camadas de regularização, de fixação e de acabamento (ver item 2.2.4);
- do projeto de impermeabilização deve-se registrar as características do sistema utilizado, traduzidas pelo tipo de aderência com a laje, espessura e compressibilidade da camada impermeável;
- subtraindo-se a espessura total da camada de revestimento, do nível do piso acabado, tem-se a cota da superfície do contrapiso;

- atribuindo-se ao contrapiso a espessura mínima (que no caso do contrapiso aderido é de 2,0 cm), resulta a cota da laje, necessária para atender a condição de espessura mínima do contrapiso. Quando da existência de camada impermeável, sua espessura também deverá ser considerada a fim de que se chegue à cota real da laje;

- não é comum a laje ser executada com níveis diferenciados em todos os ambientes em que isto se fizer necessário para se ter contrapiso mínimo, pois este procedimento implicaria em baixa produtividade e em elevados custos de produção da laje. Porém, em locais que resultam em desníveis mais acentuados tais como as sacadas, por exemplo, é comum haver o rebaixo da laje e este deverá ser considerado ao se elaborar o projeto de contrapisos. Assim, como metodologia de elaboração do projeto, atribuída a espessura mínima do contrapiso para todos os ambientes, deve-se tomar o ambiente que resultou na cota de laje mais baixa, como referência (sendo que este terá o contrapiso executado realmente com a espessura mínima), determinando o nível geral da laje, definindo-se a partir dele, a espessura real do contrapiso nos demais;

- a espessura definida deverá ser analisada em função de possíveis interferências como tubulações embutidas e as declividades necessárias em cada ambiente, a fim de verificar se a espessura projetada é adequada às mesmas. Quando da existência de tubulações embutidas no contrapiso, acredita-se que as mesmas deverão estar cobertas por uma camada mínima de 2,0 cm de espessura, recomendando-se, nestes casos, que seja previsto um rebaixo na laje para não aumentar demasiadamente a camada de contrapiso em todo o pavimento. No caso de áreas com declividades, recomenda-se que no ponto mais baixo (junto ao ralo) o contrapiso tenha espessura de no mínimo 1,5 cm.

Ao se projetar adequadamente as espessuras do contrapiso para cada pavimento do edifício, compatibilizando-se os seus diversos subsistemas, acredita-se que seja possível reduzir as atuais espessuras que em média resultam em 6,0 cm, para valores médios de 3,0 cm, permitindo uma redução no custo total do contrapiso da ordem de 50%, além de poder levar a uma maior produtividade da mão-de-obra,

resultando, com isto, uma redução sensível no prazo de execução desta atividade.

Os procedimentos anteriormente propostos foram sistematizados numa planilha de cálculo que permite determinar, com praticidade, as espessuras do contrapiso, necessárias a cada ambiente. A planilha desenvolvida está apresentada na tabela 5.1, e os procedimentos a serem adotados para o seu preenchimento e conseqüente determinação da espessura do contrapiso são aqui apresentados.

A planilha resume os procedimentos anteriormente propostos. Inicialmente são tomadas as informações do projeto de arquitetura, definindo os ambientes (coluna 1) e as características do piso final em cada um deles (colunas 2, 3 e 4), isto é, os níveis relativos entre os mesmos e as espessuras da camada de revestimento.

Para a definição do nível relativo entre cada ambiente é necessário que se adote uma referência de nível que deve ser indicada na coluna 3 da tabela, recomendando-se adotar a referência de nível igual a 100,0 ou 0,0, a fim de facilitar os cálculos necessários.

Ainda do projeto de arquitetura identificam-se as interferências com esquadrias e outros detalhes construtivos, registrando-as na coluna 13. Estas interferências podem ser relativas, por exemplo, à espessura mínima necessária ao contrapiso em um determinado ambiente, para que haja o cobrimento de uma esquadria, devendo-se registrar qual é a espessura.

Pelo projeto de arquitetura é possível identificar, ainda, as declividades necessárias aos ambientes molháveis, tais como banheiros e áreas de serviço, sendo que esta informação deve ser registrada na coluna 14, a fim de determinar a espessura do contrapiso junto ao ralo de coleta das águas servidas (que deve ser no mínimo de 1,5 cm).

A partir do projeto de impermeabilização identificam-se as características do sistema, lançando-se a sua espessura na coluna 6. Destas informações é possível definir as espessuras mínimas do contrapiso para os ambientes que contém esta camada, a partir da avaliação da sua aderência com a laje e das dimensões do ambiente, lembrando que nos casos em que a impermeabilização for aderida à laje e esta for de pequenas dimensões é possível utilizar um contrapiso com uma espessura mínima de 2,0 cm. Nos casos de maiores dimensões ou quando a camada de impermeabilização não estiver aderida à laje deve-se fazer uma cuidadosa avaliação quanto à espessura necessária, podendo-se utilizar a espessura mínima recomendada para o contrapiso não aderido ou flutuante, em função das características específicas de cada caso.

Do projeto de estruturas identificam-se os desníveis projetados entre os panos de laje, os quais devem ser lançados na coluna 10 da tabela.

Do projeto de instalações verifica-se a possível passagem de tubulações pelo contrapiso ou outras interferências, as quais devem ser registradas na coluna 13.

Realizado o levantamento dos dados dos diversos projetos, passa-se à determinação da espessura para cada ambiente.

Na coluna 5 define-se a cota do contrapiso acabado, a qual é resultante da subtração dos dados da coluna 4 (espessura total da camada de revestimento), dos da coluna 3 (cota do piso acabado).

A coluna 7 é reservada para a adoção da espessura mínima do contrapiso em cada ambiente, sendo que para o caso de se adotar os procedimentos de execução para obtenção do contrapiso aderido como proposto no item 5.2, tem-se uma espessura mínima de 2,0 cm. Nesta definição deve-se considerar ainda as informações sobre o projeto de impermeabilização, anteriormente abordado.

Na coluna 8 define-se a cota em que a laje deveria ser executada a fim de atender a espessura mínima para cada ambiente. Este dado é

obtido subtraindo-se dos valores registrados na coluna 5 (cota do contrapiso acabado), os valores da coluna 6 (espessura da camada de impermeabilização) e os da 7 (espessura mínima do contrapiso).

Na coluna 9 determinam-se os desníveis que deveriam haver entre os diversos panos de laje para que todos os contrapisos resultassem na espessura mínima. Comparando-se os resultados desta coluna com os da 10 (desníveis entre lajes previstos na estrutura) é possível identificar se há a possibilidade de alteração no projeto de estruturas a fim de que se tenha menor espessura de contrapiso nos diversos ambientes.

Situações de elevada espessura podem ser facilmente evitadas quando o projeto é elaborado em conjunto com os demais projetos do edifício. Entretanto, quando forem inevitáveis os casos de espessuras elevadas recomenda-se o emprego de enchimento com argamassas fracas (150 Kg cimento por m³ de argamassa) ou mesmo de materiais leves a fim de se reduzir o carregamento e o custo da camada.

Como a laje dos diversos ambientes nem sempre é executada em diferentes níveis, toma-se a de nível mais baixo como referência para as demais. Esta informação é registrada na coluna 11.

A partir dos dados da coluna 11 e os anteriormente obtidos, calcula-se a espessura do contrapiso para cada ambiente, registrado-a na coluna 12.

A espessura do contrapiso é obtida subtraindo-se dos valores registrados na coluna 5 (cota do contrapiso acabado), os registrados na coluna 6 (espessura da camada de impermeabilização) e os na 11 (cota da laje considerando os panos de laje no mesmo nível).

Determinadas as espessuras do contrapiso para cada ambiente, passa-se a considerar as interferências registradas nas colunas 13 e 14, verificando-se a necessidade de alterações na cota da laje, a qual deverá ser registrada na coluna 15, e conseqüentemente na espessura do contrapiso, que deve ser registrada na coluna 16.

As interferências deverão ser adequadamente analisadas buscando-se compatibilizar o projeto dos demais subsistemas com o de contrapiso, de maneira que aqueles não apresentem detalhes construtivos que levem ao aumento generalizado da espessura deste, quando a mesma não é necessária para o atendimento das condições específicas do subsistema piso.

As colunas 17 e 18 são destinadas à verificação da influência de cada ambiente no consumo total da argamassa de contrapiso, permitindo calcular a espessura média da camada no campo 19, na horizontal, dada pela somatória do volume de argamassa (espessura de cada ambiente multiplicado pela sua respectiva área) empregado em cada ambiente dividido pela área total considerada.

Dois exemplos práticos do cálculo da espessura do contrapiso para um projeto específico são apresentados nas tabelas 5.2 e 5.3, a seguir. Na tabela 5.2 determinam-se as espessuras do contrapiso para o projeto apresentado, como exemplo, no item 5.3.2, tomando-se como parâmetros as informações obtidas dos demais projetos (arquitetura, estrutura, instalações e impermeabilização). Na tabela 5.3 as espessuras são determinadas a partir de uma simulação: alterou-se o desnível inicialmente previsto na laje estrutural, bem como a espessura necessária para absorver o detalhe construtivo do caixilho que divide a sala e o terraço.

No exemplo relativo ao projeto do item 5.3.2, identifica-se que:

- na região da cozinha e no hall de serviço são passadas tubulações de gás pelo contrapiso, necessitando, em função do detalhe construtivo definido no projeto de instalações, um contrapiso com espessura mínima 2,5 cm a fim de se ter o cobrimento necessário;
- existe um desnível entre a laje do pavimento e a laje dos terraços de 15 cm, o qual foi registrado na coluna 10.
- o detalhe construtivo da esquadria entre o terraço e a sala exigiu um contrapiso mínimo de 3,5 cm para a sala, estando esta interferência registrada na coluna 13.

Com todos os dados levantados determinaram-se as espessuras como anteriormente recomendado, sendo que os resultados iniciais aparecem na coluna 12.

A partir daí, analisando-se as diversas interferências identificadas nos demais projetos, define-se a espessura final para cada ambiente, registrada na coluna 16.

O desnível previsto para a laje estrutural implicou num contrapiso de 11,3 cm de espessura nos terraços. Para a execução do contrapiso com esta espessura, certamente será necessário um enchimento. Este deverá ser realizado, preferencialmente, com agregados leves, a fim de não superar o carregamento previsto para a estrutura.

Quando o projeto de contrapisos é realizado em conjunto com o de estruturas existe a possibilidade de se alterar definições como esta, pois como mostra a coluna 9 o desnível necessário para que o terraço ficasse com espessura mínima atendendo às demais condições é de apenas 6,2 cm.

A espessura do contrapiso inicialmente definida com 3,0 cm para a área da sala teve de ser acrescida de 0,5 cm, em função da interferência detectada com a esquadria. Em função disto, foi necessário aumentar o contrapiso de todo o pavimento.

Interferências como esta devem ser adequadamente estudadas buscando-se determinar maneiras de minimizar o seu efeito sobre o subsistema piso. É possível que a modificação do perfil da esquadria possibilitasse um contrapiso de menor espessura na sala, reduzindo, portanto, a espessura média de todo o pavimento, como pode ser observado na simulação realizada na tabela 5.3.

Para a definição das espessuras na tabela 5.3, alterou-se o desnível da laje dos terraços para apenas 7,0 cm e considerou-se que não haveria interferência com a esquadria da sala. Com isto, comparando-se os resultados para as duas tabelas (5.2 e 5.3), observa-se a diferença de 1,0 cm na espessura média de todo o pavimento, que resulta numa economia média de 5,0 m³ de argamassa por pavimento.

TABELA 5.2: Planilha de calculo para determinacao das espessuras do contrapiso - exemplo pratico a partir do projeto apresentado no item 5.3

1	2	3	4	5 = 3-4	6	7	8 = 5-6-7	9	10	11	12-5-6-11	13	14	15	16-5-6-15	17	18
CARACTERÍSTICAS DO PISO																	
COTA DO ESPESSURA:ESPESSURA COTA DA DESNIVEIS ENTRE PANOS:LAJE CONSI- LAJE CONSI- % DO AMBIENTE																	
COTA ESPESSURA:CONTRAPISO: CANADA DE MINHA LAJE PARA																	

$$19 - \text{ESPESSURA MEDIA} = \frac{\text{ESPESSURA CPISO} \times \text{AREA}}{\text{AREA TOTAL}} = 4.5$$

5.3.2 Apresentação do Projeto de Contrapisos

O projeto de contrapisos concebido ao longo do desenvolvimento deste trabalho foi estruturado em três partes fundamentais: as especificações dos procedimentos de execução, a memória de cálculo contendo a definição da argamassa e das espessuras do contrapiso (tabela 5.1) e uma prancha contendo os desenhos e as informações que sintetizam as contidas nas especificações dos procedimentos de execução e na memória de cálculo.

As duas primeiras são partes intrínsecas do projeto devendo acompanhar a prancha de desenhos à obra, pois as especificações e as memórias de cálculo serão subsídios para a etapa de controle de execução do contrapiso.

As especificações das técnicas de execução e as memórias de cálculo podem ser apresentadas segundo os costumes, com relação aos demais projetos. Entretanto, como não existe a prática de elaboração da prancha de desenhos do projeto de contrapiso, será apresentada, a seguir, uma proposta deste trabalho.

O projeto do contrapiso, na forma de prancha, é apresentado esquematicamente na figura 5.23, apresentando-se e detalhando-se, na seqüência, os seis campos ali identificados.

5.3.2.1 Apresentação e detalhamento do campo 1

O campo 1 é destinado à apresentação da planta do pavimento a que se refere o projeto, devendo ser apresentado na escala 1:50 e conter as principais cotas dos ambientes, sendo esta informação essencial para o posicionamento das taliscas nos diversos ambientes.

Deve-se identificar a ocorrência de eixos de simetria, podendo-se registrar as informações necessárias em apenas uma das partes representativas do conjunto. No exemplo apresentado na figura 5.23 constatou-se apenas um eixo de simetria. Daí o pavimento ter sido dividido em dois campos o 1.A e o 1.B.

O campo 1.A, apresentado na figura 5.24, foi utilizado para a identificação dos ambientes; enquanto no campo 1.B, apresentado na figura 5.25 foram apresentadas as demais informações relativas à execução do contrapiso.

Para o entendimento das informações contidas no campo 1.B deve-se verificar o conteúdo do campo 3, apresentado no item 5.3.2.3, o qual contém a legenda dos símbolos empregados no desenho.

As informações que devem ser apresentadas no campo 1.B são abordadas a seguir:

- nível de referência da laje: deverá estar devidamente identificado constituindo a referência inicial para a verificação dos níveis da laje, realizada na fase de controle (ver item 5.4);
- posicionamento das taliscas: todas as taliscas deverão estar adequadamente posicionadas e numeradas. O posicionamento das taliscas deve considerar a necessidade de no mínimo 4 pontos em cada ambiente e que seu espaçamento máximo deve ser de 3,00 m, conforme as recomendações de execução (ver item 5.2). Todas as taliscas deverão ser identificadas por um número, a fim de que possam ter seu nível verificado na etapa de controle da execução do contrapiso. Para isto recomenda-se empregar uma metodologia única para a definição da numeração em todos os projetos como por exemplo a adotada neste, que iniciou a numeração pelo hall social, passando pela área social do pavimento, indo até a área de serviço numerando sempre no sentido horário. Outros critérios, porém, podem ser adotados;
- declividades das áreas molháveis: são identificadas pela espessura do contrapiso junto aos ralos de captação das águas servidas. O topo do ralo é um ponto de referência, não sendo necessário o posicionamento de mais uma talisca
- acabamento superficial: deve ser definido em função do tipo de revestimento de piso a ser aplicado e das condições de exposição do contrapiso durante o período de obra, como definido no item 5.2.6;

FIGURA 5.23 MODELO ESQUEMÁTICO PARA A PRANCHA DE APRESENTAÇÃO DO PROJETO

FIGURA 5.24: Apresentação do campo 1.A.

FIGURA 5.25: Apresentação do campo 1.B

- desníveis entre ambientes: é relativo ao piso acabado constituindo uma informação complementar ao projeto, podendo ser útil nos casos de alteração dos revestimentos.

- espessura do contrapiso: é a informação que permite a execução do contrapiso propriamente dito. A espessura definida para cada ambiente, a partir dos procedimentos anteriormente propostos (item 5.3.1), deve ser executada em cada talisca posicionada no ambiente. Nos casos em que se tenha taliscas com espessuras diferenciadas, este valor deverá ser registrado junto à mesma. Quando o assentamento da talisca se fizer com o auxílio do nível de mangueira convencional, é conveniente que seja registrado, no lugar da espessura, a cota final do contrapiso com relação à referência definida a partir do ponto origem da laje, a fim de facilitar os trabalhos de execução;

5.3.2.2 Apresentação e detalhamento do campo 2

O campo 2 refere-se às características dos revestimentos de piso e aos desníveis entre ambientes. Estas informações são obtidas a partir do projeto e das especificações de arquitetura. Os dados referentes ao exemplo adotado são apresentados na figura 5.26.

O campo 2 é necessário para que fiquem registrados os parâmetros que nortearam a definição da espessura do contrapiso em cada ambiente, calculado pelos procedimentos propostos no item 5.3.1, através da tabela 5.1.

Assim, para qualquer eventual alteração nos materiais utilizados na camada de revestimento, pode-se prever as alterações necessárias no contrapiso. Em função disto, recomenda-se que a tabela seja o mais detalhada possível, contendo todos os ambientes da unidade representativa do pavimento (unidade de rebatimento no eixo de simetria, incluindo a circulação) e todas as características do revestimento, tais como, tipo e espessura das diversas camadas que o compõem.

CAMADA DE REVESTIMENTO						COTA DO CONTRAPISO ACABADO Ref.: 100,0 (SALA)
AMBIENTES	ACABAMENTO		FIXAÇÃO		ESPES. CAMADA DE REVEST.	
	TIPO	ESPES (mm)	TIPO	ESPES. (mm)		
Hall Social	pedra goiana	20	arg. plást.	(*)	-	99.0
Sala Jantar	assoalho mod.	20	cola	1	21	100.0
Sala Estar	assoalho mod.	20	cola	1	21	100.0
Lavabo	assoalho mod.	20	cola	1	21	100.0
Dormitórios	carpete	6	cola	1	7	100.0
Circulação	carpete	6	cola	1	7	100.0
Terraços	cerâmica	7	arg. ades.	3	10	92.0
Banho Suíte 1	granito	12	arg. ades.	6	18	99.0
Banheiros	cerâmica	6	arg. ades.	3	9	99.0
Cozinha + AS	cerâmica	6	arg. ades.	3	9	99,0
Wc. Empr.	cerâmica	6	arg. ades.	3	9	98,0
Dorm. Empr.	cerâmica	6	arg. ades.	3	9	99.5
Hall Serviço	cerâmica	6	arg ades.	3	9	98.0

(*) A pedra goiana é assentada diretamente sobre a laje empregando-se argamassa plástica, cuja espessura será a necessária para a obtenção da cota do piso acabado.

FIGURA 5.26: Apresentação do campo 2 - caracterização dos revestimentos de piso e desníveis entre ambientes.

5.3.2.3 Apresentação e detalhamento do campo 3

O campo 3 é destinado à legenda do projeto. A simbologia empregada e o seu significado é apresentada na figura 5.27, a seguir.

Legenda
— COTA DA LAJE
— TALISCA
— RALO (A-espessura do contrapiso acabado no ralo)
— DESNÍVEL ENTRE AMBIENTES (A - valor do desnível, em cm, para o piso acabado)
— MUDANÇA DO REVESTIMENTO PISO SEM DESNÍVEL ENTRE AMBIENTES
— A - TIPO DE ACABAMENTO B - ESPESSURA DO CONTRAPISO
RD	— Reforçado desempenado
RA	— Reforçado alisado
ARG P	— Argamassa plástica para assentamento do revestimento

FIGURA 5.27: Apresentação do campo 3 - Proposta para a legenda a ser utilizada no projeto de contrapiso.

A simbologia adotada constitui uma proposta que, em diferindo da convencionalmente utilizada para a elaboração dos demais projetos do edifício, poderá ser alterada desde que se mantenha o seu entendimento.

5.3.2.4 Apresentação e detalhamento do campo 4

Este campo destina-se à síntese das especificações dos procedimentos de execução e da memória de cálculo da argamassa, as quais devem acompanhar o projeto. As informações básicas são abordadas a seguir, apresentando-se o seu esquema na figura 5.28.

- definição da argamassa: deve-se apresentar a sua composição e dosagem, indicando-se o traço de betoneira: o cimento definido em sacos e a areia e o saibro em volume úmido. O consumo de cimento na argamassa, na camada de aderência e na superfície, quando indicado o acabamento do tipo reforçado, também deverão estar expressos.

- procedimentos de execução: deve-se registrar sucintamente a técnica de execução a ser utilizada, para que não sejam criadas dúvidas ao longo do processo produtivo. Como proposta deste trabalho tem-se o contrapiso aderido, obtido pelo preparo da base com adequada limpeza e execução da camada de aderência; compactação energética da camada de contrapiso e acabamento final desempenado ou alissado, podendo ou não ser reforçado pelo polvilhamento de cimento.

Especificações	
CARACTERÍSTICAS DA ARGAMASSA	
— TIPO:	SEMI-SECA
— DOSAGEM:	
• CIMENTO:	1 SACO (42 L)
• AREIA ÚMIDA:	277 L
• CONSUMO DE CIMENTO:	250 Kg/m ³ de argamassa
	0,5 Kg/m ² na base
	0,5 Kg/m ² na superfície
TÉCNICAS DE EXECUÇÃO	
— PREPARO DA BASE COM NATA DE CIMENTO	
— COMPACTAÇÃO DA CAMADA COM SOQUETE	
— REFORÇO SUPERFICIAL	

FIGURA 5.28: Apresentação do campo 4 - síntese das especificações de execução do contrapiso.

5.3.2.5 Apresentação e detalhamento do campo 5

Este campo é destinado a informações que possam ser importantes para projetos específicos como por exemplo a sugestão para a caixa de dosagem da areia para a produção da argamassa de contrapiso ou informações sobre a necessidade de enchimento em determinados ambientes. A figura 5.29 apresenta um exemplo, considerando-se o projeto abordado.

FIGURA 5.29: Apresentação do campo 5 - informações que podem ser importantes para o desenvolvimento das atividades de produção do subsistema piso.

5.3.2.6 Apresentação e detalhamento do campo 6

É o campo destinado ao carimbo da empresa. Deve conter basicamente as informações apresentadas a seguir:

- identificação da empresa;
- responsável pelo projeto - elaboração e aprovação;
- data da realização do projeto;
- caracterização do empreendimento: nome e local
- fase de projeto;
- desenhos a que se referem;
- local apropriado para registro das possíveis modificações.

Um exemplo de carimbo é apresentado na figura 5.30, a seguir, salientando-se que trata-se de uma proposta e, portanto, em função das particularidades de cada empresa estas informações poderão ser modificadas.

MODIFICAÇÕES			DATA
<div> <p> ESCRITÓRIO PILOTO ESCOLA POLITÉCNICA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO </p> <p style="text-align: right;">CREA</p> </div>			
PROJETO			ESC.
			DATA
ASSUNTO		FOLHA	NÚMERO
DESENHISTA	PROJETISTA		

FIGURA 5.30: Apresentação do campo 6 - carimbo da empresa.

5.3.3 Redefinições do Projeto

Pode-se dizer que esta fase caracteriza o projeto "as built" (como construído). Constitui-se de atividades destinadas à realização das correções e ajustes das especificações estabelecidas no projeto executivo, as quais desenvolvem-se concomitantemente à obra.

Espera-se que grande parte das especificações iniciais sejam mantidas; no entanto, considerando-se as características atuais da produção de edifícios pelo processo convencional, acredita-se que possam ser necessárias correções e redefinições até mesmo nos últimos estágios das atividades de execução do edifício.

Neste sentido, redefinir aspectos do projeto dos contrapisos em paralelo com a obra objetiva estabelecer procedimentos que mantenham sob controle as correções a serem adotadas.

Com relação à execução dos contrapisos algumas variáveis podem interferir nas condições previamente definidas para a realização dos

serviços, destacando-se o nivelamento da base e a disponibilidade de materiais.

O nivelamento da base está diretamente relacionado à qualidade do seu acabamento superficial e interfere sensivelmente nas espessuras necessárias para o contrapiso. Assim, para as atividades de reprojeto é necessário que seja feito um prévio levantamento das condições de nivelamento e regularização da laje, determinando possíveis falhas de concretagem e desníveis acentuados que impliquem em alterações nas espessuras inicialmente estimadas.

A alteração dos materiais a serem empregados na argamassa ou mesmo dos materiais de acabamento também podem implicar na necessidade de revisão do projeto. A primeira pode exigir uma nova definição da argamassa, a qual deverá obedecer os critérios apresentados no item 5.1, para a redefinição da dosagem das argamassas. A alteração dos materiais de acabamento pode implicar em modificações nas espessuras inicialmente definidas para a camada de revestimento exigindo, em consequência, a redefinição das espessuras do contrapiso para cada ambiente.

Observa-se que as especificações que podem ser alteradas no decorrer da obra são fundamentalmente as espessuras da camada de contrapiso e as características da argamassa a ser utilizada.

Nos casos em que houver alterações em um destes dois parâmetros ou mesmo em outro identificado ao longo do processo produtivo, as mesmas deverão ser devidamente registradas, adotando-se para o reprojeto, os mesmos procedimentos propostos para a elaboração do projeto inicial. Quando a redefinição das espessuras implicar em níveis diferenciados para as taliscas, os mesmos deverão ser identificados junto às taliscas correspondentes.

5.4 METODOLOGIA PARA CONTROLE DE EXECUÇÃO E RECEBIMENTO DO CONTRA-PISO

O controle de qualidade, no caso da Indústria da Construção Civil, pode ser entendido, segundo os conceitos defendidos por Meseguer

[1980], como uma série de procedimentos de mensuração e avaliação, que aplicados ao longo do desenvolvimento da obra, funcionam como um instrumento para assegurar que a qualidade de um dado serviço (atividade) ou de um certo produto (edifício) atendam aos padrões e às tolerâncias prescritos em projetos específicos.

No que se refere à produção do contrapiso, acredita-se que os procedimentos de controle de qualidade devam ser aplicados na fase de produção da argamassa envolvendo também a compra, recebimento e armazenamento dos materiais e nas etapas de execução e aceitação da-quele.

Entretanto, o controle da produção da argamassa envolve atividades muito distintas do controle de execução e aceitação do contrapiso, entendendo-se assim, que ambos devam ser tratados de maneira independente, devendo existir uma metodologia de controle específica para cada um.

Uma inovadora metodologia de controle de compra e aceitação de materiais e de produção de argamassas foi desenvolvida e proposta no CPqDCC-EPUSP, estando descrita em relatórios internos de pesquisa [Sabbatini & Selmo, maio e julho 1989]. Em função disto, no presente trabalho, tal metodologia não será enfocada, abordando-se apenas os aspectos relativos ao controle da execução e aceitação do contrapiso, entendendo-se que a produção da argamassa deva estar inserida num programa mais amplo de controle, envolvendo as argamassas de todo o edifício.

Daí, partindo-se da produção da argamassa, devidamente controlada, entende-se que o controle da execução do contrapiso deva compreender os seguintes aspectos:

- a) o acompanhamento e a avaliação da execução do contrapiso, através de procedimentos de controle passíveis de aplicação em obra;
- b) a aceitação dos contrapisos executados, empregando-se procedimentos de verificação da conformidade das suas características, com as especificações de projeto e

c) a implantação e a alimentação contínua de um banco de dados referente às características do contrapiso obtidas em obra, visando subsidiar projetos futuros.

Em função dos aspectos a serem abordados, a metodologia de controle desenvolvida propõe que se realize quatro níveis de controle: o Controle Normal de Execução (CNE); o Controle Normal de Aceitação (CNA); o Controle Especial de Aceitação (CEA) e o Controle do Processo (CP), sendo que a caracterização e os procedimentos específicos de cada um destes estágios serão abordados na sequência.

A metodologia aqui proposta foi desenvolvida tomando-se como parâmetro uma determinada estrutura técnico-organizacional para uma empresa do ramo da construção de edifícios. Entretanto, caracteriza-se por ser uma metodologia flexível, que pode ser adaptada a estruturas de maior ou menor complexidade organizacional, sem prejuízo dos resultados.

Os procedimentos para o controle de produção e os critérios para aceitação ou rejeição dos contrapisos foram propostos considerando-se a bibliografia sobre o assunto, abordadas no item 3.4 do capítulo 3 e o estágio atual de desenvolvimento tecnológico da construção civil no país, buscando-se adequar as recomendações bibliográficas à este, de modo que as propostas aqui apresentadas sejam realizáveis. São, portanto, procedimentos passíveis de alteração, na medida em que sejam alcançados novos avanços neste setor da construção.

5.4.1 Controle Normal de Execução (CNE)

Este é o primeiro estágio da metodologia de controle de produção do contrapiso, envolvendo atividades que se desenvolvem antes e durante a sua execução. Constitui um instrumento expedito de verificação das condições de execução do contrapiso, através da observação e análise das atividades que compõem o processo produtivo.

Para o desenvolvimento desta etapa de controle, em cada obra deverá existir um técnico - tecnólogo, técnico em edificações ou estagiário

rio em engenharia - responsável pelo acompanhamento da execução do contrapiso, desde a conferência dos níveis das lajes até a finalização do mesmo, com a execução do acabamento superficial previsto em projeto. Para isto, este técnico deverá seguir os procedimentos recomendados neste item, devendo estar sob a coordenação do engenheiro responsável por esta atividade na obra e pelo resultado final do controle.

Esta etapa do controle deverá ser executada para todos os contrapisos que estiverem sendo produzidos e deverá compreender a verificação das condições iniciais de trabalho e dos níveis das taliscas e também o acompanhamento da execução do contrapiso.

5.4.1.1 Verificação das condições iniciais de trabalho

Esta fase relaciona-se à liberação das áreas para a execução do contrapiso, constituindo um instrumento valioso para a redefinição do projeto. Compreende a verificação do término de atividades anteriores à execução daquele e dos níveis da laje acabada.

a) verificação do término de atividades anteriores: nesta etapa deve-se buscar observar a finalização das atividades que antecedem a execução do contrapiso segundo o planejamento da obra, como por exemplo, a retirada de escoramentos, a execução das alvenarias e revestimentos, a colocação de esquadrias e a execução de instalações. Somente após o término das atividades previstas anteriormente à execução do contrapiso, é possível liberar o local para o início dos trabalhos, verificando, de imediato, os níveis da laje acabada.

b) verificação dos níveis da laje acabada: constitui-se numa atividade indispensável para a redefinição do projeto, pois permite que sejam identificados possíveis problemas de execução da laje tais como deformação excessiva, variação do nível em relação ao especificado em projeto, abaulamentos e depressões. Nesta fase deverão ser levantados os níveis de todas as lajes, em todos os pavimentos, devendo esta atividade ser realizada por um oficial treinado o qual deverá seguir os procedimentos descritos no item 5.2.2. Este ofi-

cial deverá estar constantemente acompanhado pelo técnico do controle que deverá ter em mãos o projeto de contrapisos e utilizar, para a anotação dos dados obtidos, a ficha 01 - Controle dos Níveis de Execução das Lajes, proposta na figura 5.31.

CONTROLE NORMAL DE EXECUÇÃO DE CONTRAPISOS (CNE) FICHA 01-CONTROLE DOS NÍVEIS DE EXECUÇÃO DAS LAJES					
OBRA: PAVIMENTO: APARTAMENTO:			RESPONSÁVEL PELO CNE: NÍVEL DE REFERÊNCIA : DATA: ____/____/____		
AMBIENTE	Nº	NÍVEL (mm)		MÉDIA EXEC. (mm)	PROVIDÊNCIAS
		PROJ.	EXEC.		
	1				
	2				
	3				
	•				
	•				
	•				
	39				
	40				

FIGURA 5.31: Apresentação de um modelo para a FICHA 01: Controle dos níveis de execução da laje - CNE.

A ficha 01, recomendada para esta etapa do controle, contém um campo destinado à identificação dos ambientes, cujos níveis serão verificados. Um segundo campo contém o número de ordem das taliscas que deverão ser sequenciais, coincidindo com os definidos no projeto, para cada ambiente. Os dois campos seguintes destinam-se à anotação do nível de projeto da laje e do nível real na posição das taliscas, respectivamente, devendo o último ser preenchido durante a verificação no local.

Após o levantamento, deve-se verificar se os resultados obtidos estão em conformidade com o projeto ou dentro das tolerâncias admitidas para este caso, as quais são dadas a seguir:

- Tolerância individual: consiste da diferença entre o nível real de cada ponto executado e o nível projetado, cujo valor poderá ser no máximo de ± 10 mm.

- Tolerância média no ambiente: consiste da diferença entre a média dos níveis realmente executados e o nível projetado, cujo valor poderá ser no máximo de ± 5 mm.

A última coluna nesta ficha refere-se às providências necessárias. Caso nenhum problema tenha sido identificado, a área poderá ser liberada para a execução do contrapiso. No caso dos valores obtidos não estarem em conformidade com o projeto ou extrapolarem as duas tolerâncias permitidas, neste campo deverão ser anotados os procedimentos a serem adotados, que podem ser do tipo: apicoar o local com problemas ou mesmo refazer o projeto para determinados locais, considerando-se as reais condições de execução da laje.

Após o trabalho de campo, as planilhas deverão ser encaminhadas ao responsável pela elaboração do projeto de contrapisos, para que o mesmo possa analisar as providências a serem tomadas. Esta análise subsidiará a etapa de reprojeto, caso sejam identificados problemas de variação nos níveis.

Uma vez pronto o reprojeto e tomadas as providências cabíveis em cada caso específico, a área deverá ser liberada para a execução do contrapiso, a qual deverá seguir as especificações definidas na etapa de projeto.

5.4.1.2 Verificação dos níveis das taliscas

As taliscas são responsáveis pelo nível final do contrapiso, devendo ser devidamente posicionadas, observando-se rigidamente o projeto e seguindo-se os procedimentos recomendados para a sua execução no item 5.2.3.

O controle de qualidade desta atividade deve ser realizado em todos os ambientes utilizando-se o mesmo operário e os mesmos procedimentos recomendados para a verificação dos níveis da laje (ver item 5.2.2). O operário que manipula o equipamento de nível deverá estar sempre acompanhado do técnico do controle que utilizará, para o registro dos dados obtidos, a ficha 02 - Controle dos Níveis de Execução das Taliscas, proposta na figura 5.32.

A ficha 02 apresenta um campo para a identificação do ambiente que está sendo verificado, seguido do número de ordem das taliscas para os mesmos, em correspondência com o projeto; num terceiro campo devem ser lançados os níveis projetados e os níveis executados para as taliscas, sendo estes últimos obtidos pela verificação no local. Um último campo apresenta as providências a serem tomadas em função dos resultados obtidos. Estas providências podem ser de duas naturezas: liberar o local para a execução do contrapiso ou refazer a talisca caso tenha sido executada fora das especificações de projeto as quais deverão atender a tolerância dada a seguir:

- Tolerância individual: consiste na diferença de nível executado para a talisca em relação ao nível de projeto. A diferença máxima admitida deve ser no máximo de ± 3 mm.

Na planilha, as providências aparecem na forma de escolha entre as duas alternativas: "liberada" ou "refazer". Nos casos de se ter de refazer a talisca, recomenda-se, que a mesma seja destruída quando do levantamento, para não haver dúvidas posteriores sobre qual deverá ser refeita. Após sua correção, deverá ser conferida, seguindo-se estes mesmos procedimentos para a liberação da área.

CONTROLE NORMAL DE EXECUÇÃO DE CONTRAPISOS (CNE)					
FICHA 02-CONTROLE DOS NÍVEIS DE EXECUÇÃO DAS TALISCAS					
OBRA:			RESPONSÁVEL PELO CNE:		
PAVIMENTO:			DATA: ____/____/____		
APARTAMENTO:					
AMBIENTE	Nº	NÍVEL (mm)		PROVIDÊNCIAS	
		PROJ.	EXEC.	TALISCA LIBERADA	TALISCA REFAZER
	1				
	2				
	3				
	•				
	•				
	•				
	39				
	40				

FIGURA 5.32: Apresentação de um modelo para a FICHA 02: Controle dos níveis de execução das taliscas - CNE.

5.4.1.3 Acompanhamento e verificação do processo de execução

Esta etapa do controle compreende o acompanhamento e a verificação dos serviços de preparo da base, lançamento e compactação da argamassa e acabamento superficial.

Para a implantação dos procedimentos de execução do contrapiso, previstos pela metodologia apresentada, deve-se desenvolver inicialmente um curso treinamento para as equipes de produção, a fim de que as mesmas possam conhecer e assimilar os novos procedimentos, os quais, de modo geral, diferem daqueles usualmente praticados em canteiro. Sem o adequado preparo das equipes, não será possível a implantação da tecnologia proposta não havendo significado o acompanhamento da execução.

Considerando-se que todos os operários ligados à produção do contrapiso tenham recebido o treinamento necessário, esta etapa do controle deverá ser realizada para todas as equipes de execução, recomendando-se a utilização da ficha 03 - Controle de Execução do Contrapiso, apresentada na figura 5.33.

A cada equipe de execução deverá ser destinada uma ficha específica ao longo do mês, sendo o acompanhamento realizado diariamente pelo técnico responsável pelo controle. O acompanhamento da execução não exige a fiscalização contínua das equipes. Assim, um único técnico poderá acompanhar o trabalho de todos os operários, passando, de tempo em tempo, nos diferentes locais de produção do contrapiso e registrando as atividades que estiverem sendo realizadas naquele momento, uma vez que a ficha contempla todas as fases de execução, desde o preparo da base até o acabamento superficial.

Esta etapa de controle permite verificar se as equipes estão seguindo corretamente os procedimentos recomendados ou não. Ao identificar falhas no processo de execução, o técnico responsável pelo controle deverá corrigir imediatamente os serviços, orientando a equipe sobre os corretos procedimentos, notificando o ocorrido ao engenheiro responsável pela obra.

CONTROLE NORMAL DE EXECUÇÃO DE CONTRAPISOS (CNE)
FICHA 03

[illegible]

FIGURA 5.33: Apresentação da FICHA 03: Controle de execução do contrapiso - CNE.

Se após as instruções de correção, a equipe persistir num método de execução incompatível com o especificado, recomenda-se que a mesma seja afastada dos serviços a fim de não comprometer a qualidade final do produto.

Acredita-se que o CNE, desenvolvido segundo os procedimentos aqui propostos, aliado ao CNA e ao CEA apresentados a seguir, serão o mecanismo para a avaliação contínua das características apresentadas pelo contrapiso, permitindo que ao longo do tempo haja um refinamento das técnicas de execução propostas, possibilitando uma contínua adequação daquele às solicitações previstas.

5.4.2 Controle Normal de Aceitação (CNA)

Constitui a segunda fase da metodologia proposta, ocorrendo na obra sob a responsabilidade do técnico do controle de qualidade, coordenado pelo engenheiro responsável por aquela.

Através de procedimentos visuais de controle, propostos a seguir, o técnico irá receber o contrapiso executado. Poderá aceitá-lo, liberando-o para as próximas atividades, caso esteja em conformidade com as prescrições de projeto ou rejeitá-lo, providenciando as correções necessárias no caso de irregularidades.

Esta etapa do controle, assim como a anterior, deverá ser realizada para todos os contrapisos executados, compreendendo as fases de verificação da adequabilidade do contrapiso pronto ao projeto; quantificação dos trabalhos executados; terminalidade e limpeza.

5.4.2.1 Verificação da adequabilidade do contrapiso pronto ao projeto

Esta etapa objetiva verificar o atendimento das especificações de projeto, ou seja: declividades de áreas molhadas; acabamentos sanitários; planicidade das áreas secas; verificação dos desníveis entre ambientes; acabamento superficial; soleiras e aderência do contrapiso à base.

A verificação destas características deverá ser feita pelo técnico responsável pelo controle, acompanhado de auxiliares, quando necessário. Recomenda-se, para anotação dos resultados obtidos, a utilização da Ficha 04 - Controle Normal de Aceitação do Contrapiso, proposta na figura 5.34. Esta ficha contém um primeiro campo em que deve ser identificado o ambiente a ser avaliado. Nos campos seguintes constam todas as características a serem verificadas e um espaço reservado para as providências que se fizerem necessárias, a data da vistoria em cada ambiente e a data da liberação do local para as próximas atividades.

No encontro da matriz formada pelos ambientes e pelas características exigidas para o contrapiso, deve ser anotado o parecer para a mesma, que poderá ser APROVADO (A) ou REPROVADO (R). No caso do parecer ser APROVADO para todos os itens, basta que se coloque a data da liberação do local. No caso de algum item ser REPROVADO, a coluna "observações" deverá ser preenchida com as providências necessárias.

A seguir, são recomendados os principais procedimentos a serem adotados para a verificação de cada uma das características de projeto, para que se possa efetuar o parecer final.

a) declividades em áreas molháveis: para verificar a conformidade do contrapiso executado, com as declividades especificadas em projeto, pode-se jogar água em abundância sobre aquele, para que se identifiquem os possíveis pontos de acúmulo da mesma. Caso o ambiente encontre-se dentro das especificações, isto é, com a água escoando para o ralo, sem a existência de pontos de acúmulo da mesma, a ficha deverá ser preenchida com um "A", no encontro da matriz. Caso contrário, este encontro deverá ser preenchido com um "R", indicando-se as providências a serem tomadas, no campo das observações;

b) acabamentos sanitários: refere-se à verificação do adequado acabamento das junções entre o contrapiso e os ralos e saídas de tubulações e vasos sanitários. Estes pontos são críticos no que se refere à infiltração de águas de lavagem ou acidentais. Deve-se, por-

tanto, verificar as condições de execução de todos os arremates; a existência de falhas na argamassa do contrapiso, nas imediações dos encontros; a possível presença de um sistema de impermeabilização verificando-se as suas corretas técnicas de execução, entre outros. O preenchimento da planilha quanto a esta característica segue os mesmos critérios descritos na alínea "a". As providências necessárias podem ser: refazer uma pequena parte do contrapiso a fim de se eliminar alguma irregularidade; a aplicação de uma camada de regularização sobre o contrapiso ou até mesmo refazer o contrapiso como um todo num determinado ambiente.

c) planicidade das áreas secas: para a verificação deste requisito deverá ser utilizada uma régua de alumínio de 3,00 m de comprimento, a qual deverá ser posicionada sobre o contrapiso nos sentidos longitudinal, transversal e diagonal do ambiente, verificando-se possíveis abaulamentos ou depressões. A tolerância para este requisito é de no máximo 5,0 mm para a maior flecha, considerando-se todas as direções. A medida do abaulamento ou depressão poderá ser feita empregando-se uma cunha de aço, análoga à proposta pela BS 8204 [BSI, 1987] e apresentada na figura 3.4.1, no capítulo 3. O preenchimento da planilha deve seguir os procedimentos descritos na alínea "a", anterior;

d) verificação dos desníveis entre ambientes: esta etapa do controle tem por objetivo verificar o desnível entre ambientes contíguos, comparando-o ao previsto em projeto. Nos pontos onde existam soleiras a tolerância máxima para a variação em relação ao projeto é de $\pm 5,0$ mm enquanto para os casos em que a soleira não está presente, este limite passa a ser de $\pm 3,0$ mm. Esta verificação deve ser feita utilizando-se uma régua metálica posicionada no centro da passagem apoiada na superfície mais alta, medindo-se o desnível com o auxílio da cunha proposta na alínea "c". Caso os valores obtidos ultrapassem as tolerâncias acima descritas, o item será REPROVADO, anotando-se, na ficha, as providências necessárias, que podem ser das mais diversas naturezas, desde o apicoamento do contrapiso ou a execução de uma camada de enchimento, até mesmo a sua remoção completa, em função da gravidade que o problema apresentar;

e) acabamento superficial: deve ser verificado se foi executado o acabamento especificado em projeto, que é função do revestimento de piso a ser utilizado e das solicitações do contrapiso ao longo da obra. Essa avaliação é realizada apenas visualmente, anotando-se no campo correspondente a aceitação ou rejeição do acabamento, bem como as providências necessárias que, também neste caso, podem ser de distintas naturezas;

f) soleiras: deve ser verificado se foram deixados os espaços de soleiras previstos em projeto. Caso tenha havido algum esquecimento ou erro de execução esta característica receberá o parecer "reprovado", devendo-se propor as providências necessárias.

g) verificação da aderência do contrapiso à base: esta característica deverá ser verificada pelo método da percussão proposto pela BSI, na BS 8204 [BSI, 1987]. Este método consiste em utilizar um martelo ou uma barra de aço (diâmetro de 25 mm) para bater sobre a superfície do contrapiso identificando o tipo de som produzido. O som cavo indicará a não aderência do contrapiso à base. Caso esta seja identificada, deverá ser avaliada com certos critérios, devendo-se verificar a espessura do contrapiso no local afetado e as dimensões do mesmo e também o tipo de revestimento a ser utilizado, a fim de se identificar se o desempenho do mesmo não poderá vir a ser comprometido pela ausência de aderência.

5.4.2.2 Terminalidade

Esta etapa do Controle Normal de Aceitação tem por objetivo entregar o "produto" à fase seguinte, conforme as especificações de projeto. Assim, quando o ambiente estiver pronto para o recebimento do revestimento de piso, deve-se verificar o correto acabamento no encontro contrapiso-parede, bem como se todos os contrapisos previstos para serem executados num determinado período foram terminados. Quando o revestimento de parede for feito posteriormente ao contrapiso, basta verificar a segunda condição. Quando as condições de terminalidade forem atendidas, deve-se preencher a ficha 04, apresentada na figura 5.34, com "aprovado"; caso contrário, deve-se

anotar "reprovado" bem como as providências necessárias para posterior liberação da área.

5.4.2.3 Limpeza

Uma última etapa deste controle refere-se às condições de limpeza no local, devendo-se verificar se a área está isenta de restos de argamassas, sujeiras, ou outros objetos que possam atrapalhar a próxima etapa de execução prevista pelo planejamento e que demonstram desleixo e desorganização por parte da equipe de produção, características inadmissíveis com a postura a ser adotada para a execução racionalizada das atividades de obra.

Os condicionantes de limpeza também deverão ser avaliados com "aprovado" ou "reprovado", anotados na ficha 04, no campo correspondente a este item de avaliação. No caso de reprovado, deverão ser identificadas as providências que se fizerem necessárias.

Com esta etapa liberada, pode ter início as demais atividades do cronograma, dependentes da prévia execução do contrapiso.

5.4.2.4 Quantificação dos trabalhos executados

Esta fase do controle permitirá conhecer a área de contrapiso executado através do controle de produção diário de todas as equipes e poderá ser obtido a partir da Ficha 03 - Controle de Execução do Contrapiso, apresentada na figura 5.33, anterior.

Num primeiro momento esta etapa do controle subsidia o pagamento das equipes de trabalho. Entretanto, o seu objetivo principal é o controle do consumo e das perdas de material em obra. Por isto, isolada do controle da produção da argamassa tem pouco significado, pois a quantificação do consumo e das perdas de argamassa somente será possível após a implantação do seu controle de produção, determinando o volume produzido diariamente. Este volume comparado ao efetivamente empregado no dia (obtido a partir da espessura média das taliscas multiplicado pela área executada), permitirá conhecer o total de material utilizado e o perdido, seja no trajeto

entre a produção da argamassa e a aplicação, seja por sobras no final das atividades diárias.

A identificação da existência de perdas apontará a necessidade de interferência no processo de transporte e utilização, a fim de que se descubra em que situações está ocorrendo o desperdício de material, tomando-se em seguida as providências necessárias para a correção das falhas detectadas.

A identificação do consumo real, por sua vez, permite a retroalimentação e evolução do processo de elaboração do projeto e planejamento da obra.

5.4.3 Controle Especial de Aceitação (CEA)

Deverá ser realizado em todas as obras, em dois níveis, denominados CEA1 e CEA2. O CEA1 estará sob a responsabilidade do técnico do controle, que deverá seguir os procedimentos descritos no item 5.4.3.1, a seguir. Este controle é realizado através de ensaios expeditos em campo, tendo dois objetivos principais: verificar a uniformidade de produção dos contrapisos e obter dados para a definição dos padrões mínimos de qualidade. Para tanto, todos os dados obtidos em obra deverão ser encaminhados ao engenheiro responsável pelo controle da produção do contrapiso de todas as obras da empresa (ERC - engenheiro responsável pelo contrapiso).

O CEA2, segundo nível do controle, é de responsabilidade do ERC, que, ao receber periodicamente os resultados do controle contínuo feito em cada obra, tem a possibilidade de identificar aquelas que estejam apresentando problemas no processo de produção, passando a intervir nestes casos específicos. Além desta intervenção o ERC deverá traçar um plano de controle de qualidade envolvendo todas as obras em fase de execução do contrapiso, buscando reunir subsídios para a definição do padrão mínimo de qualidade do conjunto das obras. Para esta etapa, deverão ser seguidos os procedimentos recomendados no item 5.4.3.2, que constituem uma fase complementar de controle. Deve-se realizar, além dos procedimentos relativos ao

CEA1, outros que melhor caracterizem o desempenho do contrapiso em estudo.

5.4.3.1 Controle Especial de Aceitação 1 (CEA1)

É realizado na obra, sob a responsabilidade do técnico encarregado do controle. Consiste num controle sistemático por amostragem do contrapiso pronto, em paralelo ao CNE. Compreende o ensaio de impacto pelo método da bola, objetivando verificar o atendimento às condições de desempenho do contrapiso, definidas pela uniformidade de produção, compacidade e resistência mecânica superficial.

O ensaio deverá ser executado aos 3 dias de idade do contrapiso, conforme os procedimentos recomendados no item C.8, do anexo C. Os resultados deverão ser anotados nas colunas correspondentes a cada área ensaiada, na ficha 05 - Controle Especial de Aceitação 1 (CEA1), apresentada na figura 5.35.

A ficha 05 apresenta um campo destinado à identificação do lote, definido segundo as recomendações do item C.8, do anexo C. O campo seguinte é destinado ao lançamento dos valores obtidos para cada amostra e suas respectivas médias. Num terceiro campo deverá ser lançado a variação entre as médias (maior média menos a menor média) e no campo seguinte, a média geral de todos os resultados. Uma última coluna é destinada às providências necessárias, que podem ser de duas naturezas: manter o processo de produção que vem sendo adotado em obra, ou intervir no seu desenvolvimento, conforme a variação da média e a média geral estejam ou não dentro das tolerâncias dadas a seguir:

- variação máxima entre as médias de 3,0 mm;
- média geral menor ou igual a 26 mm.

Estes dois parâmetros, propostos em função dos resultados dos trabalhos experimentais, apresentados no capítulo 4 (item 4.2.3), deverão ser analisados em conjunto, a fim de se ter o parecer final sobre o processo de produção, observando-se que:

- caso a diferença entre as médias seja superior à tolerância estabelecida mas a média geral encontre-se em conformidade com o valor de referência, deverá haver uma intervenção imediata no processo de execução do contrapiso, pois tal resultado demonstra a sua desuniformidade. Essa intervenção poderá ser iniciada por uma checagem da Ficha 03 - Controle de Execução do Contrapiso (figura 5.33), verificando-se a ocorrência de alguma irregularidade na execução do lote avaliado. Sendo esta confirmada, o resultado deverá servir de alerta para que haja um maior rigor no controle da equipe envolvida na produção. Caso não seja possível identificar problemas específicos através da Ficha 03, deve-se realizar, de qualquer modo, uma intervenção no Controle Normal de Execução (CNE) de maneira a verificar rigidamente se há falhas no processo ou ainda se o problema é originado pela própria argamassa que pode estar sendo utilizada de maneira inadequada, como por exemplo após o início de pega, ou mesmo estar sofrendo problemas de produção, caracterizados, em geral, por dosagens, tempos e procedimentos de mistura inadequados. Os problemas de produção entretanto, só poderão ser detectados a partir da implantação do controle de qualidade desta etapa específica;

- caso os resultados obtidos para o ensaio de impacto pelo método da bola, realizado para três lotes, não apresentarem uniformidade de produção (diferenças entre as médias acima da tolerância definida ou média geral acima do valor de referência especificado), o ERC deverá ser notificado para que haja uma intervenção na produção, empregando-se o CEA2, cujos procedimentos são apresentados a seguir.

Observe-se que mesmo nos casos em que a produção do contrapiso esteja em conformidade com o especificado em projeto, o ERC deverá ser periodicamente informado dos resultados obtidos em obra, pelo envio da Ficha 05 - Controle Especial de Aceitação - Etapa I.

5.4.3.2 Controle Especial de Aceitação 2 (CEA2)

As atividades previstas para o Controle Especial de Aceitação dos contrapisos nesta segunda etapa, deverão ser coordenadas pelo ERC, com o objetivo de verificar a uniformidade de produção, bem como obter dados que retratem o desempenho dos contrapisos, em função dos materiais e da mão-de-obra empregados.

Os ensaios a serem realizados nesta etapa são o de impacto pelo método da bola, como realizado no CEA1; o de aderência superficial e eventualmente o de aderência à base cujos procedimentos de execução encontram-se descritos nos itens C.6 e C.5, do anexo C, respectivamente.

Durante a realização desta etapa de controle recomenda-se a utilização da Ficha 06 - Controle Especial de Aceitação 2 (CEA2), apresentada na figura 5.36 na qual existem os campos específicos para a anotação dos resultados de cada ensaio.

O ensaio de impacto pelo método da bola deverá ser realizado aos três dias de idade do contrapiso, sendo que os resultados obtidos devem ser comparados com as mesmas especificações propostas para o CEA1, enquanto o ensaio de aderência superficial deverá ser realizado aos 7 e 14 dias de idade, devendo-se comparar os resultados obtidos com os valores indicativos dados na tabela 5.4, definidos a partir dos estudos experimentais realizados e apresentados no capítulo 4 (item 4.2.3).

TABELA 5.4: Valores indicativos para a resistência de aderência do contrapiso

Idade (dias)	Resistência de Aderência (MPa)	
	à base	superficial
7	0,3	0,7
14	0,5	1,0

Caso os resultados do ensaio de aderência superficial aos 7 dias apresente-se abaixo do valor de referência dado pela tabela 5.4,

recomenda-se que aos 14 dias seja realizado, além deste ensaio, o de aderência à base comparando-se os resultados obtidos, com os valores de referência anteriores.

Quando aos 7 dias a resistência de aderência superficial resultar em valores iguais ou acima dos apresentados na tabela 5.4, para este ensaio, o de resistência de aderência à base não será necessário.

O ERC poderá realizar dois tipos de intervenção em obra. O primeiro em função das solicitações das próprias obras considerando-se os resultados obtidos pelo CEA1, ou ainda pela análise que fizer das planilhas recebidas mensalmente de todas as obras. A segunda intervenção será feita em função de um planejamento realizado para todas as obras considerando-se as seguintes diretrizes:

- deverá ser realizado pelo menos um conjunto de ensaios para cada edifício em que o contrapiso esteja sendo executado e

- num período de seis meses deverão ser realizados seis conjuntos de ensaios considerando-se todas as obras, devendo-se estes dados serem encaminhados ao Especialista Geral em Argamassas - EGA, responsável pela produção e emprego das argamassas de todas as obras da empresa⁴, independente da localidade.

Os resultados do CEA2 deverão ser encaminhados ao EGA através da Ficha 07- Controle do Processo, apresentada na figura 5.37 a qual deve constituir um resumo dos dados obtidos ao longo dos seis meses de controle realizado numa mesma localidade.

4 - Eventualmente, em função das características organizacionais da empresa, este técnico poderá ser o próprio engenheiro responsável pelo contrapiso ERC, não sendo necessária esta etapa do controle.

CONTROLE ESPECIAL DE ACEITAÇÃO DE CONTRAPISOS													
FICHA 06 CONTROLE ESPECIAL DE ACEITAÇÃO ETAPA 2 CEA 2													
LOTE: _____													
RESPONSÁVEL PELO CEA 2: _____													
OBRA: _____													
DATA DA EXECUÇÃO DO CONTRAPISO: ____/____/____													
AMOSTRA	C.P. N	IMPACTO BOLA (mm) / /	ADERÊNCIA SUPERFICIAL			ADERÊNCIA SUPERFICIAL			ADERÊNCIA A BASE			TENSÃO RUP- (KG/CM ²) TURA	
			PESO GDE/PEQ	TOTAL (KG)	F (KG)	PESO GDE/PEQ	TOTAL (KG)	F (KG)	PESO GDE/PEQ	TOTAL (KG)	F (KG)	TENSÃO (KG/CM ²)	TURA
	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
MÉDIA													
	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
MÉDIA													
	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
MÉDIA													
	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
MÉDIA													

PESO: GDE = 1,0 KG
 PEQ = 0,5 KG

RUPTURA: A - BASE
 B - ARG - ARG
 C - ARG - COLA

D - COLA
 E - COLA
 F - PAST.

EQUAÇÃO DO BRAÇO
 F =

FIGURA 5.36: Apresentação da FICHA 06: Controle Especial de Aceitação I - CEA I (Ensaio de Impacto de Bola).

CONTROLE DO PROCESSO (CP) FICHA 07-			
LOCALIDADE:			
PERÍODO DE COLETA DE DADOS:			
RESPONSÁVEL PELO CEA :			
Nº DE OBRAS VERIFICADAS:			
LOTE	VALORES MÉDIOS		
	IMPACTO DE BOLA (mm)	ADERÊNCIA (MPa)	
		SUPERFICIAL	A BASE
1			
2			
.			
.			
.			
39			
40			

FIGURA 5.37: Apresentação da FICHA 07: Controle do Processo

5.4.4 Controle do Processo (CP)

Constitui a etapa de controle que visa realimentar o processo de produção do contrapiso, desde a concepção do projeto, até as etapas de controle em obra, padronizando os procedimentos adotados. Deverá ser alimentada pelo CEA2 que enviará ao EGA todos os resultados de produção obtidos, em forma de planilhas-resumo.

Estes dados constarão principalmente das características da argamassa e de execução do contrapiso e do seu desempenho em cada obra, traduzidos pela avaliação visual da produção e pelos resultados dos ensaios (FICHA 07).

Servirá como subsídio para formação de um banco de dados que permitirá ao longo do Programa de Controle de Qualidade um aprimoramento dos critérios de avaliação de desempenho do contrapiso. Os procedimentos para esta etapa poderão variar de uma empresa para outra em função da sua organização, forma de atuação e diretrizes específicas, não sendo definidos neste trabalho.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 ACERCA DA METODOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CONTRAPISOS

Sabbatini [1989] referindo-se ao desenvolvimento de novos métodos, processos e ou sistemas construtivos (MPSCConst) afirma que "Com a conclusão da fase de concepção, inicia-se a fase de verificação, na qual a primeira etapa é a produção experimental dos componentes e elementos projetados...". Segundo esse autor, estas etapas são essenciais para que se atinja a fase de consolidação de uma nova tecnologia, fase esta que deve anteceder, necessariamente, o processo de divulgação da nova tecnologia.

Com a proposição da metodologia para a produção de contrapisos, segundo os conceitos defendidos por Sabbatini [1989] e adotados para o desenvolvimento deste trabalho, foi vencida a etapa de concepção de um específico método construtivo. Há, pois, um longo caminho a ser percorrido para que se possa chegar às etapas de consolidação e de divulgação do mesmo, sem as quais, acredita-se, não será possível haver um avanço tecnológico real na produção de edifícios.

Uma das etapas a serem vencidas foi iniciada - a verificação da metodologia - buscando-se conhecer o seu desempenho quando aplicada em canteiros de obra.

Assim, a metodologia de produção de contrapisos, proposta no capítulo 5, foi implantada em caráter experimental na empresa construtora ENCOL - Engenharia, Comércio e Indústria S.A.

Para esta implantação desenvolveu-se, em conjunto com técnicos dessa empresa, um curso-treinamento destinado aos engenheiros que atuariam, em diferentes regiões, na área de argamassas e revestimentos, a qual inclui o contrapiso.

O curso teve como objetivos principais a formação dos participantes no que se refere à tecnologia de produção do contrapiso e a capacitação dos mesmos, para que efetuassem a transferência da tecnologia proposta, aos técnicos e operários diretamente ligados às obras.

No curso abordaram-se inicialmente os conceitos básicos acerca do contrapiso como um elemento do subsistema piso, enfocando-se as suas funções, características e propriedades; apresentando, num segundo momento, a tecnologia de produção proposta por este trabalho, constituída pela metodologia de dosagem racional da argamassa; pelos procedimentos de execução, caracterizados como "padrão"; pelas diretrizes para elaboração do projeto e pelos procedimentos de controle da qualidade da produção.

Um dos recursos utilizados para a transmissão da metodologia foi um vídeo-treinamento, produzido durante o desenvolvimento deste trabalho, em conjunto com a empresa ENCOL. Este vídeo contém os principais aspectos sobre a produção do contrapiso e mostrou ser um recurso de ~~X~~elevada importância para a fixação dos conceitos abordados ao longo do curso.

Após o treinamento, a implantação foi realizada, em caráter experimental, em algumas regiões específicas, determinadas pela empresa. Em função da proximidade, definiu-se pelo acompanhamento da implantação realizada em São Paulo, a qual foi iniciada com um curso-treinamento para os engenheiros responsáveis por obras, de maneira análoga ao promovido para os engenheiros responsáveis pela produção de contrapisos, conhecidos como assistentes técnicos.

O segundo passo da implantação, em São Paulo, deu-se nas obras em fase de execução de contrapisos. Para estas, primeiramente foram elaborados os projetos e, a partir daí, teve início a implantação da técnica de execução proposta pela metodologia. Para isto foi realizado o treinamento das equipes de produção em cada canteiro, utilizando-se como recursos o vídeo e uma equipe de técnicos devidamente capacitada que fazia a demonstração dos diversos procedimentos a serem adotados.

Além disto, foi implantado, parcialmente, o Controle Especial de Aceitação - 2ª fase (CEA2), na qual o engenheiro responsável pela produção do contrapiso, realizava o controle do produto de cada obra.

construção, sem a qual, não se consegue extrapolar a fase de concepção do produto, chegando à sua consolidação.

Em função dos resultados observados acredita-se que o trabalho de implantação deva ser retomado, buscando-se avaliar com maior rigor precisão as conseqüências do método proposto.

6.2 ACERCA DAS NECESSIDADES DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS VOLTADAS PARA A PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS PELO PROCESSO CONVENCIONAL

O trabalho de implantação da metodologia de produção do contrapiso permitiu detectar que os técnicos que atuam na área de construção de edifícios apresentam, na sua maioria, uma carência tecnológica acentuada no que se refere à produção dos mesmos. E, por não terem o domínio da tecnologia de produção acabam não se envolvendo diretamente com ela, deixando-a, em geral, sob a responsabilidade dos mestres de obra.

Por outro lado, se buscarem reverter esta situação, ou seja, procurarem informações técnicas de modo a preencher as lacunas deixadas durante o seu processo de formação nas escolas, não encontrarão facilmente referências claras sobre os procedimentos de produção dos diversos subsistemas que se vêem envolvidos no decorrer do exercício de sua profissão, pois a ausência de informações técnicas é expressiva; notadamente de publicações nacionais, acerca da adequada produção dos subsistemas do edifício. Acentua-se o problema quando se buscam referências sobre a execução de vedações e revestimentos.

Tomando-se como exemplo o contrapiso observa-se que as referências bibliográficas estrangeiras que abordam a sua produção não são recentes. Alguns países cuja bibliografia teve-se acesso, tais como a França, Bélgica, Alemanha e Inglaterra, há mais de duas décadas iniciaram os seus estudos sobre este elemento, estando os mesmos consolidados, hoje, em diversas normas reconhecidas no meio técnico internacional. Entretanto, inexistem publicações brasileiras que abordem a produção do contrapiso quando destinado aos edifícios habitacionais e comerciais.

Conclui-se, pois, que há um vasto campo a ser pesquisado na busca do desenvolvimento tecnológico dos procedimentos de produção do edifício pelo processo convencional, até que se possa consolidá-los em normas nacionais, que venham a ser referência efetiva para aqueles que projetam, constroem ou utilizam os edifícios.

Acredita-se assim, que o enfoque do contrapiso dado neste trabalho seja apenas o início de um processo que, necessariamente, precisa ser deflagrado para todo o edifício de modo que se tenha, mesmo que a longo prazo, uma produção convencional efetivamente racionalizada.

O domínio da tecnologia construtiva¹ nas mãos dos engenheiros e técnicos qualificados permitirá a maior racionalização das atividades, de modo que estas sejam realizadas de maneira coerente com as necessidades do país e de cada região.

Para isto a tecnologia precisa ser desenvolvida. Os métodos de execução precisam ser testados e registrados de maneira que a informação não se perca ao se passar de uma geração para outra.

E assim, podem ser apresentados as perspectivas de continuidade dos trabalhos de pesquisa voltados à racionalização do processo construtivo convencional, apresentadas a seguir:

- o estudo do processo de produção do subsistema piso como um todo, envolvendo os diversos materiais utilizados na camada de revestimento e os diferentes usos dos ambientes do edifício;
- a continuidade das pesquisas acerca da produção do contrapiso com argamassas de baixo teor de aglomerante, para as áreas internas ao edifício;
- a avaliação das necessidades de juntas tanto nos contrapisos como nos revestimentos aplicados sobre o mesmo;

1 - Segundo Sabbatini [1989], a tecnologia construtiva pode ser entendida como um conjunto sistematizado de conhecimentos científicos e empíricos, pertinentes a um específico modo de se construir um edifício (ou uma sua parte) e empregados na criação, produção e difusão do mesmo.

- o desenvolvimento de tecnologias construtivas voltadas aos pisos externos dos edifícios, destinados ao tráfego de veículos e equipamentos leves;
- o desenvolvimento de mecanismos de controle da produção e aplicação das argamassas de contrapiso em conjunto com as demais argamassas aplicadas no edifício;
- o desenvolvimento de tecnologias construtivas voltadas aos revestimentos de parede, abordando-se as suas diversas camadas e os diferentes materiais de acabamento tais como as argamassas, as cerâmicas, as pedras, entre outros;
- o desenvolvimento de tecnologias construtivas voltadas às alvenarias, buscando compatibilizá-las com os revestimentos passíveis de serem empregados;
- o estudo integrado do edifício através da elaboração de projetos construtivos de cada um de seus subsistemas;
- a partir das tecnologias de produção claramente definidas, buscar o desenvolvimento de mecanismos de controle de qualidade da produção que possam ser efetivamente implementados nos canteiros de obra, pois acredita-se que o processo construtivo convencional caracterizado por Sabbatini [1989], como aquele que emprega "...meios de produção essencialmente artesanais, ineficientes e de baixa produtividade..." somente poderá ser racionalizado, quando os procedimentos de execução e as especificações de qualidade forem claramente definidos em projetos e devidamente controlados nos canteiros de obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIKO, Alex Kenya. Mudanças Tecnológicas na Construção Habitacional. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 6., O uso da alvenaria como estrutura, 1987. São Paulo. Anais... São Paulo : EPUSP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1987.
- ALBUQUERQUE, Alexandre. Construções Cíveis. 1. ed. São Paulo : Revista dos Tribunais Ltda, 1942.
- ARBEITSGEMEINSCHAST INDUSTRIEBAU-E.V. (AGI) Folha de Trabalho A-11 - Pisos Industriais: argamassa de cimento empregada como revestimentos de piso. DIN, 1970. (Tradução).
- BAILEY, Malcolm. The stanger iron-nail test for evaluation of screeds. In: MEETING OF THE ROAD AND BUILDING MATERIALS GROUP OF THE SCI, Feb. 1985, London. Chemistry & Industry, London, n. 14, p. 482-483, July 1986.
- BANCO DO BRASIL. Caderno Geral de Encargos. [S.l.] : Departamento do Patrimônio Imobiliário, 1959.
- BARNBROOK, George. Floor Screeds. Concrete, London, p.27-29, Mar. 1982. (Current Practice Sheets n. 73).
- The BRE screed test - development of rules for classification, sampling and testing of cement and sand floor screeds. In: MEETING OF THE ROAD AND BUILDING MATERIALS GROUP OF THE SCI, Feb. 1985, London. Chemistry & Industry, London, n. 14, p. 480-482, July 1986.
- BARRY, Robin. The construction of building. 4 ed. London : Granada, 1980. p. 61-76.
- BAUD, G. Manual de Construção. Tradução de Torrieri Guimarães. [S.l.] : Hemus, [s.d]. v 2.
- BENINGFIELD, Neil. An interim report of a research programme to investigate the quality assessment of newly laid floor screeds. In: MEETING OF THE ROAD AND BUILDING MATERIALS GROUP OF THE SCI, Feb. 1985, London. Chemistry & Industry, London, n. 14, p. 474-478, July 1986.
- BRING, Christer. Performance requirements for floors. National Bureau of Standards Special Publication 361, v. 1: Performance Concept in Buildings. In: Proceedings of the Joint RILEM-ASTM-CIB Symposium, May 2-5, 1972, Philadelphia. (Issued March 1972).
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Tile flooring and slab flooring. Code of Practice 202. London, 1972.

----- BS 4551 Methods of testing mortars, screeds and plasters. London, 1980, 31 p.

----- BS 6100 Building and civil engineering terms. London, 1987, 12 p. (subsection 1.3.3 Floor and ceilings).

----- BS 8000: Part 9 Workmanship on building sites. London, 1989, 15 p.

----- BS 8203 Installation of sheet and tile flooring. London, 1987, 29 p.

----- BS 8204: Part 1 In situ floorings - Code of practice for concrete bases and screeds to receive in situ floorings. London, 1987, 18 p.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. Floor screeds. BRE Digest 104. London : The Construction Press, 1977. p. 77-84.

----- Solid floors: water and heating pipes in screeds (site and design). BRE Defect Action Sheet, Garston, n.120, 1988.

CARDÃO, Celso. Técnica da Construção. 2. ed. Belo Horizonte : Arquitetura e Engenharia, 1969. v. 2.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT. Revêtements de sol minces. Cahier du CSTB, Paris, n. 286, déc. 1958. 10 p.

----- Directives communes pour l'agrément des revêtements de sol minces. Cahier du CSTB, Paris, v. 115, n. 1005, p.1-15, dec. 1970.

----- Revêtements de sol minces, notice sur le classement UPEC et classement UPEC des locaux. Cahier du CSTB, Paris, v. 189, n. 1504, mai. 1978.

----- Chapes et dalles à base de liants hydrauliques. Cahier du CSTB, Paris, n. 1794, p. 1-15, Sep. 1982. (DTU. 26.2).

----- Revêtements de sol céramiques: notice sur le classement UPEC: classement des carreaux. Cahier du CSTB, Paris, v. 245, n. 1905, p. 1-26, dec. 1983.

----- Revêtements de sol en carreaux à liant ciment: notice sur le classement UPEC: classement UPEC des locaux et méthodes de classement des carreaux. Cahiers du CSTB, Paris, v. 249, n. 1928, p. 1-23, mai 1984.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. Les chapes pour parquets en bois et couvre-sols minces. Note d'Information Technique, Bruxelles, n. 62, sept. 1966. 16p.

----- Classification des revêtements de sol minces (INBT-UPEC). CSTC Revue, Bruxelles, n. 2, p. 30-34, juin 1972.

----- Travaux de carrelage pour revêtements de sols: code de bonne pratique. Note d'Information Technique, Bruxelles, n. 137, 88 p., sept. 1981.

CERÂMICA SÃO CAETANO. Recomendações para o assentamento de ladrilhos cerâmicos. Tabela de Composição de Preços e Orcamentos, São Paulo : Pini, v. 4, 1971.

CINCOTO, Maria Alba; AGOPYAN, Vahan; FLORINDO, Maria Cecília. O gesso como material de construção: composição química. Tecnologia de Edificações, São Paulo, IPT, v. 3, ago. 86. p. 81-84. (separata dos encartes de ns. 49/72, publicados na revista A Construção São Paulo/Editora Pini).

COSTA, Paulo. Caderno de Encargos. 1. ed. Rio de Janeiro : [s.n.], 1939.

----- Caderno de Encargos. 4. ed. Rio de Janeiro : [s.n.], 1951.

----- Caderno de Encargos. 8. ed. Rio de Janeiro : [s.n.], 1962.

CUSA, Juan de. Pavimentos en la construcción. Barcelona : CEAC, 1972.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN 18202 Tolerances in Building. Berlin, 1986. 7 p.

----- DIN 18560: Part 1 Screeds in building: concepts, general requirements, testing. Berlin, 1981. 6 p.

----- DIN 18560: Part 2 Screeds in building: screeds on insulating layers (floating screeds). Berlin, 1981. 4 p.

----- DIN 18560: Part 3 Screeds in building: composite screeds in building. Berlin, 1985. 5 p.

----- DIN 18560: Part 4 Screeds in building: screeds applied on a separating layer. Berlin, 1985. 4 p.

ELDER, A. J.; VANDENBERG, M. Construcción: manuales AJ. Madrid: H. Blume, 1977. p. 280-341.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Pesquisa sobre argamassa de assentamento e revestimento. São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP, jul. 1987. (Relatório Final - não impresso).

FADEMAC. Manual de colocação: piso decorflex. São Paulo, [s.d.].

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda & J. E. M. M. Novo dicionário da língua portuguesa. 2. ed. revista e aumentada. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

GRAEF, Edgard Albuquerque. O edifício. Cadernos Brasileiros de Arquitetura, São Paulo: Projeto, n.7, 1978.

GUEDES, Milber Fernandes. Caderno de Encargos. 1. ed. São Paulo : Pini, 1982.

HEHL, Walter Caiaffa. Revestimento de Piso em Argamassa de Cimento. Tecnologia de Edificações, São Paulo, IPT, v. 4, set. 87. p. 27-30. (separata dos encartes de ns. 73/96, publicados na revista A Construção São Paulo/Editora Pini).

INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE - IPQ. NP 56 Assentamento de azulejos e ladrilhos. Lisboa, Portugal, Repartição de normalização, 1963.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 5732 Cimento Portland comum: especificação. Rio de Janeiro, ABNT, 1988.

----- NBR 6467 Agregados miúdos para concreto: determinação do inchamento - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1985.

----- NBR 6474 Cimento Portland e outros materiais em pó: determinação da massa específica - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.

----- NBR 6481 Ensaio de resistência à abrasão. Rio de Janeiro, ABNT, 1980.

----- NBR 6508 Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm: determinação da massa específica - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.

----- NBR 7181 Solo - Análise granulométrica: método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.

----- NBR 7211 Agregado para concreto: especificação. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.

- NBR 7215 Ensaio de cimento Portland: método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 7217 Determinação da composição dos agregados: método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 7218 Determinação do teor de argila em torrões nos agregados: método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 7219 Determinação do teor de materiais pulverulentos nos agregados: método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
- NBR 7220 Avaliação das impurezas orgânicas das areias para concreto: método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 7222 Argamassas e concretos - determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, ABNT, 1983.
- NBR 7251 Massa unitária estado solto. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 9454 Piso cerâmico - determinação da resistência ao impacto: método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.
- NBR 9817 Execução de piso - com revestimento cerâmico. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
- NBR 9935 Agregados: terminologia. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 6241 Performance standards in building: principles for their preparation and factors to be considered. 1. ed. London, 1984.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. Características tecnológicas das areias do Estado de São Paulo: regiões administrativas 1 e 3. São Paulo, 1982. (Relatório n. 17736 - Programa Pró-Minério).

INTERNATIONAL UNION OF TESTING AND RESEARCH LABORATORIES FOR MATERIALS AND STRUCTURES - RILEM. RILEM recommendations MR-21(E): Testing methods of mortars and renderings, 1. ed. France, 1982.

LICHTENSTEIN, Noberto Blumenfeld. Formulação de modelo para dimensionamento do sistema de transporte em canteiro de obras de edifícios de múltiplos andares. São Paulo. Dissertação (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1987, p. 1-35.

- LIMA, Marcus Antônio Motta. Coletânea de Normas para Edificações. Rio de Janeiro : Santa Maria, 1958.
- MCCURRICH, L. H. Development Trends and Standards for Industrial Floors. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 7., 1988, São Paulo. Anais... São Paulo : EPUSP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1988. p. 151-188.
- MESEGUER, Alvaro Garcia. Actuaciones para mejorar la seguridad y calidad de los edificios. Informes de La Construcción, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, n. 317, p. 25-39, 1980.
- MINISTÉRIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO - MOPU. Revestimentos. Madrid : Centro de Publicaciones, 3. ed., 1989, p. 157-285 (Coletânea das Normas Tecnológicas de La Edificación - Espanha).
- NATIONAL BUILDING RESEARCH INSTITUTE - NBRI. Floors material for warmth in winter. Information Sheet, Pretoria : Wallachs Printing, 1973.
- OLDHAM, P. Methods of testing floor screeds. Concrete, London, v. 22, n. 5, p. 21-22, May 1988.
- OLIVEIRA, Paulo Sérgio F. Técnicas adequadas à execução de pisos de argamassa de alta resistência, obtida com aglomerantes minerais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 7., São Paulo. Anais... São Paulo: EPUSP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1988. p. 86-110.
- PETRUCCI, Eládio G. R. Concreto de cimento Portland. 9. ed. Atualizada e revisada por Vladimir Antonio Paulon. Rio de Janeiro: Globo, 1982. 307 p.
- PINI. Tabela de Composição de Preços. 4. ed. São Paulo, 1971. (TCPO - 04).
- PINI. Tabela de Composição de Preços. 8. ed. São Paulo, 1986. (TCPO - 08).
- PINTO, Tarcísio de Paula. Desperdício em xequê. Revestimento. São Paulo : Pini, 1989. p. 37-38. Suplemento.
- PYE, P.W.; WARLOW W.J. A method of assessing the soundness of some dense floor screeds. BRE Current Paper, Garston, n. 72, 1978.
- PYE, P.W. BRE Screed tester: classification of screeds, sampling and acceptance limits. BRE Information Paper, Garston, n. 11, 1984.
- RAINVILLE, Cesar de. O vinhola brasileiro. Rio de Janeiro : Eduardo & Henrique Laermmert, 1880. p. 218-227.

- REIS FILHO, Nestor Goulart. Quadro da arquitetura no Brasil. 4. ed. São Paulo : Perspectiva, 1978. Série Debates.
- RODRIGUEZ, Cesar del Olmo. Diretrizes UEAtc para evaluación técnica de colas para revestimientos cerâmicos. Informes de la Construcción - 2. parte, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, n. 350, jul. 1979.
- SAARIMAA, J.; SNECK, T.; WAANANEM, M. Performance analysis of floors. National Bureau of Standards Special Publication 361, v.1: Performance Concept in Buildings. In: Proceedings of the Joint RILEM-ASTM-CIB Symposium, held May 2-5, 1972, Philadelphia, Pennsylvania (Issued March 1972). P. 613-623.
- SABBATINI, Fernando Henrique. O Processo Construtivo de Edifícios de Alvenaria Estrutural Sílico-Calcária. São Paulo, 298 p., 1984. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia. São Paulo, 336 p., 1989. Dissertação (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- SABBATINI, Fernando Henrique; SELMO, Silvia Maria de Souza. Metodologia para controle de qualidade e procedimentos para caracterização dos materiais constituintes das argamassas. São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP, mai. 1989. (Documento 1A Projeto EP/EN-1 - não impresso).
- Diretrizes para a produção e controle de dosagem das argamassas de assentamento e revestimento. São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP, jul. 1989. (Documento 1. C e E Projeto EP/EN-1 - não impresso).
- SABBATINI, Fernando Henrique et al. Resultados e conclusões da pesquisa de campo sobre a produção de contrapisos nas regionais. São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP, set. 1989. (Documento R6-01/89 - não impresso).
- SABBATINI, Fernando Henrique; BARROS, Mércia Maria Bottura de; FLAIN, Eleana Patta. Tecnologia de produção de revestimentos de piso. São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP, dez. 1990. (Relatório Técnico R6-07/90 - não impresso).
- SADOCCO, W. J. Argamassas de alta resistência com agregados especiais destinados a pisos industriais: técnicas de execução. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 7., São Paulo. Anais... São Paulo: EPUSP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1988. p. 86-110.

- SANTOS, M. C. Loschiavo dos. Escola Politécnica (1894-1984). São Paulo: Imprensa Oficial do Estado. 1985. p. 139.
- SAVASTANO JUNIOR, Homer. Fibras de coco em argamassas de cimento Portland para produção de componentes de construção civil. São Paulo, 201 p., 1987. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- SCHILD, E. et al. Estanquidad e impermeabilizacion en la edificación. Barcelona : Editores Técnicos Asociados, 1981. v. 4, p. 96-136.
- SECRETARIA DE OBRAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Caderno de Encargos. 1. ed. Niterói : Diálogo. 1971.
- SEGURADO, J. E. S. Acabamento das construções. 6. ed. Rio de Janeiro : Paulo de Azevedo, [1914?].
- SEHAB e Prefeitura de São Paulo. Edificações licenciadas e autos de conclusão/SP. A Construção São Paulo, São Paulo, Pini, n. 2239, p. 32, jan. 1991.
- SELMO, Silvia Maria de Souza. Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimentos externos de fachada de edifícios. São Paulo. 187 p., 1989. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- SOUZA, Roberto de. A contribuição do conceito de desempenho para a avaliação do edifício e suas partes: aplicação às janelas de uso habitacional. São Paulo, 1983. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- TURAUD, Jean. Construction du Bâtiment. 3. ed. Paris : Editions du Moniteur, 1984.
- VASCONCELOS, Carlos Augusto de. O concreto armado no Brasil. 1. ed. São Paulo : Copiare, v.1. 1985. p. 13-55.
- VIDOR, Elisabeth. Especifique 80 - Materiais de Construção. São Paulo : Bauercentro-Centro Tecnológico de Construção, 1980.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 780: Standard method for preconstruction and construction evaluation of mortars for plain and reinforced unit masonry. Easton, ASTM, 1985, 18 p. v. 04.05
- BANCO DO BRASIL. Caderno Geral de Encargos. [S.l.] : Departamento de Engenharia (DENG), Divisão de Projetos, Concorrências e Manutenção Eletro-Mecânica (PROME), 1980.

- BAUER, R.J.F., ALVES, R.R. A epidemia de contrapisos com baixa relação água/cimento. Construção São Paulo, São Paulo, Pini, n. 2183, p. 23-24, dez. 1989.
- BAUER, R.J.F. Análise das principais causas de manifestações patológicas em pisos de alta resistência. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 7, 1988, São Paulo. Anais... São Paulo : EPUSP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1988. p. 125-144.
- BRITO, José L. Wey; KINOSHITA, Carlos Atussi. Antecipar a execução de contrapisos: medidas de racionalização. Evolução e Técnica, Brasília : ENCOL, n. 3, p. 4, jul. 1989.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS 8204 Part 2 In situ floorings - Code of practice for concrete wearing surfaces. London, 1987, 18p.
- BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. Damp-proofing solid floors. BRE Digest 54. London : The Construction Press, 1977. p. 94-97.
- Clay tile flooring. BRE Digest 79. London : The Construction Press, 1977. p. 98-100.
- Sheet and tile flooring made from thermoplastic binders. BRE Digest 33. London : The Construction Press, 1977. p. 101-104.
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. Dégénérescences de Chapes pour pose de revêtements de sol. CSTC Revue, Bruxelles, n. 3, p. 18-20, oct. 1972.
- Parquets-tapis. Note d'Information Technique, Bruxelles, n. 117, mars 1978. 15 p.
- FIORITO, José Antônio. Cimento Portland comum como adesivo no método convencional. Construção São Paulo, São Paulo, Pini, n. 1966, p. 31-32, out. 1985.
- HELENE, Paulo Roberto do Lago, SOUZA, Roberto de. Controle de Qualidade na Indústria da Construção Civil. Tecnologia de Edificações, São Paulo : IPT, v. 3, ago 86. p. 121-126. (separata dos encartes de ns. 49/72, publicados na revista A Construção São Paulo/Editora Pini).
- HUTCHINSON, B.D. Maintenance and repair of buildings and their internal environment. London: Newnes- Butherworths, 1975.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 8541 Qualidade: terminologia. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.

Durante o primeiro período de implantação em São Paulo pode-se observar que:

- a metodologia de dosagem da argamassa de contrapiso foi facilmente assimilada pelos técnicos da empresa, sendo implementada de imediato. Desta maneira, a partir do curso treinamento, a argamassa passou a ser dosada com 250 Kg de cimento por m², sendo que a "dosagem de betoneira" era encaminhada à obra juntamente com o projeto, considerando-se os materiais específicos a serem utilizados;
- os projetos de contrapisos, desenvolvidos por uma equipe coordenada pelo engenheiro responsável pela produção, permitiram otimizar as espessuras, atingindo-se valores médios de 35 mm, sendo que a otimização obtida neste item mostrou-se mais significativa que a própria redução do consumo de cimento na argamassa;
- a efetivação das técnicas de execução apresentou maiores dificuldades, pois os novos procedimentos alteraram a produtividade dos operários que antes não preparavam a base para o recebimento do contrapiso, nem tão pouco compactavam-no. Houve, portanto, uma reação inicial por parte da mão-de-obra, pois não foram alterados o modo de medição dos serviços e nem mesmo a sua remuneração;
- houve uma preocupação excessiva, por parte dos engenheiros, em avaliar o desempenho do contrapiso executado, realizando somente o controle do produto (CEA2 - ver item 5.4). Deixaram de realizar o controle do processo, o qual considera-se parte essencial para o sucesso da metodologia. Assim, somente os ensaios de impacto pelo método da bola e de aderência foram realizados durante o período em que se teve a oportunidade de acompanhar a implantação, no qual verificou-se uma forte resistência por parte dos engenheiros responsáveis pelas obras em destinar um técnico para que realizasse o controle diário da produção.

Assim, a partir destas observações pode-se concluir que:

- a implantação parcial do controle de produção não permitiu avaliar completamente as conseqüências da metodologia proposta, nos canteiros de obra, pois sem o controle do processo não se pode avaliar, por exemplo, a eficiência da elaboração do projeto, uma vez que não se tem mecanismos para a realização do reprojetado. Assim, não é possível saber se as espessuras inicialmente projetadas foram efetivamente executadas. Além disto, o controle do produto não é eficaz, uma vez que, em se detectando problemas, não é possível identificar em que etapa da produção o mesmo possa ter ocorrido, pois o processo não foi devidamente controlado;

- a reação inicial da mão-de-obra era esperada uma vez que a implantação de procedimentos previamente definidos tiram-lhe o poder de decisão, comum nesta fase de obra. Entretanto, acredita-se que este fator possa ser minimizado, buscando-se implementar, em conjunto com os novos procedimentos, diferentes maneiras de avaliação e remuneração do trabalho realizado, de modo que haja uma participação mais intensa do operário no novo método de produção;

- o controle do processo de produção, exigido pela implantação de qualquer nova tecnologia é de difícil efetivação no canteiro de obras, muitas vezes em decorrência da reação dos próprios engenheiros e técnicos, os quais, nem sempre admitem "onerar" o seu quadro de funcionários, seja pela inclusão de um técnico, tecnólogo ou mesmo um estagiário em engenharia;

- os mecanismos de controle do processo de produção, apesar de se constituírem num instrumento valioso para a maioria dos segmentos industriais, ainda não é um fato na indústria da construção civil, em particular no ramo da construção de edifícios, devendo este fator receber atenção especial em futuros trabalhos de pesquisa.

A implantação da metodologia, ainda que não tenha se completado, permitindo atingir a etapa de consolidação, mostrou que o desenvolvimento de novos métodos e processos construtivos somente é possível quando existe a efetiva colaboração entre organismos de pesquisa, tais como as universidades e empresas atuantes no ramo da

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. ME-10
Determinação da resistência de aderência de revestimento com
argamassa: método de ensaio. São Paulo, IPT, 1981.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACION DE MATERIALES. IRAM 12575 -
1. parte: Asentamiento de revestimientos. Buenos Aires, 1974.
(proposta de norma).
- MESEGUER, Alvaro Garcia. Control de calidad en construcción. Madrid
: Agrupacion Nacional de Constructores de Obras, 1989 a. 77 p.
- Garantia de calidad en construcción. Madrid : Agrupacion
Nacional de Constructores de Obras. 1989 b. 101 p.
- NATIONAL BUILDINGS ORGANISATION. Cement concrete floor finishes
over structural concrete in buildings. New Delhi : G.C. Mathur,
1958. p. 1-10.
- PYE, P.W. Assessing the quality of dense floor screeds. In: MEETING
OF THE ROAD AND BUILDING MATERIALS GROUP OF THE SCI, Feb. 1985,
London. Chemistry & Industry, London, n. 14, p. 465-496, July
1986.
- RODRIGUEZ, Luiz Fernando. Elementos de garantia de calidad en
construccion. Informes de la Construcción, Madrid, Instituto
Eduardo Torrojas, n. 389, mai./jun. 1987.
- SABBATINI, Fernando Henrique; SILVA Margarete Maria de Araújo.
Recomendações para o projeto construtivo das paredes de vedação
em alvenaria: procedimentos para elaboração e padrão de
apresentação. São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção
Civil da EPUSP, fev. 1991. (Documento do Projeto EP/EN-7 - não
impresso).
- SALTER, Walter L. Floors and floor maintenance. London, Applif
Science Publish, 1974.
- SOUZA, Roberto de. Avaliação de desempenho aplicada a ns
componentes e Sistemas Construtivos para habitação. Tecnologia:
Edificações, São Paulo, v.1, p.13-16, ago. 1984. (separata
encartes de ns. 01/24, publicados nas revistas A Construção S.
Paulo/Editora Pini).
- THORBURN, H. J. Flooring Damage by Heels. Materials Research &
Standards, Canadá, p. 734-737, Sept. 1962.
- WOLFE, Winthrop C. Performance tests for finish floors: state-of-
the-art. In: Proceedings of the Joint RILEM-ASTM-CIB Symposium,
held May 2-5, 1972, Philadelphia, Pennsylvania (Issued March
1972). p. 799-806.