

**ALISSON HOFFMANN DA SILVA**

**COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE OS PROCESSOS  
CONSTRUTIVOS EM CONCRETO ARMADO E EM ALVENARIA  
ESTRUTURAL EM BLOCOS CERÂMICO E DE CONCRETO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Florianópolis

2002

**ALISSON HOFFMANN DA SILVA**

**COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE OS PROCESSOS  
CONSTRUTIVOS EM CONCRETO ARMADO E EM ALVENARIA  
ESTRUTURAL EM BLOCOS CERÂMICO E DE CONCRETO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. HUMBERTO RAMOS ROMAN, PhD

Florianópolis

2002

SILVA, Alisson Hoffmann da. **Comparação de custos entre os processos construtivos em concreto armado e em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos e de concreto.** 2002. 157p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Orientador: Prof. Humberto Ramos Roman, PhD  
Data da defesa: 18/10/2002

Resumo da dissertação: Questiona-se a viabilidade econômica do processo construtivo em alvenaria estrutural em relação ao processo construtivo em concreto armado. Entre as obras em alvenaria estrutural, a indagação ocorre sobre qual tipo de unidade, de cerâmica ou de concreto, produz resultados mais efetivos em termos de custos. Este trabalho teve o objetivo de comparar o custo de um prédio de 4 pavimentos sem pilotis, com 4 apartamentos por andar e cada apartamento com área aproximada de 46m<sup>2</sup>, entre o processo construtivo em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, o processo construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto e o processos construtivo em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos. A metodologia adotada foi aplicada em um estudo de caso de empreendimentos localizados na cidade de Curitiba/Paraná/Brasil. Obteve-se os dados da pesquisa por meio de medições realizadas em obras para todos os processos construtivos estudados. Estes empreendimentos são parte do plano PAR (Programa de Arrendamento Residencial) da Caixa Econômica Federal. No estudo de caso, avaliou-se somente os custos diretos envolvidos no processo, tal como o custo dos materiais, equipamentos e mão-de-obra. O custo dos materiais e equipamentos utilizados nas obras foram obtidos a partir do custo médio dos mesmos no período do trabalho. O custo da mão-de-obra foi avaliado por meio da produtividade dos operários em obra. Conclui-se que o processo em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos apresentou melhores resultados com relação à economia, sendo o processo em concreto armado o mais desfavorável entre os estudados.

Palavras-chave: [Alvenaria estrutural][orçamento][custo]

**COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE OS PROCESSOS  
CONSTRUTIVOS EM CONCRETO ARMADO E EM ALVENARIA  
ESTRUTURAL EM BLOCOS CERÂMICO E DE CONCRETO**

**ALISSON HOFFMANN DA SILVA**

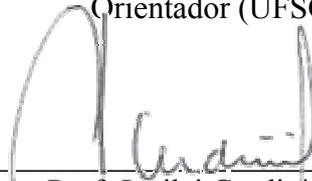
Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

**MESTRE EM ENGENHARIA**

Especialidade ENGENHARIA CIVIL, área de concentração CONSTRUÇÃO CIVIL,  
aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.



Prof. Humberto Ramos Roman, PhD  
Orientador (UFSC)



Prof. Jucilei Cordini, Dr.  
Coordenador do PPGEC (UFSC)

Banca Examinadora:



Prof. Carin Schmitt, Dr.<sup>a</sup> (UFRGS)



Prof. Luis Fernando M. Heineck, PhD (UFSC)



Prof. Antonio Edésio Jungles, PhD (UFSC)

*Aos que considero minha  
família e que depositaram  
em mim a esperança de uma  
vitória...*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, pelo grande incentivo durante toda a vida e em especial neste momento.

Aos meus irmãos Robson, Gladson pelo apoio e a RGA engenharia.

A Bianca pela paciência e dedicação.

Ao Professor Humberto Ramos Roman pelo oportunidade, apoio e orientação.

Ao Professor Heineck pelo grande estímulo ao tema e por sua colaboração.

As empresas Coenge Construções e Empreendimentos e a FMM – Construções Cíveis de Curitiba que oportunizaram este trabalho.

Aos engenheiros Lourival e Eduardo, ao almoxarife Paulinho, ao mestre Osmar e a Elisa da Coenge. Ao Engenheiro Fernando da FMM. Em especial ao Eng. Gustavo da Coenge e ao técnico André da FMM que ao longo de todo o trabalho contribuíram de forma incansável na sua realização.

Ao engenheiro Arnaldo da Silva Ramos pela valiosa ajuda.

Ao engenheiro Régis Signor da Caixa Econômica Federal de Florianópolis pela colaboração.

A Débora, Tatiana, Fernando Avancini e a todo o pessoal do GDA.

Aos engenheiros Emílio e Jorge da Construtora Enju de Curitiba.

Aos engenheiros Carlos, Teston e João Kerber da RKS Engenharia de Estrutura.

Aos grandes amigos Ricardo, Crippa e Marcos.

Aos amigos da engenharia Bill, Alex, CG, Joe e Ceca.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	VII
LISTA DE TABELAS .....	VIII
RESUMO .....	X
ABSTRACT .....	XI

---

### 1. INTRODUÇÃO

---

1.1 ORIGEM DO TRABALHO .....	1
1.2 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO .....	2
1.3 OBJETIVOS .....	3
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	3
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
1.4 LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	3
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	4

---

### 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

2.1 A ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL .....	7
2.2. PROCESSO CONSTRUTIVO E SISTEMA CONSTRUTIVO .....	11
2.3. O POTENCIAL DE RACIONALIZAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO E A CAPACIDADE DE INOVAÇÃO ENTRE DIFERENTES PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	12
2.3.1. <i>Racionalização</i> .....	12
2.3.2. <i>Industrialização</i> .....	13
2.3.3. <i>Inovação Tecnológica</i> .....	15
2.4. CUSTO .....	16
2.4.1. <i>Métodos de custeio</i> .....	17
2.4.2 <i>A dificuldade em se comparar custos na construção civil</i> .....	20
2.4.3 <i>Fatores que intervem nos custos</i> .....	20
2.5. PRODUTIVIDADE.....	21
2.5.1. <i>Fatores que afetam a produtividade</i> .....	24
2.5.2. <i>Efeito aprendizagem</i> .....	25
2.5.3. <i>Dificuldade em se comparar valores de produtividade</i> .....	26
2.6. PERDAS .....	27

---

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

---

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	31
3.2 O ESTUDO DE CASO .....	31
3.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	38
3.4 MÉTODO DE CUSTEIO.....	40
3.5 A AVALIAÇÃO DOS DADOS.....	40
3.6 PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA.....	42
3.7 PERDAS .....	42
3.8 A COLETA DE DADOS.....	43

---

#### 4. RESULTADOS

---

4.1 CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS .....	47
4.2 A COMPARAÇÃO DE CUSTOS .....	48
4.3 RESULTADOS OBTIDOS PARA MATERIAIS E EQUIPAMENTOS .....	50
4.3.1 FUNDAÇÃO .....	50
4.3.1.1 Estacas .....	50
4.3.1.2 Baldrame e blocos de fundação .....	52
4.3.2 SUPRAESTRUTURA .....	58
4.3.2.1 Piso.....	58
4.3.2.2 Laje, viga, pilar e escada .....	59
4.3.3 PAREDES DE ALVENARIA .....	67
4.3.4 REVESTIMENTO INTERNO .....	76
4.3.5 REVESTIMENTO EXTERNO .....	82
4.3.6 CUSTO TOTAL PARA MATERIAIS E EQUIPAMENTOS .....	87
4.4 RESULTADOS RELATIVOS À MÃO-DE-OBRA .....	88
4.4.1 FUNDAÇÃO .....	90
4.4.1.1 Baldrame e Blocos .....	90
4.4.2 SUPRAESTRUTURA .....	92
4.4.2.1 Piso.....	92
4.4.2.2 Laje, viga, escada e pilar .....	93
4.4.3 PAREDES .....	96
4.4.4 REVESTIMENTO INTERNO .....	98
4.4.5 REVESTIMENTO EXTERNO .....	102
4.4.6 SERVENTES .....	105
4.5 CONSUMO FINAL DE HOMENS-HORA TRABALHADAS.....	107
4.6 RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DE CUSTOS .....	110
4.7 OUTRAS CONSIDERAÇÕES .....	111
4.7.1 COMPARTAIVO ENTRE AÇO, FORAMS E CONCRETO.....	111
4.7.2 COMPARATIVO ENTRE AS VANTAGENS E DESVANTAGENS ENTRE OS PROCESSOS CONSTRUTIVOS OBSERVADOS PELO AUTOR EM OBRA.....	113

---

#### 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

---

5.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES .....	116
5.2 RESULTADOS OBTIDOS NA PESQUISA.....	116
5.3 OS PROCESSOS CONSTRUTIVOS .....	118
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
5.5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS: .....	119

---

#### 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	116
------------------------------------	-----

---

#### APÊNDICES A – MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

---

APÊNDICE A1 .....	130
APÊNDICE A2 .....	137

---

**APÊNDICES B – MÃO-DE-OBRA**

---

APÊNDICE B1 .....	149
APÊNDICE B2 .....	149

---

**ANEXOS**

---

ANEXO A .....	151
ANEXO B .....	152
ANEXO C .....	153
ANEXO D .....	154

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Residencial Nápoli – Obra concluída em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos ..	32
Figura 2: Residencial Veneza – Obra concluída em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos .	33
Figura 2: Residencial Perugia – Obra concluída em alvenaria estrutural em blocos de concreto	33
Figura 4: Residencial Ipê – Obra concluída em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos.....	34
Figura 5: Edifício em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos de 12x14x25 cm.....	35
Figura 6: Edifício em alvenaria estrutura com blocos de concreto de 14x19x39 cm .....	35
Figura 7: Edifício em concreto armado.....	36
Figura 8: Tipologia arquitetônica para todas os edifícios com 4 apartamentos por andar .....	37
Figura 9: Exemplo das planilhas utilizadas em obra para a medição do consumo de argamassa e da produtividade para o serviço de alvenaria nas obras em alvenaria estrutural.....	45
Figura 10: Locação dos pontos de carga para todas as obras.....	51
Figura 11: Cravação das estacas pré-moldadas na obra AECE .....	51
Figura 12: Baldrame em execução - obra AECE.....	53
Figura 13: Execução do lastro de brita sobre o solo compactado .....	58
Figura 14: Regularização do piso zero.....	58
Figura 15: Formas para laje maciça moldada <i>in loco</i> .....	60
Figura 16: Formas para laje maciça moldada <i>in loco</i> .....	60
Figura 17: Preenchimento das canaletas da última fiada com concreto.....	62
Figura 18: Execução das formas dos pilares.....	66
Figura 19: Paginação da alvenaria .....	68
Figura 20: Detalhe dos quantitativos na paginação da alvenaria da figura 19 .....	68
Figura 21: Argamaseira para alvenaria estrutural.....	69
Figura 22: Alvenaria obra AECE.....	70
Figura 23: Colocação dos <i>palets</i> sobre a laje .....	72
Figura 24: Disposição dos <i>palets</i> na laje.....	72
Figura 25: Alvenaria obra CACE.....	74
Figura 26: Transporte dos blocos cerâmicos pelo guincho de coluna.....	75
Figuras 27 e 28: Revestimento interno - obra AECE.....	77
Figura 29: Execução do revestimento interno obra AECE.....	78
Figura 30: Confecção da argamassa comum obra CACE.....	80
Figura 31: Espessura do revestimento interno para obra CACE.....	80
Figura 32: Silo para armazenagem da argamassa para projeção.....	83
Figura 33: Execução do revestimento externo com argamassa projetada para obra AECE .....	84
Figura 34: Espessura do revestimento externo .....	86
Figura 35: Montagem das formas do baldrame .....	91
Figura 36: Lona preta sob o piso para evitar umidade.....	92
Figura 37: Forma da laje maciça para obra AECE.....	94
Figura 38: Forma da laje, vigas e pilar para obra CACE.....	94
Figura 39: Execução da alvenaria, utilização da régua prumo e nível na conferência da planicidade da parede – obra AECE.....	97
Figura 40: Execução da alvenaria – obra CACE .....	97
Figura 41: Execução do revestimento interno – obra AECE .....	99
Figura 42: Estocagem de argamassa nos apartamento para execução do revestimento interno para as obras em alvenaria estrutural .....	100
Figura 43: Execução do revestimento interno na obra CACE.....	100
Figura 44: Execução do revestimento externo com argamassa projetada para obra AECE .....	103
Figura 45: Execução do chapisco para obra CACE.....	103
Figura 46: Colocação dos <i>palets</i> sobre o pavimento em execução .....	106
Figura 47: <i>Palets</i> sobre o pavimento em execução .....	107
Figura 48: Transporte da argamassa industrializa pelos serventes .....	107

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Área do pavimento tipo para os projetos arquitetônicos.....	37
Tabela 2 : Relação entre o peso da estrutura e a área construída.....	50
Tabela 3 : Custo da estaca para um edifício AECE.....	52
Tabela 4: Custo da fundação em estacas pré-moldadas para as obras estudadas.....	52
Tabela 5: Valores de projeto para o baldrame.....	53
Tabela 6: Custo das formas para o baldrame e blocos de coroamento de um bloco para obra AECE.....	54
Tabela 7: Custo do baldrame e dos blocos de coroamento para obra AECE.....	55
Tabela 8: Custo do baldrame e dos blocos de coroamento para obra AECO.....	56
Tabela 9: Custo do baldrame e dos blocos de coroamento para obra CACE.....	57
Tabela 10: Custo do baldrame e dos blocos de coroamento sem mão-de-obra para todas as obras.....	57
Tabela 11: Custo do piso para a obra AECE.....	59
Tabela 12: Custo de um jogo de formas para execução da laje e escada de um pavimento tipo para um bloco em AECE.....	61
Tabela 13: Custo das formas para execução da laje, escada e vigas da escada de um pavimento tipo para um bloco em AECE com reaproveitamento de 8 vezes.....	61
Tabela 14: Volumes de concreto em projeto para laje, vigas e escada e canaletas para pavimento tipo obra AECE.....	63
Tabela 15: Custo das lajes, escadas e vigas da escada para um bloco de AECE.....	63
Tabela 16: Volumes de concreto em projeto para laje, vigas e escada e canaletas para pavimento tipo obra AECO.....	64
Tabela 17: Custo das lajes, escadas e vigas da escada para um bloco de AECO.....	64
Tabela 18: Custo das lajes, escadas, vigas e pilares para um bloco de CACE.....	67
Tabela 19: Custo total das lajes, escadas, vigas e pilares.....	67
Tabela 20: Custo alvenaria obra AECE.....	71
Tabela 21: Custo alvenaria obra AECO.....	73
Tabela 22: Custo alvenaria obra CACE.....	75
Tabela 23: Custo total para as alvenarias.....	76
Tabela 24: Custo revestimento interno para obra em AECE.....	78
Tabela 25: Custo revestimento interno AECO.....	79
Tabela 26: Custo revestimento interno CACE.....	82
Tabela 27: Custo do revestimento interno.....	82
Tabela 28: Custo do revestimento externo para obra AECE.....	85
Tabela 29: Revestimento externo AECO.....	85
Tabela 30: Revestimento externo CACE.....	86
Tabela 31: Custo do revestimento externo.....	87
Tabela 32: Custo dos materiais e equipamento medidos em obra para um prédio.....	87
Tabela 33: Salário profissionais na construção civil para o estado do Paraná.....	88
Tabela 34: Índices de produtividade.....	90
Tabela 35: Homens-hora para a execução do baldrame e blocos de fundação para um bloco para o serviço de formas.....	91
Tabela 36: Homens-hora para a execução do baldrame e blocos de fundação para um bloco para o serviço de armação.....	91
Tabela 37: Homens-hora para a execução do baldrame e blocos de fundação para um bloco para o serviço de concretagem.....	91
Tabela 38: Total homens-hora para a execução dos serviços para a execução do baldrame e blocos dos fundação para um bloco para todas as obras.....	92
Tabela 39: Total homens-hora para a execução do piso para todas as obras para o serviço de formas.....	93
Tabela 40: Total homens-hora para a execução do piso para todas as obras para o serviço de armação.....	93

Tabela 41: Total homens-hora para a execução do piso para todas as obras para o serviço de concretagem .....	93
Tabela 42: Total homens-hora para a execução do piso para todas as obras .....	93
Tabela 43: Total homens-hora para a execução da laje, viga, escada e pilar para todas as obras para o serviço de formas.....	95
Tabela 44: Total homens-hora para a execução da laje, viga, escada e pilar para todas as obras para armação .....	95
Tabela 45: Total homens-hora para a execução da laje, viga, escada e pilar para todas as obras para o serviço de concretagem .....	96
Tabela 46: Total homens-hora para a execução dos serviços para a execução do baldrame e blocos dos fundação para um bloco para todas as obras .....	96
Tabela 47: Índices de produtividade para a alvenaria .....	98
Tabela 48: Total homens-hora para o serviço de alvenaria para todas as obras .....	98
Tabela 49: Índices de produtividade para revestimento interno .....	101
Tabela 50: Homens-hora para o serviço de revestimento interno para todas as obras.....	101
Tabela 51: Total homens-hora para o serviço de revestimento interno para todas as obras .....	102
Tabela 52: Índices de produtividade para a revestimento externo .....	104
Tabela 53: Homens-hora para o serviço de revestimento externo para obra AECE.....	104
Tabela 54: Total homens-hora para o serviço de revestimento externo para todas as obras ....	104
Tabela 55: Total homens-hora para os serventes para um bloco tipo inteiro.....	107
Tabela 56: Total homens-hora para os serviços medidos em obra .....	108
Tabela 57: Custo da mão-de-obra total para os serviços medidos com leis sociais.....	109
Tabela 58: Custo total para os serviços medidos .....	110
Tabela 59: Percentagem de diferença entre os serviços medidos .....	110
Tabela 60: Custo total para um prédio de 4 pavimentos com 4 apartamentos por andar.....	111
Tabela 61: Percentagem de diferença para um edifício de 4 pavimentos com 4 apartamentos por andar .....	111
Tabela 62: Comparação entre os quantitativos de aço e de concreto medidos em obra .....	112
Tabela 63: Quantitativos de projeto para aço, formas e concreto para obra CACE para supraestrutura .....	113

## RESUMO

Questiona-se a viabilidade econômica do processo construtivo em alvenaria estrutural em relação ao processo construtivo em concreto armado. Entre as obras em alvenaria estrutural, a indagação ocorre sobre qual tipo de unidade, de cerâmica ou de concreto, produz resultados mais efetivos em termos de custos.

Este trabalho teve o objetivo de comparar o custo de um prédio de 4 pavimentos sem pilotis, com 4 apartamentos por andar e cada apartamento com área aproximada de 46m<sup>2</sup>, entre o processo construtivo em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, o processo construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto e o processos construtivo em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos.

A metodologia adotada foi aplicada em um estudo de caso de empreendimentos localizados na cidade de Curitiba/Paraná/Brasil. Obteve-se os dados da pesquisa por meio de medições realizadas em obras para todos os processos construtivos estudados. Estes empreendimentos são parte do plano PAR (Programa de Arrendamento Residencial) da Caixa Econômica Federal.

No estudo de caso, avaliou-se somente os custos diretos envolvidos no processo, tal como o custo dos materiais, equipamentos e mão-de-obra. O custo dos materiais e equipamentos utilizados nas obras foram obtidos a partir do custo médio dos mesmos no período do trabalho. O custo da mão-de-obra foi avaliado por meio da produtividade dos operários em obra.

Conclui-se que o processo em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos apresentou melhores resultados com relação à economia, sendo o processo em concreto armado o mais desfavorável entre os estudados.

## ***ABSTRACT***

The work deals with the economic feasibility of the constructive process in structural masonry comparing with reinforced concrete buildings. It is also compared the costs between structural masonry buildings made of either clay or concrete, units.

The investigation was carried out on three types of building, all of them with the same architectural plan. The buildings were four storeys high with four apartments per floor. Each apartment measured approximately 46m<sup>2</sup>. One of the buildings was on reinforced concrete structure and the other two on structural masonry. The structural masonry ones were of either concrete block or clay blocks.

The methodology adopted was applied in a study of case of enterprises located in the city of Curitiba/Paraná/Brasil. The data from the researches were obtained by means of measurements carried out in sites for all the constructive process studied. These enterprises are part of the PAR plan (Residential Program of Leasing) from Caixa Econômica Federal.

The costs evaluated were those regarding to building material, equipment and labor. The cost of the building material and equipment used were taken as the medium cost during the period of the work. The cost of labor was evaluated by means of the productivity of the workers in site.

As a conclusion, the process in structural masonry with ceramic blocks presented lower costs whilst the one on concrete reinforced structure resulted in higher costs.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Origem do trabalho

O trabalho surgiu a partir da oportunidade de medir o custo de construção de 23 prédios, a serem realizados em terrenos vizinhos na cidade de Curitiba/Paraná/Brasil. Estes prédios foram executados com cronogramas semelhantes, em um mesmo programa de financiamento proposto pela Caixa Econômica Federal.

Nestes empreendimentos realizaram-se 12 edifícios em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos, 3 edifícios em alvenaria estrutural em blocos de concreto e 8 edifícios em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos. São prédios em forma de “H” com 4 pavimentos sem pilotis, 4 apartamentos por andar e cada apartamento com área aproximada de 46m<sup>2</sup>. A semelhança das obras, tal como padrão de acabamento, arquitetura, período e região da construção, tornou viável a realização da comparação de custos.

Alguns autores como Araújo (1995), Sánchez (1994) e Campos (1993) realizaram a comparação de custos entre o processo construtivo em alvenaria estrutural e processo construtivo em concreto armado, mas nas bibliografias pesquisadas nenhum autor realizou tal comparação por meio de apropriações realizadas em obra.

Trabalhos sobre a comparação de custos entre diferentes processos construtivos são dificultados devido ao setor não produzir um produto único e padronizado. Para cada obra há um projeto específico composto de materiais adequados a realidade deste projeto. Além das diferenças de projeto existe também diferença de tamanho, tipos de obra, padrão de acabamento, velocidade de construção e entre outras.

Em geral todos os autores pesquisados atribuem grande vantagem econômica as obras realizadas em alvenaria estrutural comparadas com as realizadas em concreto armado. Wendler (1999) afirma que estes números são muito variáveis, mas ficam em torno de 15 e 20% do custo da obra. O mesmo indica que os fatores que levam a esta economia são: redução de formas, redução do número de especialidades de mão-de-obra e redução dos revestimentos.

## 1.2 Justificativa do estudo

Durante muito tempo, se apresentou a alvenaria estrutural como um processo construtivo mais racionalizado, onde sua economia frente ao concreto armado era inegável. Alguns autores e principalmente as fábricas de blocos vendem o processo como se o mesmo obtivesse uma economia de na ordem de 20 a 30% em relação ao processo construtivo em concreto armado. Apesar, de existirem estes mitos da economia da alvenaria estrutural, observou-se nas referências pesquisadas que não existem trabalhos cujo objetivo tenha sido o de avaliar em obra a real economia que um processo pode representar em relação ao outro.

Tornava-se necessário medir os custos dos diferentes processos construtivos para avaliar a real economia que o processo construtivo em alvenaria estrutural representa em relação ao processo construtivo em concreto armado ou se realmente ocorre esta economia.

Observa-se na construção civil uma carência de dados a respeito de custos. A medição é um processo fundamental para a evolução de uma empresa, não se pode saber o desempenho atual de um processo sem primeiramente medi-lo. Na construção civil as decisões sobre o valor dos custos em obra acabam sendo intuitivas, as quais nem sempre retratam a realidade.

Este é um tema de grande interesse para as empresas e para os construtores em geral. Busca-se incessantemente um processo construtivo que propicie boa qualidade a um custo cada vez menor.

A redução de custos é propiciada pela redução dos desperdícios energéticos, temporais, materiais e humanos, pela aplicação de novas tecnologias e novos materiais. Sob o ponto de vista ambiental, a redução das perdas de materiais traz como benefício à redução do consumo de recursos naturais.

Com os resultados desta pesquisa tem-se uma ferramenta para avaliar a viabilidade ou não do processo construtivo em alvenaria estrutural em relação ao processo construtivo em concreto armado para diferentes tipos de obra. Deve-se

também avaliar na escolha de um processo construtivo as vantagens operacionais que cada processo pode trazer a obra, neste caso o controle, a transparência e facilidade de execução.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Comparação do custo de execução entre edifícios em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos, em blocos de concreto e em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos:**

- Definir os serviços que possuem diferença de custo em função dos diferentes processos construtivos;
- Medir a produtividade destes serviços
- Medir o consumo de materiais;
- Avaliar seus custos;
- Obter o valor da real economia que um processo construtivo para um bloco de 4 pavimentos possui em relação aos outros estudados;
- Avaliar os processos construtivos estudados.

### **1.4 Limitações do trabalho**

As obras estudadas são obras do plano PAR (Programa de Arrendamento Residencial) da Caixa Econômica Federal. Neste caso não há um custo referente ao capital emprestado, tal como juros, e não existe custo de comercialização, já que quem comercializa os imóveis é a própria Caixa Econômica Federal.

O tempo de execução das obras é igual para todos os empreendimentos devido as condições impostas pela Caixa Econômica Federal. Os custos indiretos envolvidos na administração dos negócios das empresas executantes (administração central, administração local, encargos fiscais da obra e outros) não são influenciados pelo processo construtivo neste caso, logo não serão avaliados neste trabalho.

Somente os custos diretos da construção foram avaliados neste trabalho. Entende-se aqui por custos diretos, os custos de produção que se referem aos materiais, aos equipamentos e mão-de-obra (inclusive as leis sociais) diretamente aplicados nos serviços.

O estudo restringe-se a comparação de custos entre um edifício para os processos construtivos analisados. Os custos de infraestrutura e equipamentos comunitários não serão avaliados.

Não foi possível medir a diferença de custos referente a mão-de-obra do eletricista, do encanador e dos insumos nos serviços de instalação elétrica e instalação hidráulica, sendo estes considerados iguais nos processos construtivos analisados no estudo. Entretanto, o acréscimo de custo gerado pela perda de material, tal como argamassa e blocos cerâmicos nos rasgos executados em obra para a passagem das tubulações e o acréscimo de horas-homem de servente para fazer a limpeza do local de trabalho estão computados nos custos medidos neste trabalho.

As perdas estão inclusas em cada processo construtivo, não sendo objetivo deste trabalho medi-las.

Todos os valores apresentados neste trabalho são referentes a um estudo de caso realizado na cidade de Curitiba. Observa-se que os dados obtidos em Curitiba podem ser diferentes para outra cidade, já que os valores dos insumos, equipamento e mão-de-obra podem apresentar variações em diferentes regiões.

## **1.5 Estrutura do trabalho**

O trabalho está estruturado em 5 capítulos.

O primeiro capítulo consiste na introdução à dissertação, na qual apresenta-se a origem do trabalho, justificativas, delimitações e a organização.

No capítulo 2 é apresentada a revisão da literatura. Apresenta-se um breve histórico sobre a alvenaria estrutural no Brasil, onde são abordados os trabalhos

existentes a respeito da comparação de custos entre o processo construtivo em alvenaria estrutural e o processo construtivo em concreto armado. Discorre-se sobre o potencial de racionalização, industrialização e a capacidade de inovação entre diferentes processos construtivos. Neste capítulo é abordada uma revisão sobre custos e sobre os fatores que influenciam-no diretamente, tal como produtividade e perdas.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia, que entre outros, propõe o modo de avaliação dos custos no trabalho. Descreve-se os empreendimentos analisados para o estudo de caso, a forma de coleta e processamento dos dados.

No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos na pesquisa, são mostrados os consumos dos insumos utilizados nas obras, os índices de produtividade da mão-de-obra e ao final deste capítulo é feita a comparação final dos custos para os processos construtivos estudados.

O capítulo 5 apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. REVISAO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil, como a maioria dos países em desenvolvimento, enfrenta sérios problemas de escassez de moradia que, aliado às severas restrições de recursos financeiros, fazem com que aumente a necessidade de adoção de medidas de economia e de conservação de energia na construção de casas e de prédios (ROMAN, 1996).

O déficit habitacional brasileiro foi estimado em mais de seis milhões e meio de moradias em 2000. Sendo o mesmo caracterizado pela necessidade imediata de construção de novas moradias para resolução de problemas sociais e específicos de habitação (DÉFICIT, 2000).

A falta de capacidade por parte dos Programas Habitacionais de atendimento a esta demanda tende a agravar essa situação considerada calamitosa. Neste panorama o desenvolvimento de processos e sistemas construtivos mais econômicos torna-se essencial para a solução do problema de milhões de habitantes sem moradia.

O déficit absoluto apresentou uma trajetória crescente ao longo do período de 80 e 90. No entanto, o déficit relativo, que consiste na razão entre o déficit absoluto e o estoque de domicílios, apresentou uma trajetória decrescente. Esses dados mostram que, apesar do significativo desenvolvimento habitacional observado no período, os investimentos habitacionais foram insuficientes para atender às necessidades surgidas (NEGRÃO; GARCIA, 2001).

As grandes metrópoles brasileiras pagam um alto preço pela degradação das condições sócio-econômicas do País. As tentativas de estabilizar o mercado, nas últimas décadas, tem se dado por meio de planos habitacionais elaborados pelo Sistema Financeiro da Habitação e veiculados pelo Banco Nacional de Habitação, no passado, e pelas Cohabs. Mas se caracterizam pela alternância de picos produtivos e cortes drásticos de recursos (BRASIL, 2001).

A escolha do sistema estrutural é uma das mais importantes decisões a serem tomadas quando da definição de uma obra, sendo necessário, principalmente, mudar o

panorama atual, onde observa-se a falta de coordenações e economias. O tipo de estrutura utilizado pode dar o caráter essencial à mudança (ESTRUTURA, 1999).

O sistema estrutural deve estar inserido em um contexto mais amplo, que é a definição do processo construtivo a ser utilizado em obra. Busca-se no cenário atual um processo construtivo que possua qualidade alta e custo baixo, que atenda as necessidades principalmente da população de baixa renda. As universidades e outros centros de pesquisa possuem papel fundamental na procura de alternativas tecnológicas. Enquadram-se neste contexto a busca por materiais alternativos e por processos ou sistemas construtivos mais eficientes.

Nota-se uma busca contínua por parte das construtoras de edifícios, por novos sistemas que permitam reduzir o custo e o tempo de execução do empreendimento, o que implicará numa melhor posição para concorrência no mercado de imóveis (ARAÚJO, 1995).

A presente pesquisa enquadra-se neste contexto, ou seja, na avaliação de custos entre os dois processos construtivos mais utilizados hoje no Brasil para a execução de habitações populares, que são o processo construtivo em concreto armado e o processo construtivo em alvenaria estrutural.

## **2.1 A Alvenaria Estrutural no Brasil**

A alvenaria estrutural para prédios de vários pavimentos tornou-se uma opção de construção largamente empregada no mundo, devido a vantagens como: flexibilidade de construção, economia, valor estético e velocidade de construção (SINHA, 1994).

No Brasil a alvenaria estrutural começou a ser utilizada a partir do final da década de 70, com a construção de prédios habitacionais, notadamente em São Paulo. Sua difusão no país se deu após os anos 90 quando várias construtoras passaram a adotar o processo construtivo (CARVALHO; ROMAN, 2001; WENDLER, 1999; ROMAN, 1997, 1996).

A grande vantagem que a alvenaria estrutural apresenta é a possibilidade desta incorporar facilmente os conceitos de racionalização, produtividade e qualidade, produzindo ainda, construções com bom desempenho tecnológico aliado a baixos custos (WENDLER, 1999; ROMAN, 1996; CONVÊNIO EPUSP/ENCOL, 1991).

Normalmente o empreendimento em alvenaria estrutural é mais econômico do que prédios estruturados, pois se executam a alvenaria e a estrutura em uma só etapa, economizando no uso de fôrmas, reduzindo quantidade de concreto e ferragem, produzindo revestimentos menos espessos e fornecendo maior rapidez na execução. Além destes fatores, a alvenaria estrutural permite a simplificação nas instalações, por evitar rasgos nas paredes reduzindo desta forma o desperdício de material (ROMAN et al., 1999; RAMOS, 2001).

Não existem trabalhos cujo objetivo tenha sido de quantificar a diferença de custo entre o processo construtivo em alvenaria estrutural e o processo convencional em concreto armado, por meio de medições realizadas em obras nos dois processos. Os poucos trabalhos realizados na comparação desta diferença de custos foram baseados em orçamentos. Apropriações realizadas em trabalhos anteriores para facilitarem o cálculo desta comparação, como os índices utilizados para a previsão dos custos ou como considerações de serviços supostamente iguais, podem distorcer a realidade.

A seguir serão citados em ordem cronológica os trabalhos realizados e a opinião de autores da área a fim de expressar esta comparação.

Em 1980, Sánchez (1994), analisou a implantação do sistema construtivo em alvenaria estrutural em blocos vazados de concreto no Rio de Janeiro para prédios de 5 pavimentos em unidades habitacionais na Favela da Maré. Neste mesmo empreendimento foram construídos outros edifícios em diferentes sistemas construtivos, tais como, sistema convencional (concreto armado e alvenaria de blocos cerâmicos), sistema composto de paredes estruturais em concreto armado executado em formas metálicas (método francês) e em pré-moldados de concreto armado.

O mesmo autor comenta que os custos para as obras em alvenaria estrutural em blocos de concreto foram cerca de 15% menores que os demais sistemas e a

produtividade das mesmas foi cerca de 30% superior aos demais sistemas. No seu trabalho não há dados sobre estes valores e a forma como os mesmos foram medidos. O autor generaliza os demais sistemas (sistema convencional, sistema composto de paredes estruturais em concreto armado executado em formas metálicas e em pré-moldados de concreto armado) como se todos tivessem o mesmo custo e a mesma produtividade em obra.

Em sua dissertação Campos (1993), comparou o custo por meio de orçamento o processo construtivo em concreto armado e o processo construtivo em alvenaria estrutural armada para prédios de quatro andares para três plantas diferentes, estas plantas com e sem pilotis. O autor chegou a uma redução de custos de 10,4% para alvenaria armada sem pilotis e 4,79% para alvenaria armada com pilotis. O mesmo acreditava que para prédios maiores, acima dos quatro andares pesquisados, a redução do custo fosse mais significativa. Sabe-se hoje, que os custos da alvenaria estrutural tornam-se mais desfavoráveis quanto maiores os prédios.

Segundo o autor anterior a redução do tempo da obra poderá alcançar uma faixa de 30% a 40%, levando-se em consideração que todos os cuidados referentes ao planejamento e controle da execução, estão sendo estabelecidos. O mesmo não apresenta seus métodos para chegar a estas conclusões.

Araújo (1995) por sua vez realizou uma comparação de custos entre o processo construtivo em concreto armado e o processo construtivo em alvenaria estrutural utilizando um orçamento de uma edificação de 3 pavimentos com pilotis, o qual o autor entrevistou em obra para a implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural. Na época a alvenaria estrutural era desconhecida pela maioria dos profissionais da área. O mesmo chegou a uma diferença de 10,4% a favor da alvenaria estrutural no custo total em um edifício.

O autor fez cálculo do custo do prédio em dólares chegando aos seguintes valores:

- Obra em alvenaria estrutural em blocos de concreto = U\$ 151.348,13;
- Obra em concreto armado = U\$ 167.089,46.

Em seu trabalho observou-se que a grande diferença entre os processos estava na mão-de-obra, por exemplo para o serviço de revestimento interno o autor considerou um custo de U\$ 1.985,23 para a obra em alvenaria estrutural e um custo de U\$ 11.622,74 para a obra em concreto armado. O autor utilizou a produtividade dos operários como forma de quantificar o custo da mão-de-obra. A produtividade dos serviços de revestimento interno e alvenaria para alvenaria estrutural foram medidos em obra. A produtividade dos serviços de alvenaria e revestimento interno para a obra de concreto armado foram obtidos pela TCPO. Comparar dados da TCPO com os valores medidos em obra pode conduzir o autor a valores errôneos, devido a grande variabilidade dos números de produtividade obtida no setor da construção civil. Cada obra possui um ambiente específico sendo difícil compará-las e os valores fornecidos pela TCPO geralmente são altos para obras repetitivas e de baixo padrão.

Farias (199?) acredita que ao se substituir os pilares e vigas de um edifício por uma alvenaria e se considerar a diferença na espessura dos revestimentos argamassados nos dois processos, a diferença no custo final da parede pronta, pode resultar em economia em torno de 6%. Os demais serviços são considerados, pelo menos teoricamente, com o mesmo custo nos dois processos, consideração esta que só seria verdadeira se os dois processos construtivos tivessem o mesmo potencial de racionalização. Apropriações realizadas de obras nos dois processos, indicaram valores até 17% no custo final de construção a favor da alvenaria estrutural. Este autor não especifica como e onde foram obtidos estes dados.

Segundo Wendler (1999), para prédios de 4 pavimentos, o sistema de alvenaria estrutural pode produzir economia na faixa de 25 a 30% em comparação a estrutura convencional de concreto armado.

Pode-se perceber que todos os autores que avaliaram o processo construtivo em alvenaria estrutural e o processo construtivo em concreto armado, obtiveram grande vantagem econômica a favor da alvenaria estrutural.

Alguns dos autores citados ao se referirem a alvenaria estrutural ou sobre concreto armado, não fazem a correta distinção entre sistemas construtivos e processos

construtivos. Torna-se necessário então deixar claro a diferença entre processo e sistema para se ter neste texto uma utilização adequada dos mesmos.

## **2.2. Processo construtivo e sistema construtivo**

Segundo Franco (1992) os conceitos de processo construtivo e sistema construtivo não encontram unanimidade dentro do meio técnico, tanto nas publicações nacionais como nas estrangeiras.

Entende-se, neste trabalho, por processo construtivo um organizado e bem definido modo de se construir um edifício. Um processo específico construtivo caracteriza-se pelo seu particular conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações do edifício (invólucro). O sistema construtivo, por sua vez, é um processo construtivo de elevado nível de industrialização e de organização. É constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados (SABBATINI, 1989).

Ao sistema construtivo está associado um nível superior de organização, é um processo construtivo de superior complexidade, muito bem definido e tecnologicamente mais avançado (SABBATINI, 1989). Nenhum dos processos apresentados neste trabalho possuem tal nível de organização. Então, daqui para frente os processos estudados serão referidos como processos construtivos e não como sistema construtivo.

Ao se avaliar diferentes processos construtivos não se deve avaliar apenas os custos destes processos. Devem ser também avaliados outros fatores que potencializam os mesmos como: racionalização, industrialização e capacidade de inovação.

## **2.3. O Potencial de racionalização e industrialização e a capacidade de inovação entre diferentes processos construtivos**

### **2.3.1. Racionalização**

Racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases (SABBATINI, 1989).

Outra definição para o termo racionalização é apresentada por Rosso (1980 apud FRANCO, 1992) como “a aplicação mais eficiente de recursos para a obtenção de um produto adotado da maior efetividade possível”, entende-se como efetividade à capacidade de satisfação das necessidades dos usuários.

A racionalização está fundamentada na otimização dos recursos e conseqüentemente na eliminação dos desperdícios gerados em obra. É a melhor utilização dos recursos disponíveis, baseando-se na redução do uso da mão-de-obra e na elevação do índice de mecanização em obra.

Hoje, devido às mudanças do contexto econômico e financeiro da produção de edificações, a redução do preço final do imóvel torna-se um fator decisivo para a sobrevivência das empresas. Este é um dos principais objetivos da racionalização de produtos e processos (LUCINI, 2001; BARROS, 1997).

No Brasil, os processos de racionalização e compatibilização construtiva e dimensional na prática não foram implementados, particularmente pela característica da produção habitacional dirigida para setores de renda média e alta, em que a racionalidade construtiva e a redução de custos não eram imprescindíveis para garantir a lucratividade pretendida. Embora a produção maciça de habitações de interesse social na década de 70 tenha introduzido alternativas de sistemas construtivos racionalizados, a precariedade de soluções tecnológicas adotadas não permitiu a consolidação da prática, relacionando pejorativamente a construções econômicas de baixa qualidade (LUCINI, 2001).

O início da racionalização ocorre na concepção e elaboração do projeto do edifício, sendo esta etapa fundamental para que se obtenha êxito na racionalização da sua execução. Além disso, o projeto consiste na primeira etapa do desenvolvimento do produto, e representa um custo único. No entanto, as falhas de um projeto permanecem durante toda a vida útil da construção e em alguns casos, constituindo-se em elevados custos de manutenção, reparos e insatisfações (SALDANHA; SOUTO, 1998).

Segundo O'Connor e Davis (1988) é na fase de projeto em que se tomam as decisões que trazem maior repercussão nos custos, velocidade e qualidade do empreendimento.

A racionalização apresenta-se como alternativa para a evolução tecnológica dos processos construtivos. Por meio da sua aplicação aumenta-se o nível organizacional dos empreendimentos e o nível de industrialização dos processos. Estabelece-se ainda um ambiente favorável à implantação de uma estratégia realista para o aumento da qualidade, tanto do processo construtivo, como dos produtos. Nas construções de edifícios em alvenaria estrutural, por suas vantagens e sua simplicidade, encontra-se um vasto campo para trabalhar no sentido do aumento da racionalização, nível de industrialização, produtividade e qualidade (FRANCO; AGOPYAN, 1994).

### **2.3.2. Industrialização**

Autores como Franco (1992) e Sabbatini (1989) estabelecem que a essência da industrialização está na organização da atividade produtiva. Este conceito contraria muitas pessoas da área de trabalho que associam a industrialização com a adoção de novos processos de produção, voltados para sistemas totalmente pré-fabricados ou os chamados “sistemas industrializados”. A implantação da pré-fabricação é um meio importante para a industrialização, mas a simples adoção deste sistema não torna o processo construtivo industrializado.

SABBATINI (1989) define industrialização como: “um processo evolutivo que, por meio de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, objetiva incrementar a

produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva”.

Testa (1972 apud SABBATINI, 1989) considera a industrialização da construção como um processo que por meio de desenvolvimentos tecnológicos, conceitos, métodos organizacionais e investimentos de capital, visa incrementar a produtividade e elevar o nível de produção.

Desta forma Bruna (1976 apud SABBANATINI, 1989) define:

**INDUSTRIALIZAÇÃO = RACIONALIZAÇÃO + MECANIZAÇÃO**

A industrialização está diretamente ligada a padronização. Segundo Meira e Araújo (1997) na indústria da construção civil, em que são desenvolvidas uma série de atividades de caráter repetitivo, seqüencial e interdependentes, o papel da padronização ganha espaço como elemento redutor das improvisações, regulador das relações de interdependências entre serviços, otimizador das atividades desenvolvidas e uma conseqüente redução de desperdícios.

A coordenação modular utilizada nos projetos em alvenaria estrutural é um exemplo de padronização utilizada em projeto. Esta é entendida como o sistema de dimensionamento que é organizado por intermédio de um reticulado espacial de referência com base num módulo predeterminado. Este permite definir e relacionar materiais e componentes em projeto e obra sem modificações (LUCINI, 2001). A implementação de sistemas modulares na construção habitacional, atrelado a um grau de racionalização elevado, pode ser considerado como um processo industrializado.

Neste aspecto, a alvenaria estrutural se destaca em relação ao concreto armado. Segundo o autor anterior, o grande potencial da alvenaria estrutural está na sua capacidade de industrialização devido à modulação que o processo propicia e a grande precisão dimensional aliada ao processo.

O passo inicial para a otimização das técnicas construtivas e a eliminação dos desperdícios é a sua padronização (MEIRA; ARAÚJO, 1997; FRANCO; AGOPYAN, 1994), para que, a partir de um estado inicial conhecido, possam ser implementadas e

avaliadas as mudanças. A forma de produzir um determinado serviço fica a critério do oficial que o está executando. Esta situação, além de favorecer o surgimento de desperdícios e a ocorrência de problemas patológicos, caracteriza-se por um total descontrole, que restringe qualquer iniciativa de melhoria dos procedimentos construtivos (FRANCO; AGOPYAN, 1994).

Conforme estes últimos autores o estabelecimento das técnicas e métodos de produção mostra-se essencial para a implantação, dentre outras medidas, do controle de execução dos serviços, do treinamento da mão-de-obra, do planejamento da produção, da otimização dos procedimentos construtivos e da consolidação da cultura construtiva da empresa.

Várias ferramentas e técnicas são utilizadas no gerenciamento da qualidade. A padronização surge como uma atividade sistemática de estabelecer e utilizar padrões para manter e possibilitar melhorias no controle do processo. É uma atividade que, para seu sucesso, necessita da participação e do consenso de todas as pessoas envolvidas no processo. Para conseguir esse envolvimento é necessário que tanto os gerentes, os técnicos e os operários sintam-se co-participantes da elaboração dos padrões. (SANTANA, 1994).

### **2.3.3. Inovação Tecnológica**

Segundo Silva (1996), a necessidade de desenvolver inovações tecnológicas e, ao mesmo tempo, a preocupação em não recair nos erros do passado, quando algumas dessas inovações resultaram em graves problemas de qualidade, tem levado órgãos públicos e pesquisadores a desenvolver metodologias que propiciem avaliar e selecionar, dentre as inovações, aquelas que estariam aptas a serem utilizadas em programas de construção habitacional.

Cardoso (1999) considera como inovações tecnológicas, as alterações introduzidas no processo de produção habitacional, aquelas que resultem no aumento do grau de industrialização desse processo, sendo que essas alterações podem ser basicamente de dois tipos:

- as que promovem o aumento do grau de racionalização, mecanização e pré-fabricação do processo tradicional, sem romper os limites de manufatura que o caracteriza;
- as que substituem o processo convencional (no todo ou em parte) por processo e sistemas considerados já de alto grau de industrialização.

A qualidade de uma inovação pode ser comprometida pelo seu uso inadequado, principalmente na fase de produção. A implantação de novas tecnologias voltadas simplesmente para a aquisição de novas ferramentas, materiais ou novos equipamentos, não constituem uma vantagem competitiva para as empresas, partindo do princípio que qualquer empresa poderá também adquiri-las.

Hoje no Brasil o processo de inovação na indústria da construção civil se dá principalmente por meio da indústria de materiais de construção, responsável pela melhoria do padrão de acabamento na construção. Muitas das inovações que surgem no mercado não são aproveitadas na sua potencialidade plena, se nota que há mudança nos materiais, mas não nos processos de trabalho e/ou melhora daqueles já utilizados tradicionalmente.

Para a implantação de qualquer tipo de inovação tecnológica é necessário que se avaliem inicialmente seus custos. Esta análise é um trabalho de difícil realização, já que avaliar custos na construção civil torna-se uma tarefa difícil devido a grande variabilidade que o setor possui na sua área de produção.

#### **2.4. Custo**

Define-se custo como sendo o gasto relativo a produtos e serviços utilizados na produção de outros bens e serviços (CABRAL, 1988).

Segundo este enfoque Marchesan (2001) define custo como o valor monetário dos bens e dos serviços empregados pela empresa no processo de produção de outros bens e serviços.

Os custos podem ser classificados de acordo com a facilidade de aquisição em custos diretos e indiretos. Custos diretos são os custos diretamente aplicados nos serviços, são gastos feitos com insumos mão-de-obra, materiais, equipamentos e outros. Custos indiretos são os custos indiretos de produção, referem-se a todos os demais custos que incidem sobre todos os serviços coletivamente no canteiro de obras, são aqueles que não oferecem condição para uma apropriação objetiva aos produtos e serviços. São gastos de difícil alocação, em que a alocação só pode ser feita com base em estimativa. Tem-se como exemplo os custos de implantação, o salário da equipe de administração da obra, equipamentos e ferramentas, alguns impostos e seguros dentre outros (LIBRELOTTO et al., 1998)

Ao se classificar os custos em diretos ou indiretos, é necessário contextualizá-los, ou seja, determinar a que produto está se atribuindo a classificação, pois, um custo pode ser direto ou indireto ao mesmo tempo. Portanto deve-se esclarecer qual o referencial utilizado na classificação (MARCHESAN, 2001; LIBRELOTTO et al., 1998; CABRAL, 1988).

As empresas de construção civil atuam em dois sistemas administrativos, sistema de administração central, em que os custos são chamados custos empresariais e sistemas de produção, em que os custos são os custos de produção (LIBRELOTTO, 1998). Os custos empresariais são os custos originados no sistema da administração central, são constituídos pelas despesas administrativas, comerciais e financeiras, tal como juros e independem do volume de produção, sendo constituídos em sua maior parte de custos fixos (CABRAL, 1988; FORMOSO et al., 1986). Os custos de produção são os custos ligados diretamente ao volume da produção da obra. Segundo Formoso et al. (1986) estes são formados por cinco elementos primários, materiais, mão-de-obra, equipamentos, custos gerais diretos da obra e custo indiretos de produção.

#### **2.4.1. Métodos de custeio**

O processo de custeio identifica e analisa como estão sendo alocados os custos aos produtos e define a forma como são alocados os custos diretos e indiretos da

empresa. É utilizado como ferramenta de controle dos resultados e planejamento de ações futuras.

Os sistemas de custeio serão definidos segundo Nakagawa (1993 apud GOULART, 2000) conforme as bases de alocação de custos aos bens e serviços, sendo divididos:

- sistema de custeio baseado em volume: é definido pelos custos indiretos de fabricação, que são alocados aos produtos, com base em atributos diretamente relacionados com o volume de produção (por exemplo horas de mão-de-obra, horas-máquina);

- sistema de custeio baseado em atividades: é definido pelas bases específicas de alocação de custos para cada atividade, permitindo mensurar com mais propriedade a quantidade de recursos consumidos nos produtos e serviços e quais atividades desnecessárias a eles.

Para o sistema baseado em volume pode-se destacar os seguintes métodos de custeio:

- custo padrão: este método foi concebido para orientar o processo de detecção de desvios e visava, basicamente, estabelecer medidas de comparação (padrões) (MARCHESAN, 2001).

- dos centros de custos: centrado na lógica de departamentalização da empresa, na qual a mesma é dividida em setores homogêneos de custos chamados de centros de custos (MARCHESAN, 2001). No custeamento por centro de custos são fornecidos os custos totais do período para cada centro, departamento ou setores. Porém, essa forma de custeamento não questiona como estes gastos são realizados, não medindo a eficiência e sua aplicação, ou seja, o quanto e em quais centros foram despendidos os gastos. Sua limitação está no não questionamento da utilização desses gastos quanto a sua eficiência, apenas permitindo avaliar a sua eficácia, pois não trabalha com atividade (GOULART, 2000).

Segundo Marchesan (2001) o controle de custos na construção civil no Brasil está fundamentado no método do custo padrão, na identificação de variações negativas entre os custos orçados e os custos reais. A inexistência de desvios ou variações entre orçado e realizado não significa que os processos de produção sejam eficientes. É

importante ressaltar que os padrões estabelecidos nos orçamentos são, nas melhores condições, apenas estimativas. Margens de segurança excessivas podem facilmente ocultar grandes ineficiências dos processos.

Para o sistema baseado em atividades pode-se destacar o método chamado custeio baseado em atividades, ou ABC (activity-based costing). O ABC propõe que os custos sejam reportados por atividade, classificando-as em atividade que agregam valor ou não ao cliente (interno e externo). Atividades que não agregam valor são aquelas que poderiam ser eliminadas sem afetar os produtos e serviços.

Enquanto os métodos tradicionais assumem que os produtos consomem recursos, o ABC parte do princípio de que os recursos são consumidos por atividades e essas, por sua vez, são consumidas pelos produtos. As informações geradas pelo ABC conferem transparência à empresa. Mais do que uma nova forma de calcular o custo dos produtos, o custeio baseado em atividades fornece um mecanismo conceitual capaz de entender a origem dos custos e, desta forma, dar transparência aos processos de produção (MARCHESAN, 2001).

Ainda pouco conhecido e utilizado na indústria da construção o custeio ABC apresenta dificuldade para sua implementação. O método exige um volume de dados muito maior do que os sistemas tradicionais. Segundo MARCHESAN (2001) no ABC, cada atividade pode possuir um direcionador de custo distinto. Um nível de detalhamento excessivo pode provocar o surgimento de um grande número de direcionadores, o que, por sua vez, torna difícil e trabalhosa a coleta e o processamento dos dados. Esse problema pode ser ainda mais sério quando se consideram processos de produção complexos e instáveis, como aqueles observados no ambiente produtivo da construção civil.

Na escolha de um sistema de custeio, deve-se identificar até que ponto é justificável o detalhamento, quanto maior o detalhamento deste sistema, maiores custos estarão envolvidos na obtenção do mesmo. A instalação de um sistema de custeio mais detalhado só se justifica se as informações geradas forem utilizadas para a intervenção no processo.

### **2.4.2 A dificuldade em se comparar custos na construção civil**

A comparação de custos na construção civil é dificultada porque o setor não produz um produto único e padronizado. Para cada obra há um projeto específico composto de materiais adequados à realidade deste projeto. Além das diferenças de projeto existem entre outras diferenças de tamanho, tipos de obra, padrão de acabamento, velocidade de construção e assim por diante.

Araújo (1995) destaca três fatores básicos para a comparação de custos entre processos construtivos: o custo real, o tempo de execução e o nível de qualidade (ARAÚJO, 1995).

### **2.4.3 Fatores que intervem nos custos**

Vários são os fatores que intervem nos custos de uma construção. Os custos diretos de uma construção sofrem influência direta da forma de como é gerenciado um empreendimento. Os indiretos geralmente são custos fixos que dependem da estrutura da empresa e para que fim destina-se o empreendimento tal como venda ou somente a construção sem a comercialização.

O custo dos materiais, equipamentos e mão-de-obra sofrem influência direta sobre as perdas que cada um destes itens apresenta em obra. Entende-se como perda toda falta de aproveitamento de recursos materiais, humanos, energéticos, financeiros e temporais. Serão abordados mais detalhadamente no item 2.6, deste trabalho os tipos de perdas ocorridas em obras e os trabalhos realizados a respeito do assunto.

Nos custos de uma edificação aqueles que apresentam maior dificuldade de apropriação são os custos da mão-de-obra, devido a variabilidade que a mesma possui. Esta variabilidade refere-se a variação de produtividade obtida em obra e a forma de pagamento dos encargos sociais a esta mão-de-obra. A produtividade da mão-de-obra será abordado no item 2.5.

O custo associado à utilização de um operário na produção civil ultrapassa significativamente o montante que lhe é atribuído como remuneração. Segundo VASSALO (1999) o Brasil é um dos raríssimos países em que questões como horas extras, duração do período de férias, da licença-paternidade e do 13º salário fazem parte da Constituição. Em países como os Estados Unidos os benefícios são negociados e os salários são mais altos. Existe uma intervenção mínima do Estado. A legislação brasileira é composta por 1000 leis e, na prática, só permite uma forma de contratação.

No anexo A encontra-se o custo dos encargos sociais em porcentagem para diarista e mensalista, extraído da Revista Construção Mercado, segundo o Sinduscon de cada Estado estes valores podem ser diferentes (REVISTA, 2002).

Por este motivo, a indústria da construção civil é a que apresenta o maior contingente de pessoas que trabalham sem carteira assinada, ou seja, totalmente desprotegidas da lei vigente. Muitos operários optam por trabalhar desta maneira por perceberem que a informalidade lhes rende um salário mais alto à curto prazo e à longo prazo, pode lhes proporcionar a base de uma batalha judicial em busca dos encargos não pagos. Este motivo leva as empresas do ramo a praticar uma alta taxa de rotatividade de mão-de-obra, pois quanto menor o tempo de serviço, menores serão os encargos a serem pagos no caso de uma eventual ação trabalhista (LIMA, 2000).

Serão abordados nos capítulos seguintes os dois fatores que intervêm diretamente no custo de uma edificação: a produtividade dos serviços do processo construtivo e as perdas no processo construtivo.

## **2.5. Produtividade**

Produtividade é a quantidade de bens ou serviços produzidos por um fator de produção, ou seja, é a relação entre produtos ou serviços e insumos. É mensurada por meio de índices obtidos da razão entre uma determinada quantidade física de produção e o número de horas para realização do trabalho (OLIVEIRA, 1997).

O termo é definido também como a transformação dos recursos (entradas) por meio de um processo em produtos (saídas) (HEINECK; SANTOS, 2000; MAEDA;

SOUZA, 2000). Pode-se definir ainda como sendo a relação entre resultados obtidos e esforço despendido para executar um produto ou tarefa (MAEDA; SOUZA, 2000).

As medidas de produtividade são importantes para o gerenciamento dos processos da construção civil, porém o setor, pouco habituado à prática da medição, encontra-se carente de dados que possam fornecer informações quanto ao desempenho atual de suas empresas e orientar estratégias para a melhoria do desempenho global, e das atividades em particular (HEZEL; OLIVEIRA, 2001).

A importância de conhecer a produtividade de obras está nos seguintes fatores, conforme OLIVEIRA (1997):

- estimar os custos de projetos futuros, pois a medição da produtividade de obra passadas é provavelmente a melhor forma de estimar os custos de futuros projetos;
- determinar a produtividade é fundamentalmente para se ter parâmetros para planejar obras;
- levantar sistematicamente índices de produtividade é vital para programas de intervenção e melhoria dos processos produtivos.

Os índices de produtividade são utilizados para o controle de eficiência, por intermédio da comparação de valores referenciais (índices históricos do setor, históricos da empresa, e objetivos de projeto) (OLIVEIRA, 1997).

Na construção civil estes índices são medidos normalmente por homens-hora na execução de um serviço, como por exemplo homens-hora por m<sup>2</sup> de alvenaria, ou no produto como um todo, como por exemplo homens-hora por m<sup>2</sup> de obra.

Oliveira; Dall'Oglio e Martini (1998), por sua vez, acreditam que quando se fala em índice de produtividade, este se refere ao número de produtos produzidos em um determinado tempo por um operário. Um exemplo de obtenção de índices de produtividade na construção civil é a medição do número de metros quadrados de alvenaria, executado por um pedreiro em um determinado período:

$$\text{Índice de produtividade} = \frac{\text{quantidade executada}}{\text{número de horas}}$$

Souza e Araújo (2001) adotam um indicador denominado razão unitária de produção, para mensurar a produtividade da mão-de-obra, definido como:

$$RUP = \frac{Hh}{QS}$$

onde: RUP - razão unitária de produção;

Hh - mensuração do esforço humano despendido, em homens-hora, para a produção do serviço;

QS - quantidade de serviço.

Os mesmos autores definem certas regras para mensuração tanto das entradas como das saídas, além de definir o período de tempo a que se refere o levantamento feito. A razão unitária de produção é definida como: diária; cumulativa; e potencial.

A RUP diária é aquela obtida com base na avaliação diária da produtividade da mão-de-obra. Assim é que, ao final de cada dia de execução do serviço, se avalia os Hh utilizados e a quantidade de serviço produzida. A RUP cumulativa é calculada, a cada dia, a partir do acúmulo das quantidades de Hh e de serviço desde o primeiro dia de trabalho. Portanto, representa a eficiência acumulada ao longo de todo o período de execução do serviço, contemplando os melhores dias, mas também aqueles com baixa produtividade. A RUP potencial não se associa a cada dia de trabalho, e sim, é aquela que representa uma produtividade potencialmente alcançável desde que, mantido um certo conteúdo de trabalho, não se tenha problemas quanto à gestão do mesmo.

Segundo Souza (2000) a medição da produtividade da mão-de-obra deve ser feita de forma cuidadosa. No que se refere à equipe envolvida, deve-se atentar se esta é:

- equipe direta- operários envolvidos diretamente na atividade;
- equipe direta mais equipe de apoio – ajudantes;
- equipe global – inspetor.

Marchiori (1998) afirma que a maior dificuldade ao se estudar a produtividade é entender o contexto no qual ela foi obtida. As variabilidades nas taxas de produtividade são tidas como uma grande barreira para entender o desempenho da mão-de-obra e

principalmente para prever o desempenho futuro, ao mesmo tempo em que estas variabilidades retratam com fidelidade as turbulências da produção.

Os processos produtivos apresentam variabilidade. Nota-se que um processo não produz sempre os mesmos resultados, mesmo um processo automatizado possui oscilação inerente a ele (HEZEL; OLIVEIRA, 2001).

Normalmente a produtividade, devido à curva de aprendizagem, apresenta no início do serviço um resultado ligeiramente ineficiente e melhora com o tempo. No fim ocorre uma diminuição na produtividade, devido ao chamado efeito desmobilização (HEZEL; OLIVEIRA, 2001).

A produtividade está diretamente relacionada com todos os processos que envolvem o método construtivo. Aumentar a produtividade significa maior eficiência, produzindo mais com menos tempo, a partir dos processos disponíveis. (OLIVEIRA, 1998). Procura-se reduzir, desta forma, as perdas e conseqüentes desperdícios de materiais e mão-de-obra. Note-se que, ao lidar com os materiais, o termo produtividade é normalmente substituído pelo termo consumo (MAEDA e SOUZA, 2000).

Segundo os últimos autores, mais que permitir uma aferição dos valores adotados em orçamento, os estudos dos consumos de mão-de-obra e materiais deve permitir um entendimento dos motivos que levam às grandes variações de desempenho detectadas. Tal entendimento, além de contribuir de uma maneira geral para a melhoria da qualidade na construção, é sem dúvida relevante para a redução dos custos e para um mais apurado controle de execução do serviço.

### **2.5.1. Fatores que afetam a produtividade**

Segundo Picchi (1993), pode-se destacar os fatores que afetam a produtividade em:

- gerenciais: planejamento da obra, comunicação construtora-empregados, comunicação construtora-engenheiros, capacidades gerenciais;

- de trabalho e ambiente: supervisão, habilidade dos trabalhadores, disponibilidade de mão-de-obra, motivação dos trabalhadores, satisfação no trabalho, atitudes empregados-gerência, segurança no canteiro, disposições sindicais;
- de projeto: desenhos e especificações, tempo requerido para decisões, planejamento do proprietário, grau de dificuldade do projeto, nível tecnológico;
- relacionados aos recursos: disponibilidade de materiais, adequação de equipamentos, disponibilidade de ferramentas.

### **2.5.2. Efeito aprendizagem**

Quando um processo ou sistema é posto em prática pela primeira vez a produtividade é baixa. Há uma certa inércia num primeiro momento, o operário tem dificuldade em saber como o trabalho deve ser feito. Mas com o tempo ocorre uma aprendizagem do serviço, aumentando a produtividade. Este fenômeno é chamado de efeito aprendizagem. A repetição de uma tarefa, o treinamento e a aprendizagem na sua execução, enfim a experiência, conduzem a um melhor desempenho, ou seja, ao aumento da produtividade (HEINECK, 1991).

Uma vez estabilizado o processo produtivo por um seqüenciamento adequado e a diminuição da variabilidade no canteiro de obras pode-se tentar tirar partido do efeito aprendizado. Este é um dos efeitos mais marcantes em obras repetitivas, obtendo-se um aumento de produtividade à medida que mais e mais repetições vão sendo executadas (HEINECK; SANTOS, 2000).

Várias são as razões que explicam o aparecimento do fenômeno conhecido por efeito aprendizagem; tanto há um maior conhecimento pelo operário e gerência da tarefa a executar, como estes são envolvidos na busca de soluções, moldes, ferramentas, que visem otimizar a produção, há uma melhoria na coordenação das equipes, melhor gerenciamento e supervisão no dia-a-dia (THOMAS; MATHEWS; WARD, 1986).

Verifica-se que em geral o efeito aprendizagem só ocorre na presença de canteiros organizados, planejados, onde o ritmo de trabalho é comandado pelo operário (e não pela máquina ou ciclo de produção) e onde o operário esteja motivado, em geral recebendo complementação salarial em função do seu aumento de produtividade. Só se

observa o efeito aprendido se houver continuidade na execução das tarefas. Cada interrupção causa um desaprendizado, um retorno a um patamar de produtividade inferior. Desta maneira, surge a idéia do efeito continuidade (HEINECK, 1991).

### **2.5.3. Dificuldade em se comparar valores de produtividade**

Em seu trabalho Souza (2000) alerta sobre a dificuldade em se comparar valores de produtividade da mão-de-obra obtidos com diferentes regras para quantificação. Fazendo simulações sobre as diferentes formas de se quantificar a produtividade, o autor chegou as seguintes conclusões:

- a não padronização sobre a forma de mensurar entradas e saídas e sobre a que período a qual se refere à produtividade pode gerar números extremamente diferentes ao se avaliar uma mesma situação.

- de acordo com suas simulações o grau de divergência sobre os índices de produtividade pode chegar a 26100%, embora este seja raramente encontrado nos resultados apresentados por diferentes pesquisadores quando estão falando de uma mesma obra. Diferenças situadas na casa das centenas não são nada difíceis de serem encontradas.

Os trabalhos existentes sobre índices de produtividade no Brasil ainda são poucos. Entre os existentes nota-se diferenças enormes nos índices de produtividade em trabalhos que estudam um mesmo serviço. Parte dessa diferença ocorre devido à variação que ocorre na própria obra como:

- serviços realizados por diferentes operários;
- utilização de técnicas construtivas diferentes;
- presença de equipamentos e ferramentas;
- falta de materiais;
- quantidade de ajudantes (serventes) em obra;
- posição dos gerentes em relação à exigência de alta produtividade.

Tão importante quanto o valor numérico da produtividade de um operário, é a descrição das etapas do serviço que esta produtividade está representando. A especificação de um serviço, por exemplo, simplesmente como execução de alvenaria

estrutural com blocos de concreto de 14x19x39cm não especifica se o operário executou o grauteamento dos blocos ou se o mesmo realizou a marcação da alvenaria. A realização ou não destas etapas pelo operário torna o valor produtividade do mesmo muito menor.

Outra parte dessa variação ocorre devido a falta de padronização para a medição da produtividade. Na medição é necessário que se descreva detalhadamente em que ambiente, e quais as atividades inclusas no serviço médio, ou seja o fluxo do trabalho.

É diferente o observador medir a produtividade, por exemplo, de um pavimento de alvenaria estrutural considerando o número total de homens-hora para executar tal pavimento considerando trabalho sem andaime, trabalho com andaime, execução da última fiada com canaleta “J” e eventual grauteamento pelo próprio operário; de uma medição em que o observador verifica o serviço de duas ou três horas em alguns dias, verificando a metragem quadrada que tal operário executou durante tal intervalo de tempo. Este último geralmente dá produtividades maiores do que a real não sendo um valor confiável para a execução do planejamento de uma obra.

Em sua dissertação Ramos (2001) realizou um comparativo de produtividade entre blocos de concreto com módulo básico de 40cm e com 30cm. Para obtenção de seus dados o autor mediu a produtividade dos blocos com módulo de 40cm e 30cm em 8 edifícios, por meio do qual obteve a produtividade das equipes por pavimento realizado. A produtividade foi medida pelo número de horas que os operários levavam para executar um pavimento completo, descontando dias de chuva ou outros tipos de eventualidades. Segundo o autor esta é a forma correta de se medir produtividade, em que se deve acompanhar o serviço do início ao fim, pois medições esporádicas de produtividade podem alterar a realidade dos fatos.

## **2.6. Perdas**

Entende-se como perda toda falta de aproveitamento da potencialidade da construção para atingir custos menores e maior satisfação do cliente, englobando ainda, qualquer ineficiência que se reflita no uso de materiais, mão-de-obra e equipamentos em

quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. Neste caso, as perdas englobam tanto os desperdícios de materiais quanto à execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor (MUTTI et al., 1999; COSTA; FORMOSO, 1998).

Existem muitas divergências no setor da construção civil ao conceito de perdas, a forma de medi-las e a sua importância. Na verdade, recorre-se à classificação para identificar as perdas, determinando-se como e onde elas ocorrem, e à mensuração para saber onde se perde mais, isto é, para fixar sua importância (ISATTO et al., 2000; BRAGA; TRZESNIAK, 1999). +

Segundo Isatto et al. (2000) e Mutti et al. (1999) com frequência as perdas na construção civil são consideradas como sinônimo de entulho. No entanto, tal conceito nem sempre é adequado, as perdas estão relacionadas ao consumo de recursos de qualquer natureza, tais como materiais, mão-de-obra, equipamentos e capital, acima da quantidade mínima necessária para atender os requisitos dos clientes internos e externos.

As perdas devem ser diferenciadas em inevitáveis, evitáveis ou desperdícios (BRAGA; TRZESNIAK, 1999) pois, segundo Agopyan (2001) em toda obra onde é preciso fazer concretagem, montagem e construção *in loco*, surgem as perdas. De acordo com Braga e Trzesniak (1999) as perdas inevitáveis (ou intrínsecas) são devidas a fatores que fogem ao controle do responsável pela operação ou fase em que sua causa pode acontecer. Correspondem a perdas incontornáveis, ou, mais propriamente, a perdas tais que o custo para sua redução é maior do que o de permitir sua ocorrência. Por sua vez, as evitáveis ou desperdícios ficam caracterizadas na situação inversa, ou seja, quando os custos da ocorrência das perdas forem substancialmente superiores aos de sua prevenção.

O trabalho de um operário em obra reúne duas categorias de atividades: as que agregam valor; e as que não agregam valor, mas que são essenciais ao processo sem uma mudança de método de trabalho. A perda corresponde às atividades que não agregam valor, mas que podem ser eliminadas do processo. Estima-se que cerca de dois terços (67%) do tempo gasto pelos trabalhadores em um canteiro de obras estão nas

operações que não agregam valor, como transporte, espera de material, retrabalhos (ISATTO et al., 2000).

Tratando-se de materiais de construção, a medição, sempre fornecerá informações em quantidades, dando conta de quanto foi perdido em peças, quilogramas, litros, metros quadrados ou cúbicos. No entanto, conhecer a expressão percentual de perdas, assim definidas, nada permite concluir sobre sua importância, de vez que perder muito material de baixo custo (barato) pode ser muito menos significativo do que perder muito material de custo elevado (caro). Resultados expressos em quantidade, portanto, não possibilitam comparações nem mesmo quando relativos a itens de natureza similar como material, quanto mais quando se ampliam os conceitos de modo a englobar perdas de outras naturezas tais como as decorrentes de projetos inadequados ou de atrasos na comercialização (BRAGA; TRZESNIAK, 1999).

Os mesmos autores acreditam que embora se efetuem as medições em quantidade, o resultado final deve poder ser convertido em custo, permitindo estabelecer um critério claro para a importância da perda. Será mais importante aquela que implicar a maior perda em dinheiro.

O controle do desperdício dos materiais deve ser dado inicialmente aos materiais que possuem maior significância no seu custo e é claro que este controle deve ser economicamente viável. Ao analisar o custo de determinada perda de material deve-se também levar em conta o custo para retirar o entulho gerado por este material da obra.

Hoje o mais abrangente trabalho realizado na área de perdas é o trabalho coordenado pelo Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PCC-USP), em conjunto com outras instituições de ensino pelo Brasil. O projeto denomina-se Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra (AGOYPLAN, et al., 1998). Observa-se neste trabalho que a variabilidade dos dados medidos nas obras é enorme, tornando-se difícil comparar as perdas de uma obra específica com tais dados.

Há uma acentuada dispersão dos valores das perdas (por exemplo, o valor mínimo no caso da areia foi de 7% e o máximo de 311%); tal fenômeno pode ser explicado tanto

por uma efetiva variabilidade do desempenho em cada obra, quanto pelas imprecisões de tal tipo de indicador (SOUZA et al., 1998).

Conforme os autores anteriores, o cálculo do valor da perda carece de uma prévia definição de uma referência considerada de perda nula. Talvez resida aqui uma outra dificuldade em se uniformizar os diferentes números citados na bibliografia, já que diferentes pessoas adotam diferentes referências para representar o consumo mínimo necessário.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 Considerações iniciais**

Questiona-se a viabilidade econômica do processo construtivo em alvenaria estrutural em relação ao processo construtivo em concreto armado. Entre as obras em alvenaria estrutural, a indagação ocorre sobre qual tipo de unidade, a cerâmica ou a de concreto, produz resultados mais efetivos em termos de custos.

Em razão destes questionamentos é que se realizou a presente pesquisa, que teve por objetivo a comparação de custos entre edifícios executados em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos, em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e em alvenaria estrutural com blocos de concreto.

Como comentado anteriormente, geralmente trabalhos sobre a comparação de custos entre diferentes processos construtivos são dificultados devido ao setor não produzir um produto único e padronizado. Outro motivo que influi na qualidade dos trabalhos existentes a respeito de custos em obra, ocorre devido à carência de dados e informações que o setor possui. Sem medição não há indicadores, sem indicadores não se pode melhorar o processo ou até mesmo realizar algum tipo de comparação. Em obra isto conduz a decisões intuitivas sobre o valor dos custos, as quais nem sempre retratam a realidade.

A oportunidade de encontrar o mesmo projeto arquitetônico sendo construído com 3 processos construtivos, na mesma época, por duas empresas, em um mesmo tipo de plano de financiamento, leva à realização deste trabalho.

#### **3.2 O estudo de caso**

No trabalho realizou-se a comparação de custos entre um edifício executado em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos de 10x14x19 cm, em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos de 12x14x25 cm e em alvenaria estrutural com blocos de concreto de 14x19x39 cm.

Obteve-se os dados da pesquisa por meio de medições realizadas em obras para todos os processos construtivos estudados. Os edifícios localizam-se num mesmo bairro em terrenos vizinhos. E fazem parte do plano PAR (Programa de Arrendamento Residencial) da Caixa Econômica Federal, destinado às áreas metropolitanas, atendendo a famílias com renda de até seis salários mínimos. São unidades de até 20 mil reais, já incluso o terreno (equivalente a 111,11 salários mínimos, em julho de 2001 na data de início das obra).

Nas figuras 1 a 4, pode-se observar o padrão de acabamento destes edifícios. Pequenas alterações arquitetônicas na fachada dos prédios foram solicitadas pela Caixa Econômica Federal para que todos os edifícios não ficassem iguais.



**Figura 1: Residencial Nápoli – Obra concluída em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos**



**Figura 2: Residencial Veneza – Obra concluída em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos**



**Figura 2: Residencial Perugia – Obra concluída em alvenaria estrutural em blocos de concreto**



**Figura 4: Residencial Ipê – Obra concluída em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos**

No trabalho, todos os prédios analisados foram projetados pela mesma arquiteta e possuem a mesma tipologia arquitetônica. São prédios em forma de “H” com 4 pavimentos sem pilotis, 4 apartamentos por andar e cada apartamento com área aproximada de 46 m<sup>2</sup>.

Os edifícios foram executados por duas empresas. A empresa “A” executou doze edifícios em alvenaria estrutural em bloco cerâmico de 12x14x25 cm, destes 12 edifícios, 9 possuem pavimento tipo com 4 apartamentos por andar (figura 5) e 3 edifícios possuem pavimento tipo com 2 apartamentos por andar (meio bloco), sendo que todos possuíam 4 pavimentos. Estes edifícios foram realizados em três terrenos distintos e vizinhos. Em cada um destes três terrenos foram executados 3 edifícios com 4 apartamentos por andar e 1 com 2 apartamentos por andar (meio bloco), tal como mostrado no anexo B.



**Figura 5: Edifício em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos de 12x14x25 cm**

Além destes edifícios a empresa “A” executou mais 3 edificações em alvenaria estrutural com blocos de concreto de 14x19x39 cm, sendo 2 edifícios com pavimento tipo de 4 apartamentos por andar com 4 pavimentos e 1 edifício com pavimento tipo de 3 apartamento por andar e apenas este com 3 pavimentos. Na figura 6 pode ser visto a construção de um dos edifícios (vista lateral). Estes 3 edifícios foram realizados num mesmo terreno. O detalhe da implantação encontra-se no Anexo C. Observa-se que o tipo de implantação utilizado no anexo C é diferente do anexo B em virtude da máxima taxa de ocupação permitida pela prefeitura em função área do terreno.



**Figura 6: Edifício em alvenaria estrutura com blocos de concreto de 14x19x39 cm**

A empresa “B” executou 8 edifícios em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos 10x15x19 (popularmente denominado tijolo comum de seis furos), sendo que 6 edifícios possuem pavimento tipo com 4 apartamentos por andar, com 4 pavimentos e 2 edifícios possuem pavimento tipo com 2 apartamentos por andar (meio bloco), com 4 pavimentos. Observa-se a construção de um dos prédios na figura 7. Estes edifícios foram realizados em dois terrenos distintos e vizinhos. Em cada um destes dois terrenos foram executados 3 edifícios com 4 apartamentos por andar e um com 2 apartamentos por andar (meio bloco), tal como mostrado no anexo B.



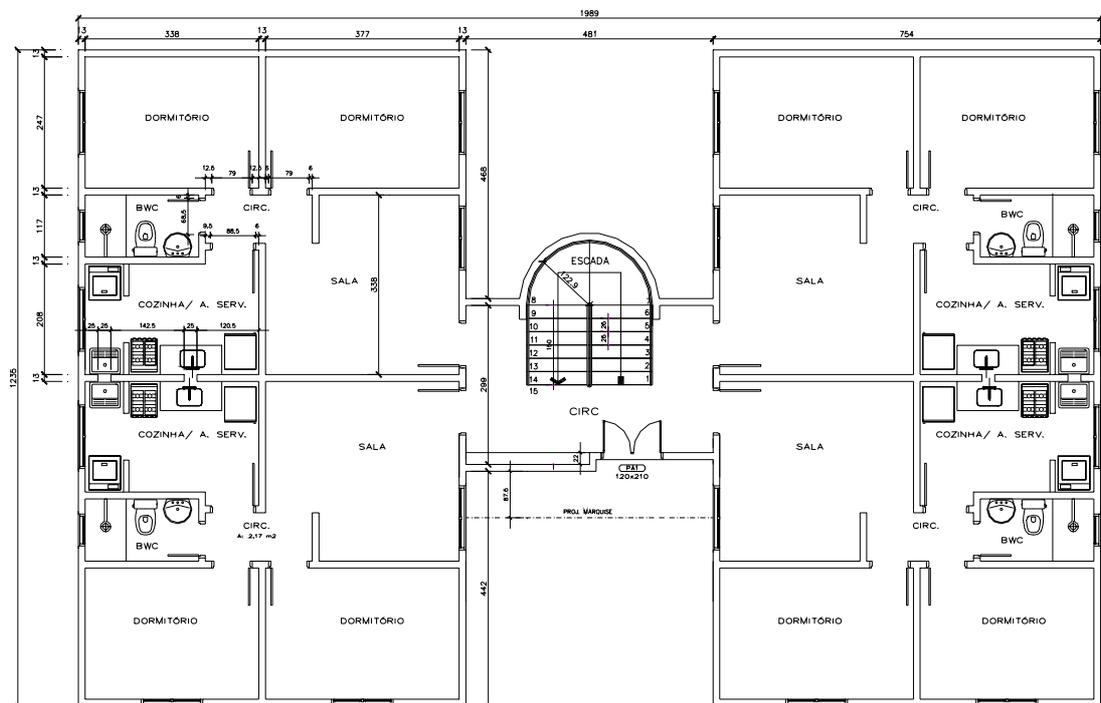
**Figura 7: Edifício em concreto armado**

No total foram executados 23 edifícios, sendo doze edifícios em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos de 12x14x25 cm em três terrenos distintos com implantação tipo do anexo B. Três edifícios em alvenaria estrutural com blocos de concreto de 14x19x39 cm em um terreno tal como implantação tipo do anexo C. E oito edifícios em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos em dois terrenos distintos com implantação tipo do anexo B. Todas as obras começaram no período de junho de 2001 com previsão de entrega em 12 meses em junho de 2002. O prazo de 12 meses foi estipulado pela Caixa Econômica Federal. Logo o tempo de execução para todos os empreendimentos era o mesmo, possuindo as empresas “A” e “B” cronogramas semelhantes.

O projeto arquitetônico inicial foi concebido para tipologia em alvenaria estrutural de bloco cerâmico com modulação de 29 cm, sendo posteriormente conformado para a de bloco de concreto de 39 cm e para a de bloco cerâmico de 25 cm para o caso das obra em alvenaria estrutural, com pequenas alterações nas dimensões dos cômodos para conseguir a melhor coordenação modular possível. As esquadrias das portas não possuíam dimensões proporcionais ao módulo do bloco, sendo realizado alguns ajustes na modulação. Observa-se na tabela 1 que ocorrem pequenas variações nas áreas dos projetos mostrados na figura 8 para uma melhor adaptação nas dimensões devido ao módulo do bloco.

**Tabela 1 : Área do pavimento tipo para os projetos arquitetônicos**

Obra	Área (m <sup>2</sup> )
Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos	204,50
Alvenaria estrutural em blocos de concreto	203,05
Concreto Armado	203,15



**Figura 8: Tipologia arquitetônica para todos os edifícios com 4 apartamentos por andar**

Os projetos estruturais da empresa “A” (alvenaria estrutural com bloco de concreto e cerâmico) foram realizados por um projetista, enquanto o cálculo estrutural do prédio em concreto armado executado pela empresa “B” foi realizado por um

segundo projetista. Sabe-se que projetos estruturais de diferentes calculistas podem apresentar diferenças significativas na concepção da estrutura projetada. Por isso, o mesmo escritório que havia calculado os prédios da empresa “A”, a pedido do autor recalculou o prédio em concreto armado realizado pela empresa “B” para futura comparação de resultados. Assim após as medições realizadas na empresa “B” e por meio dos índices obtidos nesta obra, é que se obteve o custo do prédio em concreto armado. Buscou-se com este procedimento eliminar mais uma variável, ou seja projetos executados por diferentes calculistas.

No trabalho buscou-se eliminar algumas variáveis que tornariam a comparação de custos entre estas estruturas mais difíceis. Como resultado, obteve-se para o desenvolvimento do trabalho, empreendimentos com as seguintes características:

- projetos arquitetônicos idênticos;
- projeto estrutural executado pelo mesmo projetista;
- obras realizadas numa mesma época, com cronogramas semelhantes;
- prazo de execução da obra de 12 meses para todos os empreendimentos;
- padrão de acabamentos iguais – todas obras do plano PAR Caixa Econômica Federal;
- época sem inflação (variação de preços insignificante);
- obras vizinhas numa mesma bairro;
- mão-de-obra semelhante da mesma cidade.

### **3.3 Limitações do trabalho**

Quando se quer conhecer o desempenho real de um processo é necessário primeiramente medi-lo. Para obter o custo real dos serviços realizados em obra é necessário que se meça o custo dos materiais, dos equipamentos e da mão-de-obra envolvida em tal processo. Segundo Wendler (1999), há diferenças significativas entre o custo de orçamento e o custo apropriado na obra que inclui de uma maneira mais realista uma série de fatores eventuais que no orçamento só é possível colocar como previsão.

No trabalho avaliaram-se somente os custos diretos da construção. Entende-se aqui por custos diretos, os custos de produção que se referem aos materiais, aos

equipamentos e mão-de-obra (inclusive as leis sociais) diretamente aplicados nos serviços.

A diferença entre o custo dos projetos para o processo construtivo em alvenaria estrutural e para o concreto armado são insignificantes em relação ao custo das obras analisadas, já que no caso são edificações repetitivas. Esta diferença é menor do que 0,3% do custo final do empreendimento. O custo dos projetos, portanto, foi desconsiderado no trabalho.

O tempo de execução das obras é igual para todos os empreendimentos, devido as condições impostas pela Caixa Econômica Federal. Os custos indiretos envolvidos na administração dos negócios das empresas executantes (administração central, administração local, encargos fiscais da obra e outros) não são influenciados pelo processo construtivo neste caso, logo não foram avaliados neste trabalho.

O custo da infraestrutura do empreendimento tal como, muros, pavimentações, paisagismo, central de gás, entre outros; e dos equipamentos comunitários, tal como salão de festas e quadra de futebol não são influenciados pelo processo construtivo. Sendo iguais em todos os empreendimentos, não serão considerados no trabalho.

Apenas os serviços que apresentaram diferença de custo na obra em virtude da utilização dos diferentes processos construtivos avaliados neste trabalho foram comparados. O custo dos serviços não medidos foram obtidos pelo orçamento inicial da obra. É caso por exemplo dos serviços de revestimento cerâmico e cobertura, que não são influenciados pelo processo construtivo. Com tais dados, tem-se ao final do trabalho, o intuito de determinar o custo total dos edificios analisados.

No trabalho foram medidos os seguintes serviços: fundações, infraestrutura, supraestrutura, paredes, revestimento interno e revestimento externo. Apesar de possuírem diferença, não foi possível medir a diferença de custos referente a mão-de-obra do electricista, do encanador e dos insumos nos serviços de instalação elétrica e instalação hidráulica, sendo estes considerados iguais nos processos construtivos analisados no estudo. Entretanto, o acréscimo de custo gerado pela perda de material, tal como argamassa e blocos cerâmicos nos rasgos executados em obra para a passagem

das tubulações e o acréscimo de horas-homem de servente para fazer a limpeza do local de trabalho estão computados nos custos medidos neste trabalho.

A comparação dos dados será executada por serviços e posteriormente de forma global para o custo de um edifício ao final do trabalho.

### **3.4 Método de custeio**

Utilizou-se para a medição dos custos o método do custo padrão. Este método está fundamentado na identificação de variações negativas entre os custos orçados e os custos reais. Este método foi concebido para orientar o processo de detecção de desvios e visava, basicamente, estabelecer medidas de comparações tais como padrões, com base em atributos diretamente relacionados com a quantidade de produção como horas de mão-de-obra, horas-máquina e outros. A instalação de um sistema de custeio mais detalhado só se justifica se as informações geradas fossem realmente utilizadas para a intervenção no processo.

Como visto na revisão bibliográfica autores como Marchesan (2001) e Goulart (2000) consideram o custeio baseado em atividades o método mais moderno para medição do custo. O custeio ABC apresenta algumas dificuldades para sua implementação. O método exige um volume de dados muito maior do que os sistemas tradicionais.

Como o objetivo do trabalho é apenas medir o desempenho atual dos processos e não de identificar o custo das atividades nos serviços, conseqüentemente identificando as atividade que não agregam valor, não se optou por utilizar tal método de custeio.

### **3.5 A avaliação dos dados**

No trabalho optou-se por avaliar os custos dos materiais e equipamentos separados do custo da mão-de-obra. O custo dos materiais e equipamentos utilizados nas obras foram obtidos a partir dos custos médios dos mesmos no período do trabalho. Obteve-se os quantitativos destes insumos por meio de medições realizadas em obra e

pelas notas de compra. Alguns dados de insumos, tal como o volume de concreto utilizado eram obtidos diretamente por meio das notas de compra. Já dados como o volume de argamassa utilizado para o revestimento interno ou externo, tinham de ser medidos em obra. Já que o mesmo insumo era utilizado para serviços diferentes e com os valores das notas, podia-se ter apenas o volume total de um insumo e não o seu consumo por serviço.

Ressalta-se que a maioria dos custos dos insumos permaneceram estáveis no período do trabalho. Os insumos que variaram de preço neste período tiveram alterações insignificantes.

Avaliou-se o custo da mão-de-obra dos oficiais e dos ajudantes em função de sua produtividade. Mediu-se um valor de produtividade para os serviços analisados e com estes índices calculou-se a quantidade total de homens-hora necessária para a execução de um edifício de 4 pavimentos com 4 apartamentos por andar. No cálculo do custo da hora-homem trabalhada utilizou-se a média salarial da categoria convertida em salário/hora, com leis sociais. Estes números foram obtidos a partir dos dados fornecidos na Revista Construção Mercado (REVISTA, 2002) para a região do estado do Paraná. Por exemplo, o salário/hora para um pedreiro para a região de Curitiba é de R\$ 2,27 / hora (neste valor não estão computados as taxas de leis sociais e riscos de trabalho).

Utilizou-se, tal metodologia para a avaliação dos custos da mão-de-obra, devido a dificuldade de se medir este custo por meio dos valores gastos pelas empresas. Nem sempre o valor pago a um operário é função de sua produtividade. Podem também haver variações significativas no custo de um operário por um mesmo serviço executado por diferentes empresas. Os encargos sociais nem sempre são contabilizados nestes custos e podem não ser iguais.

Não foi realizada uma composição completa de custos (mão-de-obra, insumos e equipamentos) por serviço. O custo da mão-de-obra foi separada do custo dos materiais e dos equipamentos em função da dificuldade de alocação do custo dos ajudantes nos serviços. É difícil em obra medir o custo que um ajudante representa para cada serviço, já que geralmente o mesmo executa várias funções durante o andamento da obra. O

custo da mão-de-obra do oficial foi avaliada por serviço. O custo da mão-de-obra do ajudante foi obtida de forma global para toda a obra no período estudado.

### **3.6 Produtividade da mão-de-obra**

A medição de produtividade é ferramenta essencial para a análise da mão-de-obra. A transformação dos recursos (entradas) por meio de um processo em produtos (saídas) define produtividade.

Na bibliografia pesquisada, observou-se que os trabalhos existentes sobre produtividade apresentam grande variabilidade nos índices para um mesmo serviço e muitas vezes o contexto em que se mediu a produtividade não é abordado. Souza (2000) afirma que tal grau de variação quanto aos dados, torna difícil tecer avaliações comparativamente entre produtividades de diferentes trabalhos.

Torna-se difícil comparar os dados de trabalhos anteriores sobre produtividade com os valores obtidos nas obras estudadas neste trabalho, devido a grande variabilidade nos números de produtividade que existe nas publicações brasileiras. Há dois fatores que conduzem a esta variabilidade: a própria variabilidade que ocorre na produção dos serviços realizados por diferentes operários e a falta de um padrão de medição nos trabalhos anteriores sobre os números da produtividade. Devido ao exposto não serão feitas comparações das produtividades obtidas em obra com trabalhos anteriores.

No caso de obras repetitivas, como é o caso deste estudo, a repetição de uma tarefa, o treinamento, e aprendizagem na sua execução enfim a experiência, conduzem a um melhor desempenho, ou seja, em aumento da produtividade.

### **3.7 Perdas**

Os poucos trabalhos existentes em publicações brasileiras referem-se apenas a perdas materiais. Observando-se na literatura pesquisada que há considerável dispersão dos valores das perdas. Tal fenômeno pode ser explicado tanto por uma efetiva

variabilidade do desempenho em cada obra, quanto pelas imprecisões de tal tipo de indicador.

Devido a falta de bibliografia e as divergências quanto ao conceito de perda não há como avaliar a eficiência dos processos construtivos analisados neste trabalho, entende-se aqui que a perda está relacionadas aos recursos materiais, humanos, energéticos, financeiros e temporais.

Considerar-se-á que as perdas estarão inclusas em cada processo construtivo, não sendo objetivo compará-las com outros trabalhos. Em alguns serviços para a melhor compreensão dos custos medidos será referenciado o valor da perda material, como é o caso da estaca pré-moldada onde tem-se os metro de estacas comprada e os metros de estacas cravadas. A diferença entre estes itens pode ser considerada como perda. Os cálculos são demonstrados no item 4.

### **3.8 A coleta de dados**

A coleta de dados foi realizada pelo autor no período de seis meses, (julho de 2001 a dezembro de 2001), nos canteiros de obras. O mesmo recebeu a ajuda de um técnico e de um engenheiro da empresa “A” e dos almoxarifes das empresas “A” e “B” e de um engenheiro da empresa “B”.

Em todas as medições realizadas em obra, o autor teve que se adaptar a rotina das empresas e conseqüentemente encontrar uma forma de medir os insumos, a produtividade e o custo dos equipamentos de uma maneira que não prejudicasse o andamento das obras. Uma das maneiras, foi a de adaptar a rotina do almoxarife para que o mesmo pudesse controlar a obra e ao mesmo tempo realizar as medições necessárias ao trabalho. Por exemplo para a medição do serviço de alvenaria utilizava-se uma planilha, tal como na figura 9. Em uma mesma planilha o almoxarife controlava a produtividade diária da mão-de-obra e o consumo diária da argamassa utilizada para este serviço, já que (no caso das obra em alvenaria estrutural) a argamassa utilizada neste serviço era fornecida em sacos de 50kg. Assim, podia-se controlar quantos sacos de argamassa eram gastos por pavimento executado.

A medição de produtividade está baseada na unidade de produção. Dependendo do serviço medido esta unidade de produção poderia ser o apartamento, o pavimento entre outros. O autor considera este tipo de medição que contempla o começo, meio e fim de uma atividade produtiva a forma mais correta de se medir produtividade. Junto aos resultados descreve-se qual unidade de produção utilizada para a medição de cada serviço. Por exemplo para o serviço de alvenaria a unidade de produção foi um pavimento, para o serviço de revestimento externo a unidade de produção foi um edifício.

Medições de produtividade por pequenas amostragens do trabalho em que o pesquisador observa o operário por pequenos intervalos de tempo, podem não representar a realidade vivenciada em obra. O operário sendo observado tende a aumentar a sua produtividade e dependendo em que situação realiza-se a medição de produtividade, obtém-se valores muito diferentes. Por exemplo, a medição de produtividade no revestimento interno nas paredes da sala são diferentes das paredes do banheiro e cozinha onde há requadros e o pano horizontal é menor. A medição da produtividade da alvenaria em obras de alvenaria estrutural da terceira à sexta fiada onde o operário trabalha sem andaime, é diferente da produtividade da 13ª fiada onde o operário executa a fiada das canaletas “J”.

O custo dos equipamentos utilizados em obra foram calculados proporcionalmente ao custo que determinado equipamento representou para um edifício em um canteiro de tipo do Anexo B. O custo dos equipamentos era geralmente determinado por meio seu custo durante o período da obra dividido pelo número de edifícios executados. Às vezes, é difícil dividir o custo de um equipamento pelos serviços que o mesmo executou, não se sabe o tempo exato de utilização em cada serviço. Neste caso seu valor é estimado pelo autor. Como o objetivo do trabalho foi medir o custo final dos empreendimentos, esta estimativa de custo por serviço parece adequada.

<b>LEVANTAMENTO DE DADOS PARA VERIFICAÇÃO DE PRODUTIVIDADE EXECUÇÃO DE ALVENARIA</b>					
<b>DADOS DA OBRA</b>					
OBRA:		NÁPOLI		BLOCO: C	
ÁREA DE ALVENARIA:				PAVIMENTO: 1º	
Membros da Equipe: ANTÔNIO, GABRIEL, SORRISO, VITORINO					
<b>Data</b>	<b>Nº de operários</b>	<b>Horas</b>	<b>Total homens-horas</b>	<b>Obs</b>	<b>Consumo de argamassa Saco 50 kg</b>
27/08/01	02	08	16		08
28/08/01	04	08	32		15
29/08/01	04	08	32		16
30/08/01	04	08	32		19
31/08/01	04	08	32		18
01/09/01	04	08	32		20
03/09/01	04	08	32		15
04/09/01	04	08	32		20
05/09/01	04	08	32		23
06/09/01	04	08	32		10
					164 sacos
<b>TOTAL</b>			<b>304</b>		<b>8200 kg</b>

**Figura 9: Exemplo das planilhas utilizadas em obra para a medição do consumo de argamassa e da produtividade para o serviço de alvenaria nas obras em alvenaria estrutural**

A medição dos insumos em obra ocorreram de diferentes formas dependendo do tipo de insumo e da obra analisada. Parte das medições realizadas em obra foram feitas pelo autor e parte feita pelo almoxarife da obra. Nas obras em alvenaria estrutural podia-se ter um controle maior dos insumos devido à maneira como os mesmos eram fornecidos na obra. Por exemplo, os blocos vinham paletizados, a argamassa vinha ensacada ou em silo.

Na obra em concreto armado geralmente os insumos eram medidos e comparados com as notas de compra ou simplesmente obtidos pelas notas de compra, tal como o volume de concreto utilizado nas obras. Por exemplo, a argamassa utilizada na obra no revestimento interno foi medida por meio das espessuras de revestimento e depois o somatório de toda a argamassa comprada na obra nos serviços de revestimento interno, revestimento externo e alvenaria foram comparados com o volume total de argamassa comprada.

Optou-se por descrever detalhadamente a metodologia utilizada para a medição dos insumos para cada serviço junto aos seus resultados. Assim será facilitado o entendimento dos procedimentos utilizados nas medições.

## **4. RESULTADOS**

O ambiente que se encontram as obras é um fator de grande importância para a obtenção dos resultados deste trabalho. A pesquisa é um estudo de caso múltiplo, sendo que os resultados apresentados, portanto, representam a realidade vivenciada em um tipo de obra, com um tipo de gerência em uma determinada época de estudo, na cidade de Curitiba, Paraná.

### **4.1 Características das obras**

A descrição das características das obras é fundamental para a compreensão do consumo dos materiais, equipamentos e de mão-de-obra. Nos parágrafos seguintes encontra-se descritas algumas particularidades das obras, junto aos resultados de materiais e equipamentos, e mão-de-obra estão descritas as características de cada serviço.

No projeto estrutural da obra em concreto armado, as vigas das paredes externas do prédio possuíam nível inferior de 2,2 m não havendo necessidade de execução de vergas nas janelas.

Apesar da mão-de-obra da empresa “A” que executou as obras em alvenaria estrutural já ter experiência com o processo construtivo, era a primeira vez que a mesma trabalhava com escantilhão, régua prumo e nível, nível alemão entre outros equipamentos que propiciavam maior precisão dimensional no serviço de alvenaria.

Em relação a gerência, a empresa “B” que executou a obra em concreto armado possuía três engenheiros fiscalizando os oito prédios executados, enquanto a empresa “A” possuía um engenheiro e um consultor para fiscalizar seus quinze prédios executados.

## 4.2 A comparação de custos

No período de estudo, observou-se e mediu-se os serviços que possuíam diferença de custo em função dos diferentes processos construtivos utilizados. Para o trabalho foram medidos os seguintes serviços:

- a) Fundação:
  - a1) estacas;
  - a2) baldrame e blocos de fundação;
- b) Supraestrutura:
  - b1) piso;
  - b2) laje, viga, pilar e escada;
- c) Paredes de alvenaria;
- d) Revestimento interno;
- e) Revestimento externo.

Os demais serviços são iguais para todos os processo construtivos analisados, tal como os serviços de cobertura, revestimento cerâmico, pintura, entre outros que independem do processo construtivo utilizado.

Como comentado na metodologia os serviços de instalação hidráulica, elétrica e telefônica não puderam ser computados neste trabalho, sendo seus custos obtidos por meio do orçamento inicial da obra e considerado igual para todos os processos.

Obteve-se o custo dos serviços não medidos por meio do orçamento inicial da obra (realizado pela empresa “A”), tal como no anexo D. Estes valores serão utilizados ao final do trabalho na avaliação da economia que um processo representou em relação aos demais para o custo de um edifício.

Observou-se no trabalho que o serviço de piso na supraestrutura independe do processo construtivo utilizado. Como no orçamento inicial da obra realizado pela empresa “A” todos os itens da supraestrutura foram orçados juntos, foi necessário no trabalho medir o custo do piso para determinar o valor total da supraestrutura em obra.

Todos os custos apresentados neste trabalho são referentes aos custos medidos em obra para um edifício tipo com quatro pavimentos e quatro apartamentos por andar, como o mostrado na metodologia. No trabalho este prédio é referido como prédio tipo inteiro. O prédio com dois apartamentos por andar com quatro andares é chamado como meio bloco.

Avaliou-se os custos de um prédio para uma implantação tipo - anexo B. O detalhe de implantação do empreendimento deve ser levado em conta na análise de custos, já que o número de unidades construídas e a disposição das mesmas no terreno influenciam diretamente no custo da obra, tal como no transporte interno de materiais, no custo das formas e dos equipamentos, já que seu reaproveitamento não será o mesmo. Este reaproveitamento dependerá do número de unidades construídas. Por exemplo o máximo reaproveitamento das formas da laje para somente um prédio de 4 pavimentos será de 4 vezes, já para um conjunto maior de prédios estes reaproveitamentos poderão ser maiores.

Em todos os itens estudados, houve a preocupação do autor em descrever detalhadamente os procedimentos dos serviços e as condições em obra em que os mesmos foram realizados. Estas condições influem diretamente nas perdas e na produtividade em obra.

Junto aos serviços medidos são fornecidos índices como consumo de material por área construída, área de formas, área de revestimento interno, entre outros, que serão detalhados a seguir em cada serviço, para que a compreensão e uma eventual simulação dos dados sejam facilitadas.

A fim de facilitar a apresentação e o estabelecimento dos dados, serão utilizadas 3 siglas:

- **CACE** – edifício tipo inteiro (quatro pavimentos e quatro apartamentos por andar) realizado em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos 10x15x19 cm (popularmente chamado de tijolo de seis furos);

- **AECO** – edifício tipo inteiro realizado em alvenaria estrutural com blocos de concreto de 14x19x39 cm;

- **AECE** – edifício tipo inteiro em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos de 12x14x25 cm.

No trabalho a avaliação dos custos foi dividida em dois grupos: um grupo para materiais e equipamentos e outro para a mão-de-obra. Os custos serão discriminados e comparados por serviço. Ao final do trabalho será realizada a somatória dos custos de todos os serviços medidos com o custo dos serviços não medidos (obtidos pelo orçamento inicial da obra - anexo D) para obtenção do custo final de um prédio para cada tipo de processo construtivo analisado.

### **4.3 Resultados obtidos para materiais e equipamentos**

#### **4.3.1 FUNDAÇÃO**

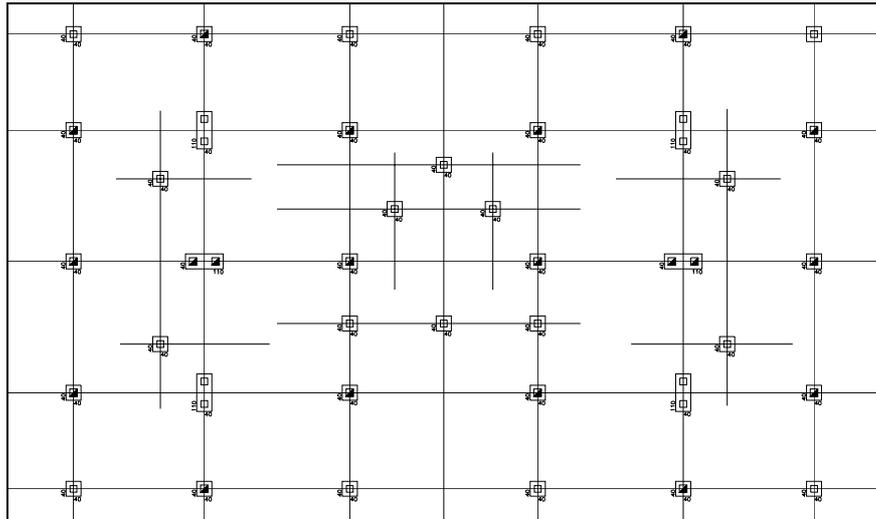
##### **4.3.1.1 – Estacas**

A partir do memorial de cálculo para as cargas de fundação fornecida pelo projetista para todos os projetos, pôde-se obter uma relação entre o peso da estrutura e a área construída para os diferentes processos construtivos para um edifício tipo de 4 apartamentos por andar com 4 andares, conforme tabela 2.

**Tabela 2 : Relação entre o peso da estrutura e a área construída**

Obra	Toneladas	t/m <sup>2</sup>
AECE	987,43	<b>4,86</b>
AECO	1.025,79	<b>5,05</b>
CACE	967,64	<b>4,76</b>

Apesar dos terrenos serem próximo, apenas o terreno para a obra em AECO permitiu o uso da fundação com estaca escavada, enquanto todas as demais foram executadas com estacas pré-moldadas. Como o objetivo do estudo é comparar os processos construtivos e compará-los com diferentes tipos de fundações acarretaria em errôneas apropriações, adotou-se somente um tipo de fundação para todas as obras, no caso a estaca pré-moldada. A locação dos pontos de carga para todas as obras seguem a tipologia da figura 10.



**Figura 10: Localização dos pontos de carga para todas as obras**

Obteve-se os seguintes índices nas medições para um bloco tipo AECE:

- número de estacas no projeto = 45 unid;
- profundidade média das estacas cravadas = 11,78m;
- metros de estacas comprados = 580,0m;
- metros de estacas cravadas = 530,0m;
- percentagem de perdas entre estacas compradas e cravadas = 8,62%.

Na figura 11 pode-se observar a cravação das estacas pré-moldadas na obra AECE.



**Figura 11: Cravação das estacas pré-moldadas na obra AECE**

O custo para a fundação de um edifício para AECE encontra-se na tabela 3. O custo da mobilização do bate-estaca refere-se ao seu custo proporcional para um edifício conforme esquema de implantação no anexo B. O custo da mão-de-obra está incluso no custo de cravação.

**Tabela 3 : Custo da estaca para um edifício AECE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. Material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
Estaca pré-moldada 18x18	m	325,00	11,90	3.867,50	36,25%
Estaca pré-moldada 20x20	m	255,00	13,75	3.506,25	32,87%
Custo da cravação	m	530,00	6,00	3.180,00	29,81%
Mobilização do equipamento	un	1,00	114,28	114,28	1,07%
<b>TOTAL</b>				<b>10.668,03</b>	<b>100,00%</b>

Para que não ocorressem distorções nos custos devido a aproximações das cargas de projeto a capacidade de carga de cada estaca, calculou-se o custo das fundações em função da relação entre o peso da estrutura e a área construída conforme tabela 2. Mediu-se os custos da fundação da obra AECE e os custos das fundações das obras AECO e CACE foram calculados proporcionalmente a relação entre o peso da estrutura e a área construída (tabela 4). Neste caso, somente o custo das estacas tiveram seus valores alterados, os custos da cravação e da mobilização são os mesmos.

**Tabela 4: Custo da fundação em estacas pré-moldadas para as obras estudadas**

Obra	Custo R\$
AECE	<b>10.668,03</b>
AECO	<b>10.956,30</b>
CACE	<b>10.516,31</b>

#### 4.3.1.2 Baldrame e blocos de fundação

O baldrame e os blocos de fundação foram analisados de forma conjunta já que estes serviços são executados numa etapa só. Nas obras em que se utilizou estaca pré-moldada, este tipo de fundação profunda traz certa desvantagem para o processo construtivo em alvenaria estrutural em relação ao processo em concreto armado com relação as dimensões do baldrame, já que na alvenaria estrutural a transição das cargas distribuídas para cargas pontuais para a fundação ocorre por meio do baldrame, enquanto o concreto armado aproveita seu potencial de transmitir suas cargas

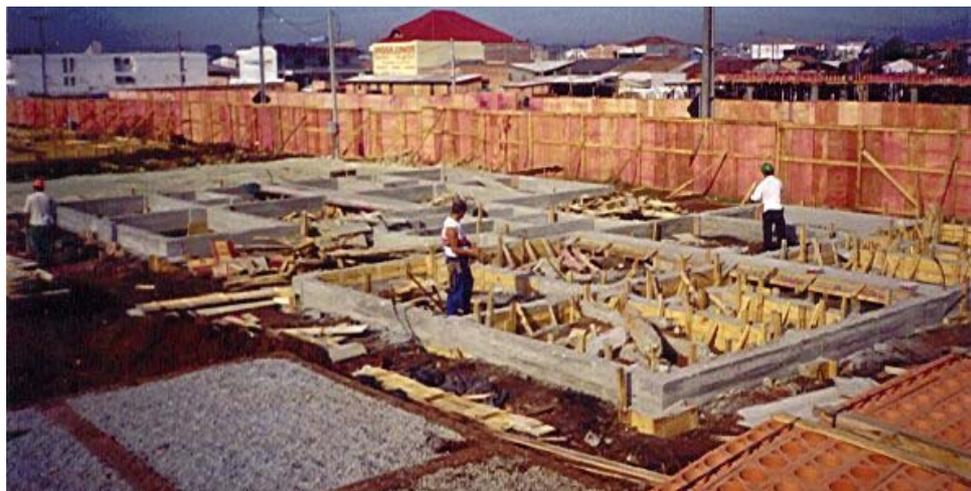
pontuais direto para a fundação. Quando se utiliza sapata corrida, as cargas distribuídas da alvenaria estrutural permanecem distribuídas e são transmitidas direto para as fundações.

Usando os valores de projeto pode-se observar na tabela 5 a diferença em relação aos insumos do baldrame que os diferentes processos construtivos proporcionam. Observou-se uma redução de aproximadamente 30% no volume de concreto e de aproximadamente 67% no volume de aço, comparando-se as obra em concreto armado com a obra em alvenaria estrutural.

**Tabela 5: Valores de projeto para o baldrame**

SERVIÇO	Concreto (m³)	Aço (kg)	Formas (m²)
Baldrame AECE	16,20	2.400,20	198,74
Baldrame AECO	15,94	2.238,50	200,22
Baldrame CACE	11,37	791,40	162,79

Todo o aço comprado para os baldrame e para os blocos de coroamento de todas as obras foram adquiridos cortados e dobrados. O valor deste serviço de corte e dobra é cobrado por quilo a um custo de R\$ 0,16 / kg, considerando-se então perda nula para o aço. Pode-se observar na figura 12 o baldrame sendo executado na obra AECE.



**Figura 12: Baldrame em execução - obra AECE**

Todas as obras analisadas utilizaram o mesmo tipo de formas para a execução dos baldrame. Optou-se por medir detalhadamente o custo das formas para a obra AECO e a partir deste valor determinar o custo/m² para as formas do baldrame. Este

mesmo índice foi utilizado para o cálculo do custo do baldrame das outras obra em função dos valores de projeto. Ressalta-se que no cálculo do custo/m<sup>2</sup> já estão inclusas eventuais perdas ocorridas em obra.

No baldrame e nos blocos não consegue-se reaproveitar todas as formas, várias peças são repostas devido à desforma. Obteve-se em obra um reaproveitamento médio de duas vezes nas formas de baldrame. Este reaproveitamento refere-se apenas a tábua, ao vigote, a ripa e ao compensado, os demais insumos permanecem constantes. Utilizava-se em médio um jogo de formas para dois baldrame.

Na tabela 6 é apresentado o custo das formas para um baldrame para a obra AECE. Neste custo já está contabilizado o reaproveitamento das formas obtidos em obra.

**Tabela 6: Custo das formas para o baldrame e blocos de coroamento de um bloco para obra AECE**

FORMAS	Unid.	Valor medido	Unit.material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc. (%)
Tábua mad. Pinus 1"x10"x2,5m	m	519,05	0,86	446,38	54,35%
Vigote para travamento	m	218,46	0,69	150,73	18,35%
Ripa	m	476,53	0,26	123,90	15,08%
Compensado 1cm 220x110	un	3,26	9,90	32,23	3,92%
Pregos 17x25	Kg	15,00	1,49	22,35	2,72%
Pregos 18x36	kg	4,00	1,38	5,52	0,67%
Impermeabilizante vitcote asfáltico	l	30,19	1,09	32,76	3,99%
Espaçador	un	150,00	0,05	7,50	0,91%
<b>TOTAL</b>				<b>821,38</b>	<b>100,00%</b>

Por meio do custo total das formas para o baldrame e os blocos da obra AECE dividido pela área de formas do projeto de 238,77 m<sup>2</sup>, obteve-se um custo por m<sup>2</sup> de forma igual a R\$ 3,44/m<sup>2</sup>.

As planilhas abaixo retratam os valores obtidos em obra para os diferentes processos construtivos. Referem-se aos valores dos baldrame e dos blocos de coroamento, incluindo-se eventuais perdas ocorridas em obra.

#### 4.3.2.1.1 Baldrame e blocos para obra AECE

O consumo de concreto nos baldrame e nos blocos para a obra AECE foi obtido pela média dos volumes utilizados nos 7 blocos inteiros realizados pela construtora “A”. Obteve-se uma perda de 9% para o volume de concreto comprado em relação aos valores de projeto. O custo de materiais no serviço de baldrame para a obra AECE encontra-se na tabela 7.

**Tabela 7: Custo do baldrame e dos blocos de coroamento para obra AECE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
<b>CONCRETO</b>					
Baldrame concret fck=18MPa	m3	22,15	127,43	2.822,57	42,53%
Bomba	m3	22,15	11,65	258,05	3,89%
<b>AÇO blocos</b>					
CA 50 8,0mm	Kg	166,40	0,96	159,74	2,41%
CA 50 10mm	Kg	72,50	0,91	65,98	0,99%
CA 50 12,5mm	Kg	37,20	0,81	30,13	0,45%
<b>AÇO baldrame</b>					
CA 50 6,3mm	Kg	107,90	1,05	113,30	1,71%
CA 50 8,0mm	Kg	509,90	0,96	489,50	7,38%
CA 50 10mm	Kg	27,50	0,91	25,03	0,38%
CA 50 12,5mm	Kg	248,60	0,81	201,37	3,03%
CA 50 16,0mm	Kg	1.128,50	0,81	914,09	13,77%
CA 50 20,0mm	Kg	374,50	0,81	303,35	4,57%
CA 60 5,0mm	Kg	3,30	1,05	3,47	0,05%
Serviço de corte e dobra	Kg	2.676,30	0,16	428,21	6,45%
<b>FORMAS</b>					
Área de formas - projeto	m <sup>2</sup>	238,77	3,44	821,37	12,38%
<b>TOTAL</b>				<b>6.636,13</b>	<b>100,00%</b>

#### 4.3.2.1.2 Baldrame e blocos para obra AECO

O projeto inicial da obra AECO foi concebido para estaca escavada. Os blocos de coroamento possuem maiores dimensões do que os blocos de coroamento para estacas pré-moldadas. Adotou-se neste caso o valor dos blocos de coroamentos do projeto de AECE. Sabendo-se que a diferença entre os blocos de coroamento entre as duas obras representa uma alteração insignificante no valor final do mesmo, o valor do baldrame para a obra AECO permaneceu o mesmo. Os custos dos blocos de coroamento e do baldrame para a obra em AECO encontram-se na tabela 8.

**Tabela 8: Custo do baldrame e dos blocos de coroamento para obra AECO**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$f)	Inc (%)
<b>CONCRETO</b>					
Baldrame concret fck=18MPa	m3	21,90	127,43	2.790,72	43,33%
Bomba	m3	21,90	11,65	255,14	3,96%
<b>AÇO blocos</b>					
CA 50 8,0mm	Kg	166,40	0,96	159,74	2,48%
CA 50 10mm	Kg	72,50	0,91	65,98	1,02%
CA 50 12,5mm	Kg	37,20	0,81	30,13	0,47%
<b>AÇO baldrame</b>					
CA 50 6,3mm	Kg	130,80	1,05	137,34	2,13%
CA 50 8,0mm	Kg	409,50	0,96	393,12	6,10%
CA 50 10mm	Kg	28,60	0,91	26,03	0,40%
CA 50 12,5mm	Kg	156,10	0,81	126,44	1,96%
CA 50 16,0mm	Kg	1.397,20	0,81	1.131,73	17,57%
CA 50 20,0mm	Kg	105,70	0,81	85,62	1,33%
CA 60 5,0mm	Kg	10,60	1,05	11,13	0,17%
Serviço de corte e dobra	Kg	2.514,60	0,16	402,34	6,25%
<b>FORMAS</b>					
Área de formas - projeto	m <sup>2</sup>	239,94	3,44	825,39	12,82%
<b>TOTAL</b>				<b>6.440,84</b>	<b>100,00%</b>

Obteve-se perda de 9% no volume de concreto comprado na AECO, igual a perda da obra AECE. O volume de concreto para obra em AECO foi medido por meio da média dos pedidos para os dois prédios tipo inteiro da obra em AECO.

#### 4.3.2.1.3 Baldrame e blocos para obra CACE

Por meio da média dos volumes de concreto pedidos em obra e volume de projeto, para a obra CACE obteve-se uma perda de 14% no volume de concreto em relação ao volume de projeto. Talvez tal diferença da perda de concreto em relação à obra em alvenaria estrutural deva-se a maior cobrança na precisão dimensional na execução das formas que ocorre em obra no caso do processo construtivo em alvenaria estrutural. O custo dos insumo para o baldrame e para os blocos de coroamento da obra CACE encontra-se na tabela 9.

**Tabela 9: Custo do baldrame e dos blocos de coroamento para obra CACE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
<b>CONCRETO</b>					
Baldrame concret fck=18MPa	m3	18,65	127,43	2.376,57	53,58%
Bomba	m3	18,65	11,65	217,27	4,90%
<b>AÇO blocos</b>					
CA 50 8,0mm	Kg	166,40	0,96	159,74	3,60%
CA 50 10mm	Kg	72,50	0,91	65,98	1,49%
CA 50 12,5mm	Kg	37,20	0,81	30,13	0,68%
<b>AÇO baldrame</b>					
CA 50 6,3mm	Kg	2,10	1,05	2,21	0,05%
CA 50 10mm	Kg	214,30	0,91	195,01	4,40%
CA 50 12,5mm	Kg	308,30	0,81	249,72	5,63%
CA 50 16,0mm	Kg	34,30	0,81	27,78	0,63%
CA 60 5,0mm	Kg	232,40	1,05	244,02	5,50%
Serviço de corte e dobra	Kg	1.067,50	0,16	170,80	3,85%
<b>FORMAS</b>					
Área de formas - projeto	m²	202,51	3,44	696,63	15,70%
<b>TOTAL</b>				<b>4.435,87</b>	<b>100,00%</b>

Obteve-se os seguintes custos para o serviço de baldrame para os diferentes processos construtivos, conforme tabela 10.

**Tabela 10: Custo do baldrame e dos blocos de coroamento sem mão-de-obra para todas as obras**

Obra	Custo R\$
AECE	<b>6.636,13</b>
AECO	<b>6.440,84</b>
CACE	<b>4.435,87</b>

Observa-se que o custo do baldrame para a obra em concreto armado é inferior ao custo das obras em alvenaria estrutural devido a diferença de funcionamento da estrutura. Com relação ao baldrame da obra em AECE, apesar do bloco cerâmico proporcionar um peso menor para a estrutura, observa-se que nos projetos não observou-se tal diferença em relação ao volume de concreto e de aço projetados comparando-a com a obra AECO.

## 4.3.2 SUPRAESTRUTURA

### 4.3.2.1 Piso

Os pisos de todas as obras foram executados sobre solo compactado que recebeu uma camada de brita (figura 13). Sobre a camada de brita, utilizou-se lona preta para evitar a ascensão da umidade. Executou-se piso zero nas duas empresas analisadas, tal como mostra a figura 14, não havendo necessidade da execução do contrapiso.



**Figura 13: Execução do lastro de brita sobre o solo compactado**



**Figura 14: Regularização do piso zero**

A empresa “B” que realizou a obra em CACE utilizou uma média de 24 m<sup>3</sup> para realização de seu piso, enquanto a empresa “A” que realizou as obras AECE e AECO utilizou em suas obras uma média de 19,5 m<sup>3</sup> de concreto. Apesar desta diferença entre os volumes comprados de concreto, para fins de comparação de custos considerou-se o

piso de concreto como um serviço de mesmo custo para todas as obras, já que este serviço é igual para todos os processos construtivos. Esta diferença ocorre pela diferença na espessura do piso adotada pela empresas.

No piso foi utilizada uma malha de  $\phi$  5mm cada 25 cm, obtendo-se um consumo de 1,23 kg/m<sup>2</sup> de aço. Devido a dificuldade em medir-se a perda de aço nesta malha utilizou-se como perda o valor usual em obra igual a 5%. Mediu-se detalhadamente o custo do piso para obra AECE (tabela 11) e considerou-se o mesmo valor para as outras obras.

**Tabela 11: Custo do piso para a obra AECE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. Material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
<b>CONCRETO (projeto)</b>					
Concreto armado fck=15MPa	m <sup>3</sup>	19,50	105,61	2.059,40	57,55%
Bomba	m <sup>3</sup>	19,50	11,65	227,18	6,35%
<b>AÇO piso</b>					
CA 60 5,0mm	kg	251,54	0,96	241,47	6,75%
<b>FORMAS</b>					
Vigote pinus	m	90,00	2,15	193,50	5,41%
Tabua 1"x10"	m	50,00	0,86	43,00	1,20%
Prego	kg	2,00	1,38	2,76	0,08%
Lona preta	m <sup>2</sup>	297,00	0,17	51,26	1,43%
<b>OUTROS</b>					
Lastro de brita	m <sup>3</sup>	7,50	16,00	120,00	3,35%
Aterro	m <sup>3</sup>	198,00	2,22	439,96	12,29%
Retroescavadeira p/ aterro	h	6,00	25,00	150,00	4,19%
Retroescavadeira p/ brita	h	2,00	25,00	50,00	1,40%
<b>TOTAL</b>				<b>3.578,52</b>	<b>100,00%</b>

#### 4.3.2.2 Laje, viga, pilar e escada

Em todos os empreendimentos utilizou-se laje maciça moldada *in loco*, utilizando compensado resinado 17mm na confecção das lajes e escoramento metálico (figuras 15 e 16). Todas as empresas executavam laje zero, sem a necessidade da execução do contrapiso. A utilização do compensado como forma permitiu a eliminação do reboco no teto, devido ao ótimo acabamento proporcionado por este tipo de forma. Esta semelhança em relação ao tipo de laje utilizada em todas as obras contribuiu para facilitar a comparação de custos entre os diferentes processos construtivos

estudados.



**Figura 15: Formas para laje maciça moldada *in loco***



**Figura 16: Formas para laje maciça moldada *in loco***

Em obra obtém-se dificuldade na medição dos custos das formas devido à dificuldade em se separar as madeiras utilizadas para o jogo de forma e medir o reaproveitamento das mesmas. No trabalho mediu-se detalhadamente o custo da laje, e da escada de um pavimento do prédio AECE que é praticamente igual ao prédio AECO e a partir desta medição obteve-se um custo das formas por metro quadrado que foi utilizado para o cálculo das mesmas. Na tabela 12 pode-se observar o custo de um jogo de formas para a execução da laje e da escada. Neste valor já estão inclusas as perdas que o processo de corte das madeiras ocasiona.

**Tabela 12: Custo de um jogo de formas para execução da laje e escada de um pavimento tipo para um bloco em AECE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. Material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
Compensado resinado 2,20mx1,10mx17mm	un	98,00	21,99	2.155,02	58,88%
Vigotes 2"x5"x2,50m	un	350,00	2,15	752,50	20,56%
Tabua 1"x10"	m	150,00	0,86	129,00	3,52%
Forma degrau metálico 1,35m	un	1,00	39,00	39,00	1,07%
forma degrau metálico 1,2m	un	9,00	35,50	319,50	8,73%
Aluguel escora metálica	un	320,00	0,70	222,85	6,09%
Prego	kg	7,00	1,65	11,55	0,32%
Distanciador plástico	un	375,00	0,04	15,00	0,41%
Desformante	l	9,50	1,63	15,49	0,42%
<b>TOTAL</b>				<b>3.659,90</b>	<b>100,00%</b>

O valor de R\$ 3659,90 refere-se ao custo de um jogo de forma completo para laje e escada para a execução de um pavimento tipo. Durante a obra verificou-se um reaproveitamento médio de oito vezes num mesmo jogo de forma. Com a redução do custo devido ao reaproveitamento foi calculado um valor por metro quadrado das formas para a supraestrutura, tal como tabela 13. O preço do aluguel da escora metálica foi calculado a partir do custo total do aluguel das escoras no período em que se utilizaram as mesmas para a obra em AECE dividido pelo número de lajes executadas.

**Tabela 13: Custo das formas para execução da laje, escada e vigas da escada de um pavimento tipo para um bloco em AECE com reaproveitamento de 8 vezes**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. Material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
Compensado resinado 2,20x1,10x17mm	un	<b>12,25</b>	21,99	269,38	39,08%
Vigotes 2"x5"x2,50m	un	<b>43,75</b>	2,15	94,06	13,65%
Tabua 1"x10"	m	<b>18,75</b>	0,86	16,13	2,34%
Forma degrau metálico 1,35m	un	<b>0,13</b>	39,00	4,88	0,71%
Forma degrau metálico 1,2m	un	<b>1,13</b>	35,50	39,94	5,79%
Aluguel escora metálica	un	320,00	0,70	222,85	32,33%
Prego	kg	7,00	1,65	11,55	1,68%
Distanciador plástico	un	375,00	0,04	15,00	2,18%
Desformante	l	9,50	1,63	15,49	2,25%
<b>TOTAL</b>				<b>689,26</b>	<b>100,00%</b>

O pavimento tipo da obra AECE possui área de formas da laje de 192,29 m<sup>2</sup>

e a área de formas da escada e das vigas da escada de 35,75 m<sup>2</sup>, totalizando uma área de formas de 228,04 m<sup>2</sup>. Dividindo-se o custo das formas pela sua área de formas obtém-se um custo de R\$ 3,02/m<sup>2</sup>, que será usado como o índice para custo das formas por m<sup>2</sup>.

Observa-se que o valor de R\$ 3,02/m<sup>2</sup> é baixo para o caso das formas, mas como é uma obra repetitiva e consegue-se um grande reaproveitamento da mesma seu custo acaba torna-se pequeno. Se o estudo de caso fosse referente a construção de somente um edifício para todos os processos construtivos, o reaproveitamento das formas não seria o mesmo, conseqüentemente o custo por metro quadrados das formas seria maior.

#### *4.3.2.2.1 Laje e escada para obra AECE*

Observa-se na figura 17 que o preenchimento das canaletas da última fiada para as obras em alvenaria estrutural era realizado pelo concreto na concretagem da laje, ao invés de ser realizado pelo graute em uma etapa anterior. O valor deste concreto excedente das canaletas foi descontado do volume de concreto pedido em cada concretagem da supraestrutura, já que este volume faz parte do serviço de alvenaria, e no caso foi considerado como graute. Para o bloco em AECE obtiveram-se os seguintes volumes de concreto em projeto (tabela 14):



**Figura 17: Preenchimento das canaletas da última fiada com concreto**

**Tabela 14: Volumes de concreto em projeto para laje, vigas e escada e canaletas para pavimento tipo obra AECE**

Obra	Vol. Concreto (m <sup>3</sup> )
Laje	<b>16,09</b>
Escada e vigas da escada	<b>2,7</b>
Canaletas da última fiada	<b>1,12</b>
<b>TOTAL</b>	<b>19,91</b>

Para a concretagem da laje, da escada, vigas da escada e canaletas, eram comprados 21 m<sup>3</sup> de concreto, obtendo-se uma perda de 5,5% no volume de concreto nestes serviços para a obra AECE. Observa-se que parte desta perda é inevitável, já que o volume de concreto que fica no cocho da bomba é de aproximadamente meio metro. O custo das lajes e das escadas para um bloco em AECE encontra-se na tabela 15.

**Tabela 15: Custo das lajes, escadas e vigas da escada para um bloco de AECE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. Material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
<b>CONCRETO (projeto)</b>					
Concreto fck=18MPa laje	m <sup>3</sup>	71,40	127,43	9.098,50	53,35%
Concreto fck=18MPa escada e vigas	m <sup>3</sup>	8,57	127,43	1.092,08	6,40%
Bomba	m <sup>3</sup>	79,97	11,65	931,65	5,46%
<b>AÇO escada e vigas da escada</b>					
CA 50 6,3mm	kg	46,50	1,05	48,83	0,29%
CA 50 8,0mm	kg	48,90	0,96	46,94	0,28%
CA 50 10,0mm	kg	278,10	0,91	253,07	1,48%
CA 50 12,5mm	kg	294,60	0,81	238,63	1,40%
CA 60 5,0mm	kg	210,90	1,05	221,45	1,30%
<b>AÇO laje (projeto)</b>				0,00	0,00%
CA 50 8,0mm	kg	806,50	0,96	774,24	4,54%
CA 60 5,0mm	kg	1.546,10	1,05	1.623,41	9,52%
<b>FORMAS</b>					
Formas laje	m <sup>2</sup>	793,69	3,02	2.396,94	14,05%
Formas escada e vigas	m <sup>2</sup>	109,05	3,02	329,33	1,93%
<b>TOTAL</b>				<b>17.055,06</b>	<b>100,00%</b>

#### 4.3.2.2.2 Laje e escada para obra AECO

Para a obra AECO obteve-se os seguintes volumes de concreto em projeto (tabela 16):

**Tabela 16: Volumes de concreto em projeto para laje, vigas e escada e canaletas para pavimento tipo obra AECO**

Obra	Vol. Concreto (m <sup>3</sup> )
Laje	<b>15,98</b>
Escada e vigas da escada	<b>2,93</b>
Canaletas	<b>1,81</b>
<b>TOTAL</b>	<b>20,72</b>

Observa-se que a diferença entre os volumes de graute de projeto para as canaletas entre as obras AECE e AECO ocorre devido a diferença das dimensões dos blocos. Para o bloco cerâmico de 12x14x25 obteve-se um volume de graute para as canaletas da última fiada igual a 1,12 m<sup>3</sup>. Já para o bloco de concreto de 14x19x39cm obteve-se um volume de graute para as canaletas da última fiada igual a 1,81 m<sup>3</sup>.

Comprava-se nesta obra sempre 22 m<sup>3</sup> para a execução da laje, da escada, da vigas da escada e das canaletas na obra AECO, obtendo-se uma perda de 6% no volume de concreto. Parte desta perda é ocasionado devido ao volume de concreto que fica no cocho da bomba e outra parte ocorre devido a perda de material que fica incorporado na laje. O custo das lajes e escadas para um prédio em AECO encontram-se na tabela 17.

**Tabela 17: Custo das lajes, escadas e vigas da escada para um bloco de AECO**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
<b>CONCRETO (projeto)</b>					
Concreto fck=18MPa laje	m <sup>3</sup>	71,22	127,43	9.075,56	54,30%
Conc. fck=18MPa escada e vigas	m <sup>3</sup>	9,32	127,43	1.187,65	7,11%
Bomba	m <sup>3</sup>	80,54	11,65	938,29	5,61%
<b>AÇO escada e vigas da escada</b>					
CA 50 6,3mm	kg	55,20	1,05	57,96	0,35%
CA 50 8,0mm	kg	42,90	0,96	41,18	0,25%
CA 50 10,0mm	kg	252,00	0,91	229,32	1,37%
CA 50 12,5mm	kg	309,90	0,81	251,02	1,50%
CA 60 5,0mm	kg	186,60	1,05	195,93	1,17%
<b>AÇO laje (projeto)</b>					
CA 50 8,0mm	kg	634,10	0,96	608,74	3,64%
CA 60 5,0mm	kg	1.440,40	1,05	1.512,42	9,05%
<b>FORMAS</b>					
Formas laje	m <sup>2</sup>	768,31	3,02	2.320,30	13,88%
Formas escada e vigas da escada	m <sup>2</sup>	97,59	3,02	294,72	1,76%
<b>TOTAL</b>				<b>16.713,09</b>	<b>100,00%</b>

#### 4.3.2.2.3 Laje, viga, pilar e escada para obra CACE

Na obra em concreto armado as medições indicaram uma perda um pouco superior em relação as obras em alvenaria estrutural. Pelo controle do volume de concreto comprado na obra CACE, observou-se uma perda de concreto de 7,5% para laje, escada e viga (já que estes eram concretados em uma única etapa) e uma perda de 9% para os pilares em relação aos quantitativos de projeto. As medições destes volumes indicam que houve pouca variação em relação aos volumes de concreto pedido em diferentes prédios, conforme anexo H.

Todas as formas do prédio em concreto armado foram realizadas com compensados resinados de 17mm proporcionando um reaproveitamento e um custo semelhante as obras de alvenaria estrutural. Observou-se em obra que geralmente as formas dos pilares e das vigas possuíam maior reposição de peças danificadas. Obteve-se um reaproveitamento de seis vezes para as formas dos pilares e vigas, sendo seu custo de R\$ 4,03/m<sup>2</sup>.

Nas formas dos pilares utilizou-se gravatas metálicas e nas lajes e nas vigas escoramento metálico. Na figura 18 pode-se observar a execução das formas do 3º pavimento. Por isto, houve um acréscimo no custo das formas devido ao aluguel destes equipamentos. Este acréscimo está especificado na tabela 18 como: aluguel formas metálicas. O acréscimo no custo devido ao aluguel de todos estes equipamentos durante o período em que se executava a supraestrutura foi calculado proporcionalmente para o custo de um edifício tipo inteiro.



**Figura 18: Execução das formas dos pilares**

Para a obra CACE os aços da escada, vigas e pilares foram comprados dobrados acarretando num acréscimo devido ao serviço de corte e dobra. As lajes tanto das obras em alvenaria estrutural como da obra em concreto armado foram executadas com somente uma malha de armadura positiva não sendo considerado neste item o serviço de corte e dobra. O custo para lajes, escada, vigas e pilares para um bloco CACE encontra-se na tabela 18.

Observou-se que as perdas de concreto medidas nas obras em concreto armado foram maiores que as medidas nas obras em alvenaria estrutural. Na tabela 19 encontra-se o custo total de materiais e equipamentos para as lajes, escada, vigas e pilares para todos os processos construtivos. Constata-se aqui uma grande diferença de custo, já que na obra em concreto armado tem-se o custo das vigas e pilares, que não existem na alvenaria estrutural.

**Tabela 18: Custo das lajes, escadas, vigas e pilares para um bloco de CACE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
<b>CONCRETO (projeto)</b>					
Concreto fck=18MPa laje	m³	61,49	127,43	7.835,67	27,08%
Concreto fck=18MPa escada	m³	3,76	127,43	479,14	1,66%
Concreto fck=18MPa vigas	m³	31,10	127,43	3.963,07	13,70%
Concreto fck=18MPa pilares	m³	13,95	127,43	1.777,65	6,14%
<b>bomba</b>		110,30	11,65	1.285,00	4,44%
<b>AÇO laje</b>					
CA 60 5,0mm	kg	1.726,00	1,05	1.812,30	6,26%
<b>AÇO escada</b>					
CA 60 6,3mm	kg	28,00	1,05	29,40	0,10%
CA 50 8,0mm	kg	7,00	0,96	6,72	0,02%
CA 50 10,0mm	kg	165,00	0,91	150,15	0,52%
<b>AÇO vigas</b>					
CA 50 10,0mm	kg	1.632,00	0,91	1.485,12	5,13%
CA 50 12,5mm	kg	285,00	0,81	230,85	0,80%
CA 60 5,0mm	kg	899,00	1,05	943,95	3,26%
<b>AÇO pilares</b>					
CA 50 10,0mm	kg	1.143,00	0,91	1.040,13	3,59%
CA 50 12,5mm	kg	51,00	0,81	41,31	0,14%
CA 50 16mm	kg	61,00	0,81	49,41	0,17%
CA 60 5,0mm	kg	381,00	1,05	400,05	1,38%
corte e dobra (sem a laje)		4.652,00	0,16	744,32	2,57%
<b>FORMAS</b>					
Formas laje	m²	767,20	3,02	2.316,94	8,01%
Formas escada	m²	35,80	3,02	108,12	0,37%
Formas vigas	m²	565,71	4,03	2.279,81	7,88%
Formas pilares	m²	251,00	4,03	1.011,53	3,50%
Aluguel formas metálicas	un	1,00	942,85	942,85	3,26%
<b>TOTAL</b>				<b>28.933,49</b>	<b>100,00%</b>

**Tabela 19: Custo total das lajes, escadas, vigas e pilares**

Obra	Custo (R\$)
AECE	<b>17.055,06</b>
AECO	<b>16.713,09</b>
CACE	<b>28.932,44</b>

### 4.3.3 PAREDES DE ALVENARIA

O projeto em alvenaria estrutural possui o quantitativo de todos os blocos, argamassa e graute tal como figuras 19 e 20, necessários para a realização da obra. Todas as obras analisadas possuem pé-direito de 2,60 m e somente a obra em AECE

possui pé direito de 2,53 m. Para que esta diferença de altura não influenciaste no comparativo de custos, calculou-se um custo adicional proporcional a esta diferença do pé-direito para a obra AECE. Na tabela 20, onde são descritos os custos da alvenaria este item foi denominado acréscimo  $h=2,60m$  para argamassa e bloco.

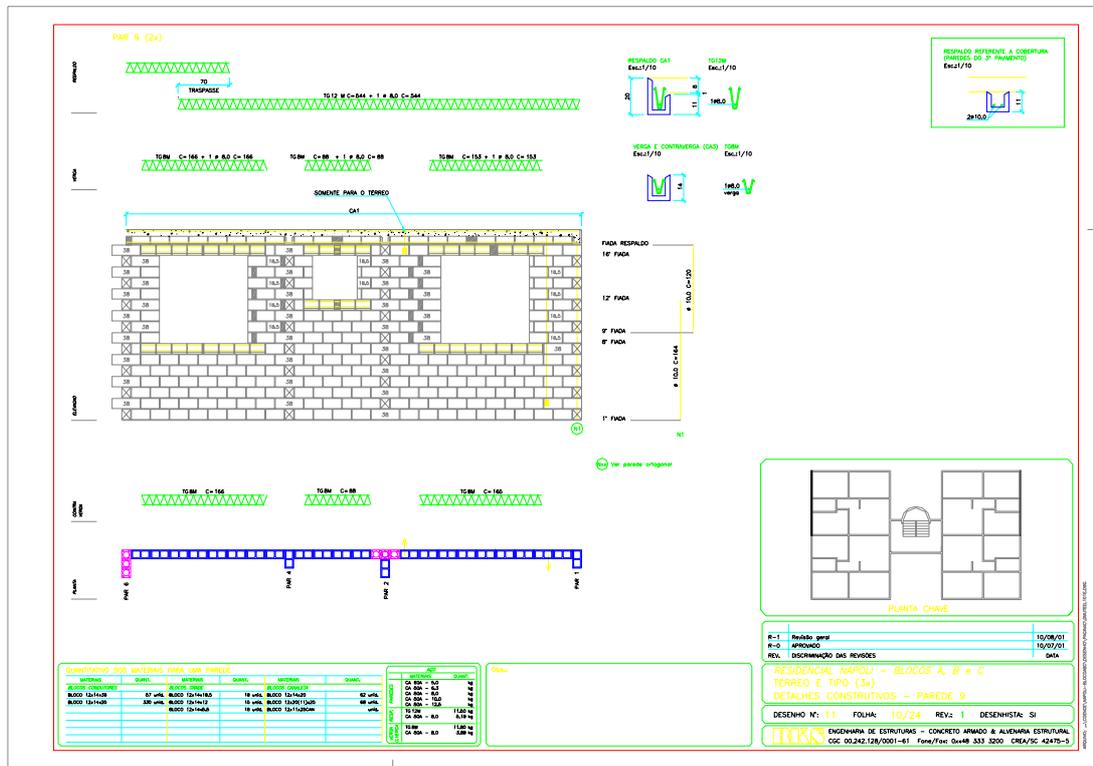


Figura 19: Paginação da alvenaria

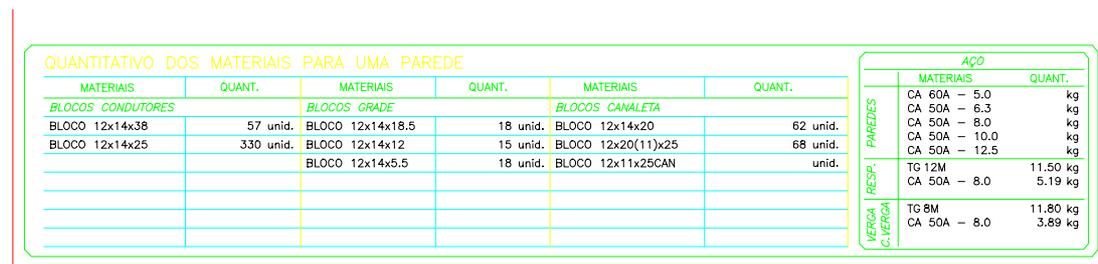


Figura 20: Detalhe dos quantitativos na paginação da alvenaria da figura 19

#### 4.3.3.1 Alvenaria para obra AECE

Pelo projeto pode-se obter o somatório dos blocos necessários para a realização de todos os edifícios em AECE. Devido a proximidade dos canteiros no caso da obra

AECE alguns blocos, principalmente os blocos especiais, eram levados de canteiro a canteiro quando havia a falta do mesmo. Desta forma, para avaliar a perda de blocos cerâmicos na obra fez-se necessário fazer o cálculo para todo o empreendimento realizado em blocos cerâmicos que consiste em 12 edifícios. A perda de blocos medida em obra foi obtida por meio da diferença entre o número total de blocos no projeto e o número total de blocos comprados. Na obra AECE a perda de blocos foi de 3,8%.

Na alvenaria utilizou-se argamassa industrializada, em sacos de 50 kg. No serviço de alvenaria, a confecção da argamassa era realizada pela argamasseira que ficava no pavimento em que se executava a alvenaria (figura 21). O uso da argamassa ensacada possibilitou uma redução drástica no número de serventes na obra. Com a argamassa ensacada foi possível realizar a medição do consumo de argamassa por pavimento e conseqüentemente o seu consumo por m<sup>2</sup>.

Por meio do controle de saída dos sacos de 50kg de argamassa no almoxarifado era possível quantificar com exatidão quantos quilos de argamassa utilizava-se em cada pavimento. Obteve-se para o bloco cerâmico de 12x14x25 cm um consumo médio de 23,80 kg/m<sup>2</sup>. Este consumo, equivale a uma perda de 29,79% para a argamassa de assentamento, já que o valor de projeto estimava um consumo de 16,71 kg/m<sup>2</sup>.



**Figura 21: Argamasseira para alvenaria estrutural**

Para o nivelamento da primeira fiada para a obra AECE e AECO, utilizou-se argamassa 1:3, feita em obra.

Na figura 22 pode-se observar a qualidade da alvenaria executada na obra AECE.



**Figura 22: Alvenaria obra AECE**

Na obra AECE 28% do custo dos blocos refere-se ao frete, já que os blocos cerâmico foram trazidos de uma cidade distante aproximadamente 300 km de Curitiba.

A argamassa industrializada utilizada nas obras em alvenaria estrutural possui um custo de R\$ 70,80/tonelada o que equivale a um custo de R\$127,44/m<sup>3</sup> já que a densidade da massa fresca é de 1800kg/m<sup>3</sup>. A argamassa ensacada é mais cara que a feita em obra, mas permite uma grande redução no número de ajudantes. A tabela 20 indica o custo medido em obra para o serviço de alvenaria para a obra AECE.

Mediu-se o custo dos equipamentos pelo custo equivalente que o escantilhão, a masseira metálica e a régua prumo e nível representou para um edifício, já que um mesmo equipamento é utilizado em outros edifícios. O valor da argamasseira utilizada em obra (R\$ 1200,00), foi pago pela fornecedora da argamassa industrializada.

**Tabela 20: Custo alvenaria obra AECE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
<b>BLOCOS CERÂMICOS</b>					
Blocos grade (valores de projeto)					
12x14x18,5	un	488,00	0,25	121,02	0,53%
12x14x12	un	1.061,00	0,25	263,13	1,15%
12x14x5,5	un	901,00	0,14	127,58	0,56%
Blocos Condutor					
12x14x38	un	1.766,00	0,53	942,16	4,10%
12x14x25	un	31.261,00	0,30	9.378,30	40,82%
Canaletas					
J - 12x(11x20) x25 cm	un	929,00	0,47	440,35	1,92%
U - 12x11x25 cm CAN	un	1.661,00	0,41	681,01	2,96%
U - 12x14x20 cm	un	1.199,00	0,39	466,41	2,03%
Transporte dos blocos	vb	0,28	13.238,68	3.750,52	16,32%
Perdas de bloco 3,8%				471,92	2,05%
acrécimo para h=2,6m arg e bloco				541,77	2,36%
<b>AÇO (projeto)</b>					
CA 50 8,0mm	kg	270,89	0,96	260,05	1,13%
CA 50 10mm	kg	480,03	0,91	436,83	1,90%
CA 50 12,5mm	kg	15,40	0,81	12,47	0,05%
CA 60 5.0mm	kg	49,06	1,05	51,51	0,22%
Vergas TG 8M	m	175,26	1,06	185,78	0,81%
Vergas TG 12M	m	467,15	1,50	700,73	3,05%
<b>GROUT E ARGAMASSA</b>					
Argamassa traço 1:3	m3	2,35	100,50	236,18	1,03%
Argamassa votoran (medida)	kg	35.900,00	0,07	2.541,72	11,06%
Grout (projeto)	m3	9,56	100,00	956,00	4,16%
<b>EQUIPAMENTOS</b>					
Escantilhão	un	12,00	22,77	273,24	1,19%
Masseira metálica (50 litros)	un	4,00	15,23	60,92	0,27%
Régua prumo e nível (1,20m)	un	4,00	19,05	76,20	0,33%
<b>TOTAL</b>				<b>22.975,79</b>	<b>100,00%</b>

#### 4.3.3.2 Alvenaria para obra AECO

Na obra em AECO também utilizou-se argamassa industrializada ensacada. Obteve-se para o bloco de concreto de 14x19x39 cm um consumo médio de 16,57 kg/m<sup>2</sup> o que equivale a uma perda de 12,91% para a argamassa de assentamento em relação ao valor de projeto que previa um consumo de 14,43 kg/m<sup>2</sup>. Esta menor perda medida no bloco de concreto em relação ao bloco cerâmico ocorre devido a geometria dos blocos. O bloco de concreto possui parede mais grossa que o cerâmico de 12x14x25 cm, fazendo com que houvesse menos sobras de argamassa no interior dos blocos de concreto.

Na obra em AECO obteve-se uma perda em obra de blocos de 1,5%. No caso do bloco de concreto, as fábricas repunham os blocos que vinham quebrados no *palet*. As quebras devido ao transporte foram reduzidas devido a colocação dos *palets* sobre o pavimento em execução (figura 23 e 24). O custo do frete está incluso no preço dos blocos. O custo para o serviço de alvenaria para a obra AECO encontra-se na tabela 21.



**Figura 23: Colocação dos *palets* sobre a laje**



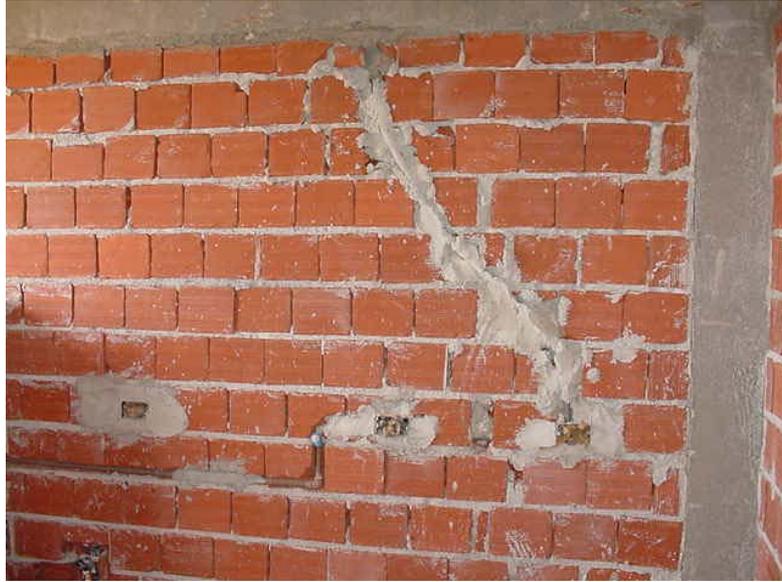
**Figura 24: Disposição dos *palets* na laje**

**Tabela 21: Custo alvenaria obra AECO**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. Material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
<b>Bloco de concreto estrutural</b>					
39,00	un	11.995,00	0,95	11.395,25	42,25%
19,00	un	1.209,00	0,66	797,94	2,96%
54,00	un	581,00	1,98	1.150,38	4,27%
34,00	un	2.594,00	0,97	2.516,18	9,33%
24,00	un	436,00	0,96	418,56	1,55%
Vedação			0,00		
39,00	un	340,00	0,86	292,40	1,08%
19,00	un	215,00	0,59	126,85	0,47%
Canaleta			0,00		0,00%
U-19 (14x19x39)	un	1.892,00	1,19	2.251,48	8,35%
J-39	un	1.201,00	0,99	1.188,99	4,41%
Bolacha	un	649,00	0,35	227,15	0,84%
Perdas de blocos 1,5%				305,48	1,13%
<b>AÇO (projeto)</b>					
CA 50 8,0mm	kg	311,11	0,96	298,67	1,11%
CA 50 10mm	kg	534,16	0,91	486,09	1,80%
CA 50 12,5mm	kg	34,27	0,81	27,76	0,10%
CA 60 5.0mm	kg	35,01	1,05	36,76	0,14%
Vergas TG 12M	m	248,52	1,50	372,78	1,38%
Vergas TG 20L	m	395,62	1,83	723,98	2,68%
<b>GROUT E ARGAMASSA</b>					
Argamassa traço 1:3	m3	2,24	100,50	225,16	0,83%
Argamassa votoran (medida)	kg	25.708,02	0,07	1.820,13	6,75%
Grout (projeto)	m3	19,00	100,00	1.900,00	7,04%
<b>EQUIPAMENTOS</b>					
Escantilhão	un	12,00	22,77	273,24	1,01%
Masseira metálica (50 litros)	un	4,00	15,23	60,92	0,23%
Régua prumo e nível (1,20m)	un	4,00	19,05	76,20	0,28%
<b>TOTAL</b>				<b>26.972,34</b>	<b>100,00%</b>

#### 4.3.3.3 Alvenaria para obra CACE

A partir das medições realizadas em obra, obteve-se um custo/m<sup>2</sup> para a alvenaria a partir da medição do quantitativo dos blocos cerâmicos de 10x15x19cm popularmente chamado de tijolo de seis furos, e da quantidade total de argamassa consumida neste serviço. O consumo extra de argamassa ocasionado pelos rasgos das instalações elétricas e hidráulicas, tal como na figura 25 e outros eventuais enchimentos executados na alvenaria, foram contabilizados no volume de argamassa consumido por m<sup>2</sup> de alvenaria.



**Figura 25: Alvenaria obra CACE**

Não se utilizou junta vertical na execução da alvenaria. A média das juntas horizontais medidas em obra foi de 1,96cm. Na medição da quantidade de argamassa utilizada por  $m^2$ , mapeou-se um apartamento e mediu-se o volume de argamassa necessário para o preenchimento de todos os rasgos mais a própria argamassa necessária para a execução da alvenaria.

O cálculo do consumo dos blocos cerâmicos de vedação foi obtido pelo somatório de todos os blocos comprados para um canteiro com uma implantação tipo do anexo B, que consiste em 3 edifícios tipo inteiro e um meio bloco. Estes valores foram adquiridos pelas notas fiscais de entrada deste material. Obteve-se um valor de 16% de perdas para os mesmos, fazendo-se um comparativo entre o número de tijolos necessários para execução de toda a alvenaria em obra, por meio do número de blocos necessários a execução de um  $m^2$  multiplicado pela área total de paredes da obra. Comparando-se este valor com o número de blocos comprados, obtém-se a percentagem da perda.

Assim, conforme a composição do apêndice A2 obteve-se um custo de R\$ 4,94/ $m^2$  para a alvenaria com blocos de 10x14x19.

Utilizou-se contra-vergas pré-moldadas feitas em obra em todas as janelas

exceto nas janelas dos banheiros.

No transporte vertical dos blocos cerâmicos utilizou-se o guincho de coluna (figura 26). Estipulou-se metade do custo deste equipamento para o serviço de alvenaria e outra metade para o serviço de revestimento interno, devido a dificuldade em obra de se medir o tempo que este equipamento foi utilizado para cada serviço. Como o objetivo do trabalho é a comparação final de custo tal suposição não prejudicará o valor final. Na tabela 22 pode-se observar o custo do serviço de alvenaria para a obra em CACE.



**Figura 26: Transporte dos blocos cerâmicos pelo guincho de coluna**

**Tabela 22: Custo alvenaria obra CACE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
Alvenaria	m <sup>2</sup>	1.400,31	4,94	6.913,22	95,42%
Peças pré-moldadas 9x9x60	un	68,00	0,68	46,24	0,58%
Guincho de coluna	un	1,00	321,43	321,43	4,00%
<b>TOTAL</b>				<b>7.280,89</b>	<b>100,00%</b>

Ao final da comparação entre as alvenarias observa-se que este serviço possui uma diferença muito grande entre a obra em concreto armado e as obras em alvenaria estrutural. Esta diferença passa de 300%. Talvez este item, que está relacionado com o custo dos blocos, seja quem viabilize ou não de uma obra em alvenaria estrutural.

Os custos medidos em obra para o serviço de alvenaria para todas as obras encontram-se na tabela 23.

**Tabela 23: Custo total para as alvenarias**

Obra	Custo R\$
AECE	<b>22.975,79</b>
AECO	<b>26.972,34</b>
CACE	<b>7.280,89</b>

#### **4.3.4 REVESTIMENTO INTERNO**

Na execução do revestimento interno para as obras em alvenaria estrutural utilizou-se argamassa industrializada em sacos de 50 kg em massa única de aproximadamente 5 mm sem a execução do chapisco (figura 27 e 28). Nas obras em alvenaria estrutural mediu-se a argamassa do revestimento interno em quilos. Nestas obras a unidade de medição para a argamassa de revestimento interno era o apartamento (no cálculo da metragem quadrada revestida descontou-se os vãos das janelas e portas). Controlava-se o consumo de cada operário por apartamento a partir da argamassa saída do almoxarifado. Assim, era possível ter o controle sobre qual operário obtinha os melhores índices de consumo de argamassa.

Para a obtenção das espessuras de revestimento utilizadas no revestimento interno é necessário que se conheça as densidades da argamassa. A argamassa industrializada utilizada nas obras de alvenaria estrutural possuía as seguintes densidades:

- aparente: 1,56 kg/litro;
- fresca: 1,8 kg/litro.



**Figuras 27 e 28: Revestimento interno - obra AECE**

#### *4.3.4.1 Revestimento Interno para obra AECE*

Como havia sido feito com o serviço de alvenaria para a obra AECE a área para revestimento interno do edifício foi calculada como se tivesse um pé-direito de 2,60 m, já que a obra AECE possuía um pé-direito de 2,53 m.

Segundo a tipologia arquitetônica do edifício, o vão da escada foi realizado em arco. Utilizou-se argamassa comum feita em obra para a execução do hall e do vão da escada devido as maiores espessuras de revestimento naquele local. A argamassa industrializada possuía um custo aproximado 90% maior do que uma argamassa feita em obra. Executou-se o arco com uma espessura média de 2,5cm. Este arco foi executado com chapisco no substrato, o que não ocorreu nas outras paredes internas, que foram executadas em massa única.

Na argamassa industrializada ensacada pagava-se R\$70,80/tonelada que é igual a R\$ 127,44/m<sup>3</sup>.

A tabela 24 apresenta os custos dos revestimentos internos para a obra AECE. Abaixo são apresentados os índices obtidos em obras para o serviço de revestimento

interno.

Índices para o cálculo do custo da obra AECE:

- consumo médio de argamassa: 8,74 kg/m<sup>2</sup>;
- espessura média: 4,86 mm.

**Tabela 24: Custo revestimento interno para obra em AECE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
<b>ARGAMASSA</b>					
Argamassa industrializada	kg	19.116,13	0,0708	1.353,42	82,27%
Argamassa comum	m <sup>3</sup>	3,36	66,80	224,45	13,64%
Chapisco	m <sup>2</sup>	134,48	0,50	67,24	4,09%
<b>TOTAL</b>				<b>1.645,11</b>	<b>100,00%</b>

#### 4.3.4.2 Revestimento Interno para obra AECO

Tal como, realizado na obra AECE, executou-se na obra AECO revestimento interno em massa única sem a execução do chapisco, conforme figura 29. O arco da escada e hall foram executados com chapisco no substrato e argamassa feita em obra. Obteve-se no arco da escada uma espessura média de 2,5 cm.



**Figura 29: Execução do revestimento interno obra AECO**

Na tabela 25 pode-se observar os custos dos revestimentos internos para a obra AECE. Observa-se abaixo os índices obtidos em obras para o serviço de

revestimento interno.

Índices para o calculo do custo da obra AECO:

- consumo por apartamento: 9,50 kg/m<sup>2</sup>;
- espessura média: 5,28 mm.

**Tabela 25: Custo revestimento interno AECO**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
ARGAMASSA					
Argamassa industrializada	kg	20.478,68	0,0708	1.449,89	82,92%
Argamassa comum	m <sup>3</sup>	3,44	66,80	229,79	13,14%
Chapisco	m <sup>2</sup>	137,75	0,50	68,88	3,94%
<b>TOTAL</b>				<b>1.748,56</b>	<b>100,00%</b>

Obteve-se um consumo de argamassa no revestimento interno para alvenaria estrutural em bloco de concreto maior que para a alvenaria estrutural para blocos cerâmicos.

Os blocos cerâmicos utilizados em obra possuíam excelente qualidade, sendo que sua variação dimensional era menor que o bloco de concreto. Apesar deste bloco estar de acordo com a norma, possuía variação de mais ou menos 2mm, impossibilitando revestimentos na ordem de 4 mm.

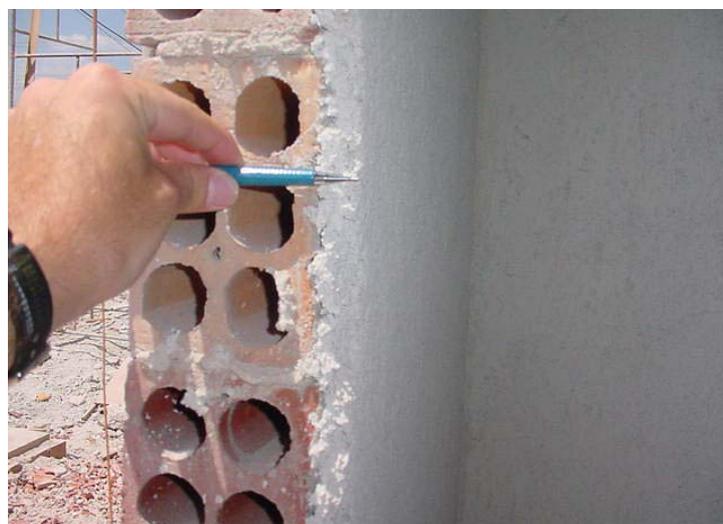
#### *4.3.4.4 Revestimento Interno para obra CACE*

Na obra em concreto armado utilizou-se argamassa comum feita em obra, conforme figura 30. Para a execução deste tipo de argamassa, comprava-se argamassa branca, que é uma mistura de areia e cal. No revestimento interno utilizou-se um consumo de 120 kg de cimento/m<sup>3</sup> de argamassa branca para a confecção de 1 m<sup>3</sup> de argamassa, correspondendo a um custo de R\$ 66,80 /m<sup>3</sup>.



**Figura 30: Confeção da argamassa com obra CACE**

Para a determinação da quantidade de argamassa utilizada para a confecção do revestimento interno se utilizou o apartamento como unidade de medição. Mediu-se a quantidade total de argamassa em volume necessária para a execução de um apartamento por meio da quantidade de carrinhos de mão necessário para a execução do mesmo. Neste caso procurou-se sempre controlar o volume de cada carrinho. Além desta técnica, pedia-se para os operários durante a execução do serviço, já na fase de acabamento do revestimento interno, que fizessem um pequeno furo na argamassa fresca. Assim media-se a espessura do revestimento executado com uma régua milimetrada. Obteve-se uma espessura média de 2,63 cm. Na figura 31 pode-se observar a espessura de uma das paredes executadas na obra CACE.



**Figura 31: Espessura do revestimento interno para obra CACE**

Pode-se observar que as medições em quilos realizadas nas obras em alvenaria estrutural são mais precisas que as realizadas na obra em concreto armado em volume. Como nas obras em alvenaria estrutural a medição era realizada por meio da quantidade de sacos de 50 kg de argamassa que saíam do almoxarifado para a execução de cada apartamento, eventuais perdas de argamassa que ocorressem na execução do revestimento interno já estavam computadas nos consumos medidos.

O transporte da argamassa confeccionada em obra da betoneira até os apartamento em execução provocam a perda de parte deste material. Para conseguir avaliar a quantidade da perda de argamassa em obra, somou-se a quantidade total de argamassa medida em obra nos serviços de alvenaria, revestimento interno e revestimento externo para todos os edifícios de um canteiro com 4 prédios, tal como demonstrado no Anexo B. Por meio desta soma obteve-se um volume total de argamassa de 457,74 m<sup>3</sup>. Com o controle realizado junto ao almoxarife da empresa “B” obteve-se um valor comprado de argamassa de 534,00m<sup>3</sup>. A partir desses dados constatou-se que havia uma perda em obra de material não incorporado a estrutura igual a 14,28%. Todas as tabelas de custos da obra CACE, tal como, alvenaria, revestimento interno e revestimento externo, estão calculados com estes valor adicional de perdas de argamassa ocorrida em obra.

No cálculo do custo do revestimento interno, incorporou-se a percentagem desta perda aos volumes de argamassas medidos em obra. Os custos para o revestimento interno encontram-se na tabela 26. Nos índices abaixo pode-se observar a espessura de revestimento interno com as perdas incorporadas nesta espessura e o consumo de argamassa por m<sup>2</sup>.

Índices para o calculo do custo da obra CACE:

- consumo por apartamento: 0,030m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>;
- espessura média: 30 mm.

**Tabela 26: Custo revestimento interno CACE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
<b>ARGAMASSA</b>					
Argamassa comum	m <sup>3</sup>	70,39	66,80	4.702,28	75,88%
Chapisco	m <sup>2</sup>	2.346,45	0,50	1.173,22	18,93%
Guincho de coluna	unid.	1,00	321,43	321,43	5,19%
<b>TOTAL</b>				<b>6.196,93</b>	<b>100,00%</b>

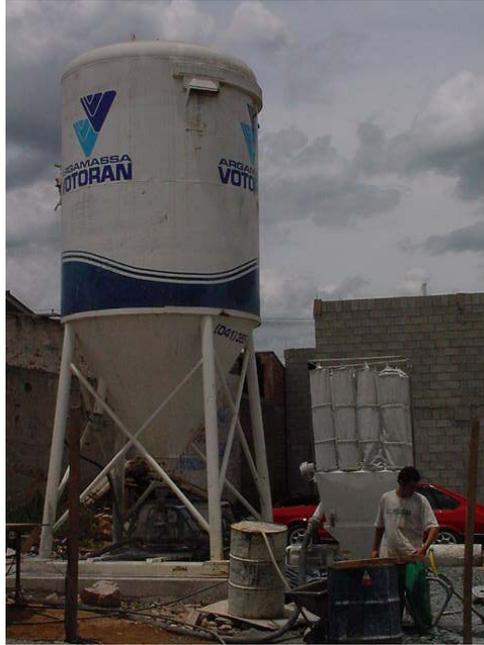
No serviço do revestimento interno obteve-se uma grande diferença de custo entre as obras em alvenaria estrutural e a obra em concreto armado. A maior precisão dimensional da alvenaria estrutural possibilita a execução de revestimentos com espessuras na ordem de 5 mm. Os valores desta comparação encontram-se na tabela 27.

**Tabela 27: Custo do revestimento interno**

Obra	Custo R\$
AECE	<b>1.645,11</b>
AECO	<b>1.748,56</b>
CACE	<b>6.196,93</b>

#### 4.3.5 REVESTIMENTO EXTERNO

Os prédios em alvenaria estrutural foram executados com argamassa industrializada projetada sem chapisco no substrato. O silo que fornecia argamassa aos projetores, tal como figura 32, foi posicionado no centro do canteiro de obra (onde encontram-se o campo de futebol no detalhamento de implantação conforme anexo B). Levava-se a argamassa para a máquina projetora por meio de mangueiras, para a projeção das fachadas. Nas obras AECE e AECO somente o arco da escada e as duas paredes ao lado do arco foram executadas com argamassa feita em obra. Pode-se observar estas paredes na figura 8 apresentada na metodologia.



**Figura 32: Silo para armazenagem da argamassa para projeção**

A Caixa Econômica Federal solicitou a arquiteta de todos os prédios que fizesse pequenas alterações na fachada dos edifícios, tanto nas cores utilizada quanto na forma do telhado para diferenciar os edifícios. Com isto, a área de revestimento externo nas obras estudadas apresentava pequenas diferenças a partir da laje do último pavimento, que seria a parte de oitão. No terceiro capítulo na metodologia pode-se observar pelas fotos dos edifícios construídos estas alterações na fachada do prédios (figuras 1 a 4).

No cálculo do custo do revestimento externo para todas as obras, não computou-se o custo do revestimento externo do oitão. A área de paredes computadas neste serviço refere-se a área de paredes do 1º pavimento até a laje do 4º pavimento. Assim, calculou-se o custo deste serviço para áreas equivalentes.

#### *4.3.5.1 Revestimento externo para obra AECE*

Na obra AECE o consumo da argamassa projetada foi medida pela quantidade em m<sup>2</sup> de revestimento externo que se conseguia executar com um silo de argamassa. Por meio da nota fiscal tinha-se o peso em toneladas de argamassa contida em um silo. Executava-se a projeção da argamassa até acabar a argamassa de cada silo. Quando terminava a argamassa do silo, media-se a área de revestimento externo executado.

Na obra AECE o consumo foi obtido pela média de consumo de 2 silos. Obteve-se para o revestimento externo do prédio em AECE um consumo médio de  $28,57 \text{ kg/m}^2$  (na metragem quadrada descontou-se os vãos das janelas e porta em todas as obras), este consumo equivale a uma espessura média de 1,58 cm. Observa-se que a espessura real medida em obra foi de aproximadamente 1,3 cm já que no consumo de  $28,57 \text{ kg/m}^2$  estão inclusos os requadros das janelas e eventuais perdas de argamassa. Observa-se na figura 33 a execução do revestimento externo com argamassa projetada na obra AECE.



**Figura 33: Execução do revestimento externo com argamassa projetada para obra AECE**

Como foi feito nos serviço de alvenaria e revestimento interno a área de revestimento externo para a obra de AECE foi calculado como se tivesse um pé-direito de 2,60 m (já que a mesma possuía um pé direito de 2,53 m).

A espessura média do revestimento medido no arco da escada foi de 2,5 cm para argamassa comum feita em obra para AECE. O custo do revestimento externo para a obra AECE encontra-se na tabela 28. Na argamassa projetada pagava-se R\$80,00/tonelada que é igual a R\$ 144,00/m<sup>3</sup>. Neste valor já está incluso o custo dos equipamentos de projeção.

**Tabela 28: Custo do revestimento externo para obra AECE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
Argamassa projetada	kg	21.594,35	0,08	1.727,55	93,76%
Argamassa comum	m <sup>3</sup>	0,60	71,60	43,25	2,35%
Chapisco	m <sup>2</sup>	24,16	0,50	12,08	0,66%
Andaime	unid.	1,00	59,66	59,66	3,24%
<b>TOTAL</b>				<b>1.842,53</b>	<b>100,00%</b>

#### 4.3.5.2 Revestimento externo para obra AECO

Utilizou-se a mesma metodologia de medição da argamassa projetada para a obra AECO. Nesta obra mediu-se o consumo de argamassa para o revestimento externo por meio da medição de um silo. Obteve-se para o revestimento externo do prédio em AECO um consumo médio de 31,50 kg/m<sup>2</sup>. Este consumo equivale a uma espessura média de 1,75 cm. Observa-se que a espessura real em obra foi de aproximadamente 1,5 cm já que no valor de 1,75 cm estão inclusos os requadros e eventuais perdas. O custo deste serviço encontra-se na tabela 29.

**Tabela 29: Revestimento externo AECO**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
Argamassa projetada	kg	23.756,04	0,08	1.900,48	94,35%
Argamassa comum	m <sup>3</sup>	0,59	71,60	42,39	2,10%
Chapisco	m <sup>2</sup>	23,68	0,50	11,84	0,59%
Andaime	unid.	1,00	59,66	59,66	2,96%
<b>TOTAL</b>				<b>2.014,37</b>	<b>100,00%</b>

Como ocorreu para o revestimento interno, no revestimento externo da obra em blocos de concreto se obteve um maior consumo de argamassa devido a falta de precisão dimensional dos blocos, e talvez pelo serviço ser executado por equipe diferentes.

#### 4.3.5.3 Revestimento externo para obra CACE

Para a confecção da argamassa para revestimento externo na obra CACE se utilizou um consumo de 140 kg de cimento/m<sup>3</sup> de argamassa, correspondendo a um custo de R\$ 71,60 /m<sup>3</sup>. Todo o prédio em concreto armado foi realizado com argamassa feita em obra.

A obra em CACE tinha requadros (semalhas) em todos os cantos do prédios e nas janelas. Nos prédios em alvenaria estrutural não foram executados tais requadros. Para que este volume adicional de argamassa não representasse desvantagem para a obra em concreto armado, este volume de argamassa adicional foi descontando.

Na obra em concreto armado observou-se um desperdício grande argamassa nas fachadas. A espessura média medida mais as perdas não incorporadas ao revestimento foi de 4,2 cm (figura 34). O custo dos revestimentos externos encontra-se na tabela 30.



**Figura 34: Espessura do revestimento externo**

**Tabela 30: Revestimento externo CACE**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material (R\$)	Total medido (R\$)	Inc (%)
Argamassa comum	m <sup>3</sup>	33,87	71,60	2.424,99	83,95%
Chapisco	m <sup>2</sup>	786,36	0,50	393,18	13,61%
Andaime	unid.	1,00	70,48	70,48	2,44%
<b>TOTAL</b>				<b>2.888,65</b>	<b>100,00%</b>

Na tabela 31 pode-se observar no serviço de revestimento externo uma grande diferença do custo na obra em concreto armado em comparação as obras em alvenaria estrutural.

**Tabela 31: Custo do revestimento externo**

Obra	Custo R\$
AECE	<b>1.842,53</b>
AECO	<b>2.014,37</b>
CACE	<b>2.888,65</b>

#### 4.3.6 Custo total para materiais e equipamentos

A partir das medições realizadas em obra obtiveram-se os seguintes resultados para materiais e equipamentos nos serviço medidos neste trabalho (tabela 32).

**Tabela 32: Custo dos materiais e equipamento medidos em obra para um prédio**

SERVIÇO	AECE	AECO	CACE
Fundação - Estacas	10.668,03	10.956,30	10.516,31
Fundação - Baldrame	6.636,13	6.440,84	4.435,87
Supraestrutura - piso	3.578,52	3.578,52	3.578,52
Supraestrutura - laje, viga, pilar e escada	17.055,06	16.713,09	28.933,49
Paredes e Painéis - alvenaria	22.975,79	26.972,34	7.280,89
Revestimento Interno	1.645,11	1.748,56	6.196,93
Revestimento Externo	1.842,53	2.014,37	2.888,65
<b>TOTAL</b>	<b>64.401,19</b>	<b>68.424,03</b>	<b>63.830,65</b>

Observa-se que na obra AECO e AECE os materiais e equipamentos utilizados apresentaram um custo superior a obra em concreto armado. Deve-se ressaltar que as obras em alvenaria estrutural utilizaram argamassa industrializada, que seu custo é maior que de uma argamassa feita em obra. As obras que utilizaram argamassa industrializada obterão maior vantagem economia na utilização de mão-de-obra, principalmente no número de ajudantes utilizados em obra.

#### 4.4 Resultados relativos à mão-de-obra

O custo associado à utilização de um operário na produção civil ultrapassa significativamente o montante que lhe é atribuído como remuneração. É necessário identificar se a empresa utiliza mão-de-obra própria ou terceirizada, se paga leis sociais, se paga refeição e vale transporte. Avaliar a mão-de-obra por meio dos valores pagos em obra levaria a apropriações incorretas, já que nem sempre o valor pago aos operários em obra representa o valor correspondente ao real gasto da empresa com o funcionário. Este valor nem sempre é proporcional ao serviço executado em função da produtividade do mesmo. Além deste fatores, a variabilidade de custo dos valores pagos a mão-de-obra por diferentes empresas para um mesmo serviço, pode ser significativo de uma obra para outra.

Optou-se no trabalho por calcular o custo da mão-de-obra em função de sua produtividade. A produtividade foi observada a partir de medições realizadas em obra. Obteve-se um valor de produtividade para os serviços analisados neste trabalho e com estes índices calculou-se a quantidade total de homens-hora necessária para a execução de um edifício tipo inteiro (com 4 apartamentos por andar e 4 pavimentos), como havia sido realizado para materiais e equipamentos.

Obteve-se o custo da hora-homem trabalhada em pesquisa bibliográfica, conforme tabela 33 (REVISTA, 2002). Utilizou-se a média salarial da categoria em salário/hora. Nos valores da tabela 33 não estão computadas as taxas de Leis Sociais e Riscos do Trabalho. Para o cálculo do custo da mão-de-obra será utilizado os valores em salário/hora da tabela 33, acrescido das taxas de Leis Sociais e Riscos do Trabalho, conforme Anexo A.

**Tabela 33: Salário profissionais na construção civil para o estado do Paraná**

Especificação	Unid	Salário/hora
Servente	h	<b>1,67</b>
Carpinteiro	h	<b>2,27</b>
Ferreiro	h	<b>2,27</b>
Pedreiro	h	<b>2,27</b>

Fonte: Revista Construção Mercado, nº 6 janeiro de 2002, pág 53. (REVISTA, 2002).

Nota: No salário/hora não está computada a taxa de Leis Sociais e Riscos do Trabalho.

Na determinação das horas-homens de oficiais utilizadas em cada serviço, realizaram-se medições em obra do tempo e do número de operários necessários a execução dos mesmos. Nestas medições de produtividade determinava-se uma unidade de produção, que poderia ser um pavimento, um apartamento ou um edifício para avaliar a produtividade obtida em cada serviço, em horas-homem/metro quadrado (Hh/m<sup>2</sup>). Este índice refere-se ao metro quadrado do serviço analisado e não o metro quadrado de área de projeção do pavimento.

O custo dos ajudantes foi avaliado de forma global, já que um ajudante em obra executa várias tarefas, sendo difícil medir o seu custo para determinados serviços. As horas-homem dos serventes foram obtidas por meio da média mensal de serventes utilizadas nas obras para um edifício durante o período de estudo.

Pelas medições realizadas, observou-se que geralmente os valores de produtividade em obras repetitivas como a deste trabalho são maiores que os convencionais. Este fato ocorre devido a facilidade de execução do prédio em função da simplicidade de sua tipologia arquitetônica e devido a própria repetitividade dos serviços, que leva a uma aprendizagem dos serviços. Na obra observou-se que o efeito aprendizagem se estabiliza após a execução da terceira ou da quarta repetição do serviço.

É importante destacar que todos os valores de produtividade aqui apresentados devem ser analisados de uma forma global, já que o número de horas-homem necessárias para a realização de um determinado serviço é função da quantidade de serventes em obra e do que é considerado como parte integrante de cada serviço, ou seja o fluxograma do trabalho. Por exemplo para o serviço de alvenaria nas obras em alvenaria estrutural está computado a marcação da alvenaria, a colocação dos escatilhões, a execução da alvenaria, o grauteamento de vergas, contravergas e grauteamentos verticais. Enquanto na obra em concreto armado só a execução da alvenaria sendo que a exigência de qualidade com relação à espessura das juntas, do prumo e do nível eram diferentes. Na obra em concreto armado os pilares já definem a marcação da alvenaria.

A produtividade de cada serviço é influenciada diretamente pelo contexto em que cada obra se apresenta. Ao comparar dados de produtividade com outros trabalhos é importante que as particularidades de cada ambiente de trabalho, do tipo de serviço realizado, do que é considerado como serviço, dos equipamentos utilizados e do tipo de gerência sejam vistos juntamente com o valor de produtividade medido.

#### 4.4.1 FUNDAÇÃO

##### 4.4.1.1 Baldrame e Blocos

O serviço de baldrame e blocos de fundação não possuem diferenças em função dos diferentes processos construtivos estudados. As formas foram executadas em todas as obras com tábua de pinus (figura 35). Mediu-se a produtividade dos serviços necessário à execução do baldrame e blocos de fundação da obra AECE e por meio destes índices calculou-se o total homem-hora (hh) para as outras obras em função do seu quantitativo de projeto.

No serviço do baldrame e blocos se avaliou a produtividade das equipes envolvidas neste processo: equipe de formas, armadores e o serviço de concretagem. A equipe de formas no baldrame era formado de 2 carpinteiros. Mediu-se o período necessário a execução de 3 baldrame completos e se fez a média destes valores.

Os valores de produtividade encontra-se na tabela 34.

**Tabela 34: Índices de produtividade**

Serviço	Unid. de medição	Valor
Formas	Hh/m <sup>2</sup>	<b>0,805</b>
Armação	Hh/Kg	<b>0,048</b>
Concretagem	Hh/m <sup>3</sup>	<b>0,623</b>

A ferragem utilizada em todas as obras no serviço de baldrame vinham dobradas e cortadas, então o armador tinha o serviço de apenas montar a armação. Pode-se observar a alta produtividade neste serviço. Na foto 35 pode-se observar a equipe de carpinteiros executando as formas do baldrame.



**Figura 35: Montagem das formas do baldrame**

Com os valores de produtividade calculou-se a quantidade total de homens-hora para a realização do serviço de formas (tabela 35), do serviço de armação das ferragens (tabela 36) e para o serviço de concretagem (tabela 37) para os três tipos de processos construtivos estudados.

**Tabela 35: Homens-hora para a execução do baldrame e blocos de fundação para um bloco para o serviço de formas**

Obra	Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	Formas (m <sup>2</sup> )	TOTAL Hh
AECE	0,805	238,46	<b>191,96</b>
AECO	0,805	239,94	<b>193,15</b>
CACE	0,805	202,51	<b>163,02</b>

**Tabela 36: Homens-hora para a execução do baldrame e blocos de fundação para um bloco para o serviço de armação**

Obra	Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	Formas (m <sup>2</sup> )	TOTAL Hh
AECE	0,048	2.676,60	<b>128,48</b>
AECO	0,048	2.514,60	<b>120,70</b>
CACE	0,048	1.067,50	<b>51,24</b>

**Tabela 37: Homens-hora para a execução do baldrame e blocos de fundação para um bloco para o serviço de concretagem**

Obra	Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	Formas (m <sup>2</sup> )	TOTAL Hh
AECE	0,623	22,15	<b>13,80</b>
AECO	0,623	21,90	<b>13,64</b>
CACE	0,623	18,65	<b>11,62</b>

Na tabela 38 pode-se observar os valores em homens hora para a execução do serviço do baldrame e blocos de fundação para todas as obras.

**Tabela 38: Total homens-hora para a execução dos serviços para a execução do baldrame e blocos dos fundação para um bloco para todas as obras**

Serviço	AECE (Hh)	AECO (Hh)	CACE (Hh)
Formas	<b>191,96</b>	<b>193,15</b>	<b>163,02</b>
Armação	<b>128,48</b>	<b>120,70</b>	<b>51,24</b>
Serviço de concretagem	<b>13,80</b>	<b>13,64</b>	<b>11,62</b>

#### 4.4.2 SUPRAESTRUTURA

##### 4.4.2.1 Piso

Executou-se o piso sobre lona preta para evitar umidade. Utilizou-se uma malha de  $\phi$  5 mm a cada 25 cm (figura 36). O serviço de formas refere-se somente ao serviço de contenção lateral.



**Figura 36: Lona preta sob o piso para evitar umidade**

Devido a semelhança entre os projetos e considerando que o piso não sofre influência devido aos processos construtivos diferentes, considerou-se este serviço igual para todas as obras. Os valores encontram-se na tabela 39, 40, 41 e 42.

**Tabela 39: Total homens-hora para a execução do piso para todas as obras para o serviço de formas**

Obra	Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	Formas (m <sup>2</sup> )	TOTAL Hh
AECE / AECO / CACE	0,805	12,50	<b>10,06</b>

**Tabela 40: Total homens-hora para a execução do piso para todas as obras para o serviço de armação**

Obra	Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	Formas (m <sup>2</sup> )	TOTAL Hh
AECE / AECO / CACE	0,060	251,54	<b>15,09</b>

**Tabela 41: Total homens-hora para a execução do piso para todas as obras para o serviço de concretagem**

Obra	Produtividade (Hh/m <sup>3</sup> )	Concreto (m <sup>3</sup> )	TOTAL Hh
AECE / AECO / CACE	0,623	18,32	<b>11,41</b>

**Tabela 42: Total homens-hora para a execução do piso para todas as obras**

Serviço	AECE / AECO / CACE (Hh)
Formas	<b>10,06</b>
Armação	<b>15,09</b>
Serviço de concretagem	<b>11,41</b>

#### 4.4.2.2 Laje, viga, escada e pilar

No trabalho mediu-se uma produtividade global para o caso da formas para laje, viga, escada e pilar. No caso da alvenaria estrutural somente laje e escada. O serviço de formas para as obras em alvenaria estrutural (figura 37) possui certa vantagem em relação ao concreto armado (figura 38) já que a própria alvenaria serve como referência para a execução das formas tanto nas dimensões como no nível da mesma. Observa-se que houve uma maior produtividade no serviço de formas nas obras em alvenaria estrutural comparada as obras em concreto armado.



**Figura 37: Forma da laje maciça para obra AECO**



**Figura 38: Forma da laje, vigas e pilar para obra CACE**

A equipe de formas para os prédios em alvenaria estrutural executados pela empresa “A” trabalhava com 4 oficiais, enquanto a equipe de formas da empresa “B”, que executou a obra em concreto armado trabalha com uma equipe de 6 oficiais e 2 ajudantes. A mesma equipe executava as formas da obra AECE e na obra AECO, já que estas duas obras foram executadas pela mesma empresa “A”. Para a medição de produtividade computou-se somente as horas-homens trabalhada dos oficiais, as horas-homem dos ajudantes serão calculadas de forma global ao final do trabalho.

Para o serviço de formas temos os seguintes valores de projeto para um bloco:

Obra em AECE:

área de formas laje (m<sup>2</sup>) = 763,69;

área de formas escada e vigas da escada (m<sup>2</sup>) = 109,05;

total (m<sup>2</sup>) = 872,74;

produtividade medida = 0,518 hh/m<sup>2</sup>.

Obra em AECO:

área de formas laje (m<sup>2</sup>) = 768,31;

área de formas escada e vigas da escada (m<sup>2</sup>) = 97,59;

total (m<sup>2</sup>) = 865,90;

produtividade medida = 0,518 hh/m<sup>2</sup>.

Obra em CACE:

área de formas laje (m<sup>2</sup>) = 767,20;

área de formas escada (m<sup>2</sup>) = 35,80;

área de formas viga (m<sup>2</sup>) = 565,71;

área de formas pilar (m<sup>2</sup>) = 251,00;

total (m<sup>2</sup>) = 1619,71;

produtividade medida = 0,740 hh/m<sup>2</sup>.

Obtiveram-se os seguintes resultados para a mão-de-obra no serviço de laje, viga, escada e pilar para os serviços de formas, armação e concretagem (tabelas 43, 44, 45 e 46).

**Tabela 43: Total homens-hora para a execução da laje, viga, escada e pilar para todas as obras para o serviço de formas**

Obra	produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	formas (m <sup>2</sup> )	TOTAL Hh
AECE	0,518	872,74	<b>452,08</b>
AECO	0,518	865,90	<b>448,54</b>
CACE	0,740	1.619,71	<b>1.198,59</b>

**Tabela 44: Total homens-hora para a execução da laje, viga, escada e pilar para todas as obras para armação**

Obra	Produtividade (Hh/kg)	Ferragem (kg)	TOTAL Hh
AECE	0,060	3.231,60	<b>193,90</b>
AECO	0,060	2.921,10	<b>175,27</b>
CACE	0,060	6.378,00	<b>382,68</b>

**Tabela 45: Total homens-hora para a execução da laje, viga, escada e pilar para todas as obras para o serviço de concretagem**

Obra	Produtividade (Hh/m <sup>3</sup> )	Concreto (m <sup>3</sup> )	TOTAL Hh
AECE	0,623	79,97	<b>49,82</b>
AECO	0,623	80,54	<b>50,18</b>
CACE	0,623	110,13	<b>68,61</b>

**Tabela 46: Total homens-hora para a execução dos serviços para a execução do baldrame e blocos dos fundação para um bloco para todas as obras**

Serviço	AECE (Hh)	AECO (Hh)	CACE (Hh)
Formas	<b>452,08</b>	<b>448,54</b>	<b>1.198,59</b>
Armação	<b>193,90</b>	<b>175,27</b>	<b>382,68</b>
Serviço de concretagem	<b>49,82</b>	<b>50,18</b>	<b>68,61</b>

#### 4.4.3 PAREDES – Alvenaria

No serviço de alvenaria utilizou-se o pavimento como unidade de medição da produtividade. A produtividade era obtida por meio da divisão do total de homens-horas necessários para a execução de um pavimento pela área de alvenaria executada.

É importante que sejam descritas todas as etapas do serviço envolvidas nos valores de produtividade. Nas obras em alvenaria estrutural (AECE e AECO) o serviço de alvenaria inicia-se pela marcação da primeira fiada. Com a ajuda de um auxiliar os pedreiros tinham que marcar a primeira fiada com argamassa 1:3, nivelando a mesma com a ajuda de um nível alemão. Após esta etapa, os pedreiros realizavam a colocação dos escantilhões com parafuso. Além de executar a alvenaria (figura 39), a execução do graute das vergas e contravergas e dos eventuais grautes verticais também eram função do mesmo operário. O grauteamento das canaletas da última fiada não eram realizadas no serviço de alvenaria mas, no serviço de concretagem da laje.

O rigor no controle das espessuras das juntas e no prumo das paredes era grande. Por isso, ocorria uma diminuição da produtividade da alvenaria nas obra AECE e AECO.



**Figura 39: Execução da alvenaria, utilização da régua prumo e nível na conferência da planicidade da parede – obra AECE**

O serviço de alvenaria para obra em concreto armado consistia apenas na execução da alvenaria, sendo que a marcação da mesma já é dada pelo pilares na maioria das vezes. O serviço de alvenaria para a obra em concreto armado não tinha um controle de qualidade como havia na obra em alvenaria estrutural. A figura 40 ilustra a execução deste serviço na obra CACE.



**Figura 40: Execução da alvenaria – obra CACE**

Na tabela 47 pode-se perceber a diferença de produtividade entre as alvenarias.

**Tabela 47: Índices de produtividade para a alvenaria**

Obra	Unid. de medição	Valor
AECE	Hh/m <sup>2</sup>	<b>0,815</b>
AECO	Hh/m <sup>2</sup>	<b>0,665</b>
CACE	Hh/m <sup>2</sup>	<b>0,395</b>

A obra em CACE possui área de alvenaria inferior as outras obras devido ao espaço preenchido pelas vigas e pilares. Pode-se observar tal fato na tabela 48. Nesta mesma tabela é apresentada as horas-homens necessárias para a execução de um edifício para o serviço de alvenaria.

**Tabela 48: Total homens-hora para o serviço de alvenaria para todas as obras**

Obra	Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	TOTAL Hh
AECE	0,815	1.573,88	<b>1.282,71</b>
AECO	0,665	1.551,48	<b>1.031,73</b>
CACE	0,395	1.400,31	<b>553,12</b>

#### 4.4.4 REVESTIMENTO INTERNO

Realizou-se a medição de produtividade do revestimento interno utilizando como unidade de repetição o apartamento. Media-se o tempo total em horas-homem necessário para a execução de um apartamento.

Nas obras em alvenaria estrutural a medição de produtividade era realizada em planilhas de acompanhamento como a do apêndice B2. Numa mesma planilha junto ao almoxarife era possível controlar a quantidade de argamassa fornecida para cada operário em cada apartamento e a produtividade do mesmo. Quando o operário finalizava o revestimento interno de um apartamento o mesmo comunicava ao almoxarife que iniciava a marcar o seu novo consumo de sacos de 50 kg de argamassa e seus dias e horas trabalhadas. O almoxarife tinha controle dos operários que trabalhavam na obra, conseqüentemente era só marcar o tempo que cada operário ficava trabalhando em cada apartamento no serviço de revestimento interno. Assim, por meio de uma simples mudança na rotina de controle do almoxarife da obra se podia controlar

produtividade e consumo de argamassa.

O revestimento interno nas obras em alvenaria estrutural foi executados em massa única com espessura aproximada de 5mm com argamassa industrializada (figura 41). O pedreiro recebia dos servente no apartamento o número de sacos de 50 kg necessário para a execução do mesmo. Aproximadamente 24 sacos por apartamento. A tarefa do servente neste serviço era de simplesmente estocar a argamassa necessária a execução de um apartamento, tal como figura 42. O pedreiro além de executar o revestimento interno era o responsável por fazer a massa, desta maneira ele sempre trabalhava sozinho. Os pedreiros em geral reclamavam da produtividade desta massa alegando que a massa puxava muito rápido não sendo possível a execução de grandes panos de revestimento de uma única vez.

Na produtividade do revestimento interno para as obras em alvenaria estrutural estão incluso o tempo de execução do serviço e de preparação da argamassa



**Figura 41: Execução do revestimento interno – obra AECE**



**Figura 42: Estocagem de argamassa nos apartamento para execução do revestimento interno para as obras em alvenaria estrutural**

Nas obras em concreto armado utilizou-se argamassa feita em obra com a base chapiscada, sendo esta chamada no trabalho de argamassa comum. Geralmente, o pedreiro trabalhava sozinho com a ajuda de um servente. A medição de produtividade na obra CACE era realizada pelo autor. Media-se o tempo necessário para a execução de um apartamento. Como as obras eram vizinhas o autor fazia visitas aos apartamentos duas vezes ao dia. Assim, controlava-se por meio do nome do operário e do número do apartamento o seu tempo de execução, já que na obra os mesmo trabalhavam oito horas ao dia. Na figura 43 pode-se observar a execução deste serviço pelo operário.



**Figura 43: Execução do revestimento interno na obra CACE.**

Observa-se na tabela 49 os valores de produtividade obtidos em obra para o revestimento interno.

**Tabela 49: Índices de produtividade para a revestimento interno**

Tipo de revestimento	Unid. de medição	Valor
Argamassa industrializada	Hh/m <sup>2</sup>	<b>0,273</b>
Argamassa comum	Hh/m <sup>2</sup>	<b>0,250</b>

Nas obras em alvenaria estrutural executou-se o arco da escada com argamassa comum chapiscada, por isto na composição de produtividade (tabela 50) aparece além da massa da industrializada o custo da argamassa comum.

**Tabela 50: Homens-hora para o serviço de revestimento interno para todas as obras**

Obra AECE	Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	TOTAL Hh
Arg. industrializada	0,273	2.187,27	597,12
Arg. comum	0,250	134,48	33,62
<b>TOTAL</b>			<b>630,74</b>
<b>Obra AECO</b>			
Arg. industrializada	0,273	2.155,65	588,49
Arg. comum	0,250	137,75	34,44
<b>TOTAL</b>			<b>622,93</b>
<b>Obra CACE</b>			
Arg. comum	0,250	2.346,45	<b>586,61</b>

Apesar da diferença de espessura de argamassa executada nas obras em alvenaria estrutural da obras em concreto armado, observou-se que não houve um ganho de produtividade em função das espessuras reduzidas. Na obra em concreto armado o pedreiro perde tempo chapando a argamassa no substrato mas, ganha tempo no seu desempenho. É mais fácil conseguir planicidade em uma parede com revestimento de 2 a 3 cm de espessura do que quando se executa uma parede com 5mm. Este é um dos fatores que mostra que a produtividade não é proporcional a diminuição da espessura do revestimento interno. Na tabela 51, encontra-se os valores obtidos em horas-homem no serviço de alvenaria para um edifício.

**Tabela 51: Total homens-hora para o serviço de revestimento interno para todas as obras**

Obra	Total Hh
AECE	<b>630,74</b>
AECO	<b>622,93</b>
CACE	<b>586,61</b>

#### 4.4.5 REVESTIMENTO EXTERNO

Quando se mede revestimento externo deve-se estar atento ao que se está medido. A medição de produtividade de uma fachada sem janelas é completamente diferente da produtividade de uma fachada com janelas. Na fachada com janelas como os andaimes já estão montados o pedreiro deve executar o requadro das janelas (pelo menos os requadros do 4º, 3º e 2º pavimentos), além do próprio revestimento externo. O serviço de revestimento externo consiste em executar o revestimento externo em todas as paredes do edifício, requadrar as janelas até o 1º pavimento e montar e desmontar os andaimes.

Para que o serviço de revestimento externo abrangesse todas as etapas citadas no parágrafo anterior, utilizou-se como unidade de medição de produtividade do serviço de revestimento externo um edifício. A medição deste serviço consiste em avaliar o número de homens-horas necessários à execução de um prédio e a partir da metragem quadrada executada neste intervalo de tempo determina-se a produtividade.

Nas obras em alvenaria estrutural executada pela empresa “A” utilizou argamassa projetada nas fachadas, tal como mostra a figura 44. Nestas obras, somente para o arco da escada (como havia ocorrido no revestimento interno) foi utilizada argamassa comum. A equipe era formada por 4 pedreiros que reguavam e davam acabamento ao revestimento e um servente que projetava a argamassa nas paredes.



**Figura 44: Execução do revestimento externo com argamassa projetada para obra AECE**

Na obra em concreto armado a argamassa utilizada foi confeccionada em obra. O serviço de revestimento externo para obra CACE consistia na montagem do andaime, execução do chapisco (figura 45) e a execução do revestimento. A equipe que trabalhava nos andaimes era formada por 4 pedreiro e 1 ou 2 serventes no andaime, sem contar os serventes que auxiliavam no transporte e na confecção da argamassa.



**Figura 45: Execução do chapisco para obra CACE**

Não se obteve uma diferença significativa entre a produtividade em obra da argamassa projetada em comparação com a argamassa comum (tabela 52). Ressalta-se que no valor de produtividade da argamassa projetada estão inclusos os tempos perdidos em função da quebra da máquina projetora (já que a produtividade é calculada em função do tempo de execução de um edifício), o serviço de montagem e o serviço de desmontagem dos andaimes.

Os valores da tabela abaixo refere-se somente a produtividade dos oficiais, já que as horas trabalhadas dos serventes, como já foi registrado, foram agrupadas para todos os serviços.

**Tabela 52: Índices de produtividade para revestimento externo**

Obra	Unid. de medição	Valor
Argamassa projetada	Hh/m <sup>2</sup>	<b>0,327</b>
Argamassa comum	Hh/m <sup>2</sup>	<b>0,424</b>

Na tabela 53, pode-se observar o valor das homens-horas despendidas na realização deste serviço. A tabela 54 mostra o resumo dos consumos totais.

**Tabela 53: Homens-hora para o serviço de revestimento externo para obra AECE**

Obra AECE	Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	TOTAL Hh
Arg. projetada	0,327	755,84	247,16
Arg. comum	0,424	24,16	10,24
<b>TOTAL</b>			<b>257,40</b>
<b>Obra AECO</b>			
Arg. projetada	0,327	754,16	246,61
Arg. comum	0,424	23,68	10,04
<b>TOTAL</b>			<b>256,65</b>
<b>Obra CACE</b>			
Arg. comum	0,424	786,36	<b>333,42</b>

**Tabela 54: Total homens-hora para o serviço de revestimento externo para todas as obras**

Obra	Total Hh
AECE	<b>257,40</b>
AECO	<b>256,65</b>
CACE	<b>333,42</b>

#### 4.4.6 SERVENTES

As obras em alvenaria estrutural executadas pela empresa “A” possuíam diário de obras. No diário de obras constava-se a quantidade de ajudantes utilizados em cada dia para cada canteiro. A partir do diário de obras calculou-se o número de serventes total que trabalharam na obra AECE e na obra AECO. Realizaram-se tais medições durante 4 meses.

A partir do número de serventes que trabalhava em cada canteiro, determinou-se o número dos mesmos proporcional para um edifício com 4 pavimentos e 4 apartamentos por andar. Este cálculo do número de serventes para cada um dos edifícios foi realizada em função da área construída. Por exemplo se fossem computadas 100 horas-homem de servente para dois edifícios de 800m<sup>2</sup> de área construída e um de 400m<sup>2</sup> de área construída, totalizando 2000m<sup>2</sup> de área construída, o valor das horas-homem utilizada para a execução de um edifício de 800m<sup>2</sup> seria de 40 horas-homem.

A obra em concreto armado não possuía diário de obras. Por isto, o cálculo do número de serventes que trabalharam na obra durante o período de estudo foi obtido por meio dos recibos assinados pelos serventes no pagamento do mês. Assim, por meio dos recibos de cada servente dos dias trabalhados na obra, obteve-se a quantidade total de horas-homem trabalhada para um canteiro tipo Anexo B. Tal como havia sido realizado nas obras em alvenaria estrutural, calculou-se as horas-homens equivalentes para um prédio de 4 pavimento com 4 apartamentos por andar em função da área construída.

Na obra CACE utilizou-se um número maior de serventes. Isto ocorreu, devido a argamassa utilizada nos serviços de revestimento interno, revestimento externo e alvenaria serem feitas em obra, devido ao maior transporte de materiais dentro canteiro, tal como as formas e devido ao maior tempo dependido com a limpeza da obra, já que o modo de execução dos serviço na obra em concreto armado proporcionava mais sujeira que nas obras em alvenaria estrutural.

Considerou-se num mês, 44 horas trabalhadas na semana, 4,34 semanas por mês, com uma média de 191 horas trabalhadas por mês.

Durante o andamento do trabalho observou-se que havia uma diferença muito grande no número de serventes trabalhando na obra em concreto armado em comparação ao número dos mesmo trabalhando nas obras em alvenaria estrutural.

A forma como foram executadas as obras em alvenaria estrutural, com a utilização de palets sobre as laje (figuras 46 e 47), a utilização de argamassa industrializada (figura 48) nos serviços de alvenaria e revestimento internos e argamassa projetada no serviço de revestimento externo, possibilitaram uma menor movimentação e preparação de materiais na obra. Levando uma redução drástica do número de serventes nas obras em alvenaria estrutural.



**Figura 46: Colocação dos palets sobre o pavimento em execução**



**Figura 47: Palets sobre o pavimento em execução**



**Figura 48: Transporte da argamassa industrializa pelos serventes**

Na tabela 55, pode-se observar a diferença no número de serventes utilizados em cada obra. A empresa “A” utilizou o mesmo número de serventes nas obras AECE e AECO.

**Tabela 55: Total homens-hora para os serventes para um bloco tipo inteiro**

Obra	Média serventes/mês	Período (meses)	Horas por mês	<b>TOTAL Hh</b>
AECE	0,769	6,00	191,00	<b>880,82</b>
AECO	0,769	6,00	191,00	<b>880,82</b>
CACE	2,003	6,00	191,00	<b>2.295,44</b>

#### 4.5 Consumo final de homens-hora trabalhadas

Na tabela 56 encontra-se os valores totais de horas trabalhadas para os serviços medidos em obra. Pode-se observar nesta mesma tabela que para as obras estudadas, encontrou-se uma grande diferença no consumo de mão-de-obra dos ajudantes.

**Tabela 56: Total homens-hora para os serviços medidos em obra**

	<b>AECE</b>	<b>AECO</b>	<b>CACE</b>
SERVIÇOS	homens -hora	homens -hora	homens -hora
<b>FUNDAÇÃO</b>			
<b>Baldrame</b>			
formas	191,96	193,15	163,02
armação de ferro	128,48	120,70	51,24
serviço de concretagem	13,80	13,64	11,62
<b>SUPRAESTRUTURA</b>			
<b>Piso</b>			
formas	10,06	10,06	10,06
armação	15,09	15,09	15,09
serviço de concretagem	11,41	11,41	11,41
<b>Laje e escada (e vigas/pilares)</b>			
formas laje, escada (e vigas)	452,08	448,54	1.198,59
armação laje e escada vigas, pilar	193,90	175,27	382,68
serviço de concretagem laje..	49,82	50,18	68,61
<b>PAREDES E PAINÉIS</b>			
alvenaria	1.282,71	1.031,73	553,12
<b>REVESTIMENTOS INTERNOS</b>			
Revestimento interno	630,74	622,93	586,61
<b>REVESTIMENTOS EXTERNOS</b>			
Revestimento externo	257,40	256,65	333,42
<b>TOTAL sem serventes</b>	<b>3.237,46</b>	<b>2.949,36</b>	<b>3.385,48</b>
Serventes (geral)	880,82	880,82	2.295,44
<b>TOTAL com serventes</b>	<b>4.118,28</b>	<b>3.830,17</b>	<b>5.680,91</b>

A partir do somatório dos homens-horas totais utilizados nos serviços medidos neste trabalho para oficiais e ajudantes, utilizou-se o salário hora recebido no Estado do Paraná para servente, carpinteiro, ferreiro e pedreiro conforme a tabela 33 apresentada no início deste capítulo para o cálculo do custo da mão-de-obra. Como o custo da mão-de-obra no estado do Paraná para carpinteiro, ferreiro e pedreiro possuem o mesmo valor, somou-se e calculou-se o custo desta mão-de-obra juntas, denominando-se todos estes operários de oficiais.

Considerou-se as leis sociais conforme revista (2002) iguais a 126,68%, ver anexo A. Na tabela 57 é mostrado o custo que a mão-de-obra representou nos serviços estudados.

**Tabela 57: Custo da mão-de-obra total para os serviços medidos com leis sociais**

Custo	AECE	AECO	CACE
Custo da mão-de-obra sem serventes	16.658,80	15.176,32	17.420,43
Custo da mão-de-obra para serventes	3.334,38	3.334,38	8.689,51
<b>custo da mão-de-obra total</b>	<b>19.993,18</b>	<b>18.510,70</b>	<b>26.109,93</b>

Observa-se um grande diferença de custo na mão-de-obra utilizada para as obras em alvenaria estrutural em relação a obra em concreto armado. A maneira como foram executadas as obras em alvenaria estrutural possibilita uma redução drástica no número de serventes em obra. Esta diferença no custo da mão-de-obra foi obtida em função das características específicas das obras analisadas. Se fosse utilizada argamassa feita em obra nas obras em alvenaria estrutural esta diferença nos custos da mão-de-obra seria menor. Porém, o custo dos materiais para as obras em alvenaria estrutural seria menor, já que a argamassa industrializada é mais onerosa que a feita em obra.

Hoje a maioria das empresas trabalha com mão-de-obra terceirizada, geralmente fechando um preço global da mão-de-obra para toda a obra. Para as obras empreitadas no plano PAR cobra-se em média 18% do valor do CUB para obras em alvenaria estrutural em blocos de concreto e 21% do CUB para obras realizadas em concreto armado. Considerado o CUB médio do Sindicato do período de R\$ 550,00 /m<sup>2</sup> e a área de projeto para um edifício inteiro estudado de 816 m<sup>2</sup>, obtém-se uma diferença entre os valores cobrados pelos empreiteiro entre uma obra em concreto armado e uma obra em alvenaria estrutural de R\$ 13.464,00.

No trabalho calculando-se esta diferença em função da produtividade medidas nas obras CACE e AECO sem considerar os serviços de instalação telefônica, elétrica e hidráulica e o lucro do empreiteiro obteve-se o valor de R\$ 6116,76. Neste valor não está computado dias de chuva, retrabalhos, e pequenos serviços tal como alvenaria de preenchimento do shaft ou do quadro de medição.

Observa-se na tabela 58 do capítulo seguinte que a proporção do custo da mão-de-obra com relação ao custo dos materiais é pequena, entretanto as conclusões serão baseadas na metodologia proposta inicialmente baseada nas horas-homens trabalhas.

#### 4.6 Resultados da comparação de custos

A partir de todos os dados medidos que são os serviços de fundação, infraestrutura, supraestrutura, alvenaria, revestimento interno e revestimento externo obteve-se os seguintes custos para as obras estudadas, conforme tabela 58:

**Tabela 58: Custo total para os serviços medidos**

Serviços medidos	AECE	AECO	CACE
Materiais e equipamentos	64.401,19	68.424,03	63.830,65
Mão-de-obra	19.993,18	18.510,70	26.109,93
<b>TOTAL</b>	<b>84.394,36</b>	<b>86.934,73</b>	<b>89.940,58</b>

Pode-se observar que somente nos serviços medidos obteve-se as seguintes percentagens de diferença de custos entre as obras (tabela 59).

**Tabela 59: Percentagem de diferença entre os serviços medidos**

AECE e CACE	6,17%
AECO e CACE	3,34%
AECE e AECO	2,92%

Para a obra em AECE o custo de R\$ 84.394,36 inclui o custo do frete do bloco cerâmico trazido de outra cidade num valor de R\$ 3.750,52 para um prédio. Se o bloco fosse comprado na própria cidade a diferença de custo em relação ao processo construtivo em bloco cerâmico seria maior.

Para a comparação da real economia que as obras em alvenaria estrutural representaram em relação ao concreto armado calculou-se o valor percentual que esta representou em relação ao custo de um edifício. Obteve-se por meio do orçamento inicial da obra AECE o custo dos serviços restantes, que são iguais para todos os processos construtivos. A descrição detalhada destes valores encontra-se no anexo D. Nos serviços não computados neste trabalho estão inclusos os custos da mão-de-obra, dos materiais e dos equipamentos referentes a locação da obra, a esquadrias de portas e janelas, a dobradiça e fechaduras, a telhado, rufos e calhas, a impermeabilizações, a pisos cerâmicos e azulejos, a forros, pintura, a instalação elétrica e telefônica, a instalações hidráulicas, a louças e metais.

O custo dos serviços não medidos é de R\$126.441,89. Na tabela 59 pode-se observar o custo total para um prédio em função dos diferentes processos construtivos analisados.

**Tabela 60: Custo total para um prédio de 4 pavimentos com 4 apartamentos por andar**

Custo dos Serviços	AECE	AECO	CACE
Serviços medidos no trabalho	84.394,36	86.934,73	89.940,58
Serviços não medidos	126.441,89	126.441,89	126.441,89
<b>TOTAL</b>	<b>210.836,25</b>	<b>213.376,61</b>	<b>216.382,47</b>

No custo final de um prédio obteve-se as seguintes economias entre as obras, tal com tabela 61.

**Tabela 61: Percentagem de diferença para um edifício de 4 pavimentos com 4 apartamentos por andar**

AECE e CACE	2,56%
AECO e CACE	1,39%
AECE e AECO	1,19%

## 4.7 Outras Considerações

### 4.7.1 Comparativo entre aço, formas e concreto

Alguns autores atribuem que a vantagem econômica da alvenaria estrutural com relação ao concreto armado se refere a redução do número de formas, do volume de concreto e da quantidade de aço utilizada em obra.

Para avaliar a diferença com relação a estes insumos, calculou-se o quantitativo de projeto de todas as obras analisadas (tabela 62) para fazer tal avaliação.

**Tabela 62: Comparação entre os quantitativos de aço e de concreto medidos em obra**

<b>SERVIÇOS</b>	<b>AECE</b>	<b>AECO</b>	<b>CACE</b>
Baldrame e blocos	22,15	21,9	18,65
Alvenaria (grout)	9,56	19,00	0,00
Laje, viga , pilar e escada	71,40	71,22	110,30
Piso	19,50	19,50	19,50
<b>TOTAL</b>	<b>122,61</b>	<b>131,62</b>	<b>148,45</b>

**Aço**

<b>SERVIÇOS</b>	<b>AECE</b>	<b>AECO</b>	<b>CACE</b>
Baldrame e blocos	2676,30	2514,60	1067,5
Alvenaria	1.457,79	1.558,69	0,00
Laje, viga , pilar e escada	3231,60	2921,10	6378,00
Piso	251,54	251,54	251,54
<b>TOTAL</b>	<b>7617,225</b>	<b>7245,925</b>	<b>7697,035</b>

<b>Custo insumos</b>	<b>concreto R\$/m<sup>3</sup></b>	<b>aço R\$/kg</b>
	<b>139,08</b>	<b>0,91</b>

	<b>AECE</b>	<b>AECO</b>	<b>CACE</b>
<b>Custo concreto</b>	16679,76	17564,71	20646,43
<b>Custo aço</b>	6931,67	6593,79	7004,30
<b>TOTAL R\$</b>	<b>23611,43</b>	<b>24158,50</b>	<b>27650,73</b>

Diferença CACE - AECE R\$	<b>4039,29</b>
Diferença CACE - AECO R\$	<b>3492,23</b>

Pela tabela acima pode-se observar o somatório dos quantitativos de projeto para aço e concreto no baldrame, blocos de coramento, nas lajes, vigas, pilares, escada e piso. Nas obra em alvenaria estrutural considerou-se ainda o graute utilizado nas vergas, contravergas, grautementos verticais e cinta de amarração como concreto neste somatório.

Por meio da tabela 62 observa-se que a diferença entre o aço e concreto medidos pelos quantitativos de projeto foi de R\$ 4039,29 entre as obra CACE e AECE e de R\$ 3492,23 entre as obra CACE e AECO. Este números representam uma percentagem em torno de 1,8% do custo total de um edifício.

Para supraestrutura da obra CACE que consiste nos pilares, vigas, lajes e escadas, somou-se o quantitativo de aço, formas e concreto (tabela 63) a fim de comparar a percentagem que estes insumos representam na estrutura comparando-se pilares e vigas com lajes e escadas que teoricamente são iguais para obras em alvenaria estrutural.

**Tabela 63: Quantitativos de projeto para aço, formas e concreto para obra CACE para supraestrutura**

<b>SERVIÇOS</b>	<b>aço kg</b>	<b>forma m<sup>2</sup></b>	<b>concreto m<sup>3</sup></b>
Pilares	1636,00	251,00	12,80
Vigas	2816,00	565,71	28,93
Lajes	1726,00	767,20	57,20
Escadas	200,00	35,80	3,50
<b>Total lajes, escadas</b>	<b>1926,00</b>	<b>803,00</b>	<b>60,70</b>
<b>Total pilares, vigas</b>	<b>4452,00</b>	<b>816,71</b>	<b>41,73</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6378</b>	<b>1619,71</b>	<b>102,43</b>

Observa-se que 40,74% do volume de concreto está nas vigas e pilares. As formas (medidas em m<sup>2</sup> de formas) correspondem a 50,42% e o aço a 69,80 em relação as suas quantidades totais nas vigas e pilares para a execução de um edifício.

#### **4.7.2 Comparativo entre as vantagens e desvantagens entre os processos construtivos observados pelo autor em obra**

Quando se faz a comparação entre os processos construtivos é importante observar o potencial construtivo que cada processo poderá propiciar.

O autor considera que a grande vantagem da alvenaria estrutural no processo de produção está aliada a precisão dimensional e a padronização que o processo propiciam.

Não existe controle sem padronização. A padronização é uma atividade que, para seu sucesso, necessita da participação e do consenso das pessoas envolvidas no processo. Para conseguir esse envolvimento é necessário que tanto os gerentes, os técnicos, quanto os operários sintam-se co-participantes da elaboração dos padrões. O conceito de industrialização está ligado a padronização. Neste item o processo construtivo em alvenaria estrutural mostra-se mais vantajoso que o processo

construtivo em concreto armado.

A implantação de elementos pré-fabricados em obra dependem da precisão dimensional. Por exemplo uma parede que possua um desaprumo de 2 cm a cada pavimento no 3º pavimento já obtém-se uma diferença de 6cm. Talvez a introdução de um elemento, tal como uma escada pré-moldada pode tornar-se inviável devido a tal falta de precisão. Mas, a simples adoção de um sistema pré-fabricado não torna o processo industrializado.

Observou-se que a obra em concreto armado geralmente obtinha maiores perdas de materiais, tal como concreto, argamassa e blocos. Mas na escolha de um processo é preciso avaliar o custo (R\$) que tal perda representam. Por exemplo em termo de custos é preferível perder 10% do blocos cerâmicos comuns (tijolos) que perde 2% dos blocos de concreto.

Em obra, a utilização da argamassa industrializada em silo proporciona a diminuição do número de ajudantes na obra, mas não é interessante quando se quer ter o controle dos insumos, já que é difícil controlar o consumo do material no silo. É sempre preferível utilizar argamassa industrializada ensacada na obra nos serviços de alvenaria e revestimento interno. Assim é possível ter o controle exato da quantidade de argamassa que cada operário gasta em seu serviço. Observou-se que quando se optou por utilizar o silo, o consumo de argamassa nos serviços de alvenaria e revestimento interno era maior. Quando o operário sabe que a quantidade de insumo utilizada em seu serviço esta sendo controlada o mesmo tende a obter menores consumos.

A terceirização da mão-de-obra é outro fator que impede o desenvolvimento de maiores produtividades nos serviços. As grandes vantagens do processo construtivo em alvenaria estrutural, baseadas na otimização do processo por meio da racionalização de procedimentos, não são aproveitados em toda sua potencialidade. Isto é um problema muito mas amplo, está relacionado com a forma como funciona o esquema da terceirização hoje em dia. Na forma atual de contratação dos serviços a alvenaria estrutural dificilmente vai poder mostrar o seu potencial construtivo.

Para a estrutura atual de contratação de mão-de-obra, na qual se contrata-se um empreiteiro a um preço fixo para toda a obra, dificilmente obter-se-á as vantagens que o processo em alvenaria pode apresentar. Se já é difícil compatibilizar atividades e processos com equipes internas, com subcontratados é pior. Desta forma as empresas podem criar uma certa resistência as inovações em obra, já que geralmente esta ação pode não trazer vantagem para a mesma. Quando a mão-de-obra é terceirizada, a quantidade de homens-hora trabalhada não possui significância para a empresa contratante enquanto isto não lhe trazer retorno financeiro.

A grande vantagem na aquisição de uma inovação esta na capacitação da mão-de-obra para aproveitar o potencial que tal inovação pode trazer à empresa. A simples aquisição de por exemplo um novo equipamento, não traz vantagem competitiva à empresa, já que qualquer outra poderá adquiri-lo. Assim a empresa não irá capacitar uma mão-de-obra que num tempo breve não estará mais trabalhando na empresa.

Na análise da viabilidade de execução de uma obra em alvenaria estrutural, devem ser considerados alguns fatores como:

- Região da obra;
- Tipologia arquitetônica;
- Existência de equipe especializada na região;
- Número de pavimentos;
- Existência ou não de pilotis;
- Tempo de execução do empreendimento.

## **5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

### **5.1 Considerações Preliminares**

Os valores apresentados neste trabalho referem-se a um estudo de caso para a cidade de Curitiba no período de junho de 2001 a dezembro de 2001.

Os valores apresentados são resultados de um estudo global dos empreendimentos. Não é possível fazer simulações simplistas, por exemplo, substituindo o custo da argamassa industrializada utilizada nas obras em alvenaria estrutural pelo custo de uma argamassa comum feita em obra simplesmente alterando-se o custo por m<sup>3</sup>, já que o número de ajudantes em obra seria maior e o volume de argamassa também seria maior, pois haveria perdas devido ao transporte.

### **5.2 Resultados obtidos na Pesquisa**

A principal vantagem obtidas nas obras em alvenaria estrutural em relação às obras em concreto armado está na economia que a mesma proporciona de mão-de-obra.

Ao final do trabalho a economia das obras em alvenaria estrutural comparadas a obra em concreto armado representaram os seguintes valores:

- Economia entre AECE e CACE: 2,56 %;
- Economia entre AECO e CACE: 1,39 %.

Estes números de economia são inferiores a todos os outros trabalhos apresentados na bibliografia. Deve-se ressaltar, que os trabalhos referenciados na bibliografia são trabalhos de anos anteriores a 1995. Neste período pode ter ocorrido variações no custos dos insumos e mão-de-obra que levaram a tal diferença.

Neste valor não está computada a economia gerada pelos serviços de instalação elétrica, telefônica e hidráulica. No entanto o consumo extra de materiais, tal como blocos cerâmicos e argamassa, proveniente dos rasgos executados nas alvenarias para a obra CACE em função dos serviços de instalações estão computados. Somente a

diferença relativa à mão-de-obra utilizada nestes serviços e aos materiais não foram computados.

O custo do bloco em alvenaria estrutural é quem viabiliza ou não a realização de um empreendimento em alvenaria estrutural. Na obra AECE o custo dos blocos cerâmicos representa 8,15% do custo de um edifício, na obra em AECO o custo dos blocos de concreto representa 9,69%, já para a obra em CACE o custo dos blocos cerâmicos de vedação (tijolo de 6 furos) representou somente 1,93% do custo de um edifício. As fábricas de blocos que são as maiores interessadas em difundir o processo construtivo podem inviabilizar um empreendimento devido a grande diferença de custo que o bloco cerâmico e principalmente o bloco de concreto para alvenaria estrutural representam em relação aos blocos cerâmicos comuns para vedação.

Muitos autores atribuem a diferença entre as espessuras de revestimento interno e externo a grande vantagem da alvenaria estrutural em relação ao concreto armado. O custo dos serviços de revestimento externo e interno na obra CACE no caso dos materiais, representam um percentual de 4,94% em relação ao custo de um edifício. Neste percentual está incluso o serviço de chapisco. Então, o autor acredita que a diferença entre o custo destes serviços entre as obras de alvenaria estrutural e a obra em concreto armado não passe de 3%.

Pelo somatório dos quantitativos de projeto para aço, concreto e formas para supraestrutura da obra CACE, observa-se que somente 40,74% do volume de concreto está nas vigas e pilares, o restante encontram-se nas escadas e nas lajes que teoricamente seria igual para alvenaria estrutural. As formas nas vigas e pilares corresponde a 50,42% e o aço corresponde a 69,80% em relação as suas quantidades totais para a execução de um edifício

A diferença obtida pela soma dos valores de projeto para o aço e concreto para todos os serviços em relação as diferentes obras é pequena. Esta diferença não passa de R\$ 4039,00 para o custo de um prédio. Então, a grande diferença atribuída por alguns autores a respeito da economia gerada pela alvenaria estrutural em função da redução do número de formas, do volume de concreto e da quantidade de aço utilizada em obra não

foi constatada neste trabalho.

### **5.3 Os processos construtivos**

Com relação aos processos construtivos, observou-se durante o trabalho que maior facilidade de controle e execução da obra, maior transparência do processo e facilidade de medição no processo em alvenaria estrutural.

Apesar do processo construtivo em alvenaria estrutural propiciar uma maior industrialização na construção, nem sempre os acessórios e elementos pré-moldados reduzem o custo da construção. Podem diminuir o custo da mão-de-obra, mas não necessariamente reduzem o custo do serviço.

A maioria dos autores pesquisados estabelecem que a essência da industrialização está na organização da atividade produtiva. A implantação da pré-fabricação é um meio importante para a industrialização, mas a simples adoção deste sistema não torna o processo construtivo industrializado. O passo inicial para a otimização das técnicas construtivas e a eliminação dos desperdícios é a sua padronização.

Apesar dos desperdícios materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos e temporais possuírem relativa importância para as empresas, seu maior interesse consiste na eliminação dos desperdícios financeiros, que geralmente (mas nem sempre) estão relacionados com os tipos de desperdícios citados acima. Portanto, a procura por um processo ou sistema construtivo que possibilite a execução de uma edificação com um custo cada vez menor é constante.

No processo em concreto armado observa-se maiores perdas materiais, humanas e energéticas que na alvenaria estrutural. Mas perder por exemplo, muito material de baixo custo pode ser muito menos significativo do que perder muito material de custo elevado. É necessário que estas perdas sejam convertidas em custo (R\$), permitindo estabelecer um critério claro para a importância da perda.

Na forma atual de contratação dos serviços torna-se difícil avaliar o potencial construtivo dos processos. Com a terceirização da mão-de-obra o processo em alvenaria estrutural baseado em altas produtividades, na racionalização construtiva, na pré-fabricação dificilmente ocorrerá em obra, já que a única vantagem econômica que a empresa poderá obter é no custo dos materiais, quando pré estabelece o custo da mão-de-obra por m<sup>2</sup>. A empresa não irá capacitar uma mão-de-obra que num tempo breve não estará mais trabalhando na empresa.

#### **5.4 Considerações Finais**

Pelos dados obtidos neste trabalho observa-se que o processo construtivo em alvenaria estrutural para prédios de 4 pavimentos sem pilots possui menores custo que o processo em concreto armado. O processo construtivo em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos mostrou-se o mais econômico de todos.

#### **5.5 Sugestões para trabalhos futuros:**

- Sugere-se que seja feito um trabalho comparando-se os custos e as vantagens e desvantagens para os serviços de instalações hidráulicas, elétrica e de telefônica em outro empreendimento. No trabalho não foi possível quantificar o custo dos insumos e da mão-de-obra referentes a estes itens.
- Seria importante que os serviços destacados neste trabalho fossem avaliados por meio do custeio baseado em atividades, assim pode-se observar as atividades que não agregam valor aos serviços e ver qual o nível de racionalização máxima que cada atividade poderá ter em obra, definindo assim as máximas vantagens de cada processo.
- Sugere-se a criação de um trabalho que indique uma padronização para a medição de produtividade em obra, para se possa fazer uma comparação com outros trabalhos a fim de definir o panorama de produtividade no Brasil. É indicado este trabalho seja executado com um fluxograma do trabalho, mostrando as atividades componentes do serviço que se mediu e que descreva o ambiente da obra medida. Assim, a comparação entre trabalhos anteriores será facilitada, um simples número de

hh/m<sup>2</sup> não quer tem representatividade se não se sabe para que tipo de serviço foi medido.

- Pode-se realizar um comparativo de custos semelhantes ao realizado no trabalho com outras empresas, talvez em outras regiões para verificar se há variação nos dados em outras regiões do Brasil. Talvez possam haver outros valores para o custo dos insumos e da mão-de-obra que possa ser diferentes dos resultados obtidos nesta pesquisa.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, Vahan. Números do desperdício. **Revista Técnica**. Revista de Tecnologia e Negócios da Construção, n.53, Ano 10, Ago.,2001. Entrevista p.30-33.

AGOPYAN, Vahan et al. Alternativas para a Redução de Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras. PCC-USP, 1998. Disponível em <<http://pesquisa.pcc.usp.br/perdas/>>. Acesso em: 08 out. 2002.

ARAÚJO, H. N. **Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: um estudo de caso**. 1995. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

BARROS, M. M. B. A implantação de tecnologias construtivas racionalizadas no processo de produção de edifícios: proposição de um plano de ação. In: Seminário Internacional, Gestão e Tecnologia na Produção de Edifícios, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1997, p. 73-104.

BRAGA, D. B., TRZESNIAK, P. Sobre a denominação e a classificação das perdas na construção civil. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XIX, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro, 1999.

BRASIL mostra tua casa. **Revista Técnica**. Revista de Tecnologia e Negócios da Construção. n.54, Ano 10, Set., 2001, p. 56-63.

CABRAL, E. C. C. **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obra de edificações**. 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

CAMPOS, F. T. N. **Alvenaria armada em bloco de concreto: um estudo comparativo**. 1993. 250 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense. Niterói.

CARDOSO, L. R. A. Metodologia de avaliação de custos de inovações tecnológicas na produção de habitações de interesse social. In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, I, 1999, Recife. **Anais...** Recife. 1999. 10p.

CARVALHO, J. D. C., ROMAN, H. R. Alvenaria estrutural: um pouco de sua História. In: Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura de Maringá, II, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá, 2001.

CONSTRUÇÃO. Quanto custa uma casa popular? Disponível em: <<http://www.piniweb.com/revistas/construção>>. Acesso em: 06 fev. 2002.

**CONVÊNIO EPUSP/ENCOL. Projeto EP/EM-5:** Desenvolvimento de um novo processo construtivo em alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto. Relatório do Processo construtivo: projetos, blocos pré-moldados e execução. 1991.

COSTA, A. L., FORMOSO, C. T. Perdas na construção civil – uma proposta conceitual e ferramentas para sua prevenção. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, VII, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998, p. 1-8.

DÉFICIT Habitacional. 2000. Disponível em: <<http://www.pbqp-h.gov.br/deficit2000/apresentacao.htm>> acesso em: 28 jan. 2002.

ESTRUTURA da Mudança. **Qualidade na Construção**. Revista – Sinduscon, São Paulo. Ano II, N.16, p. 12-18, 1999.

FARIAS, M. S. Alvenaria estrutural - Implantação do processo Construtivo. **Notas de texto** (não publicado), 199?.

FORMOSO, C. T. et al. **Estimativa de Custos de Obras de Edificações**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caderno técnico do curso de pós-graduação em Engenharia Civil, 1986. 108p.

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. 1992. 319p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo. São Paulo.

FRANCO, L. S, AGOPYAN, V. Racionalização dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada. In: International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, 5<sup>th</sup>, 1994, Florianópolis. **Proceedings...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade of Edinburgh, 1994, p. 497-508.

GOULART, R. J. **Custeio e precificação no ciclo de vida das empresas**. 2000. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

HEINECK, L. F. Efeito Aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade das alvenarias. In: Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil, III, 1991, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1991.

HEINECK, L. F. M.; SANTOS, Débora de G. Gerenciamento da alvenaria estrutural. Alvenaria estrutural – programa de capacitação empresarial. Módulo 1: administradores de obras, Florianópolis, 2000, CD-ROM.

HEZEL, C. R., OLIVEIRA, R. R. Estudo da variabilidade da produtividade na execução de obras. In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, II, 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2001, CD-ROM.

ISATTO, E. L. et al.. **Lean construction**: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na: Construção Civil – Porto Alegre, SEBRAE/RS, v. 5, 2000, 177p.

LIBRELOTTO, L. I. et al. Custos na construção civil: uma análise teórica e comparativa. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, VII – Qualidade no Processo Construtivo, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998, v.II, p. 399-406.

LIMA, J. L. P. **Custos da Construção Civil**. 2000. 86p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense. Niterói.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. São Paulo: PINI, 2001. 101p. Bibliografia: p. 101. ISBN 85-7266-126-3.

MAEDA, F. M., SOUZA, U. E. L. Produtividade da mão-de-obra e materiais na execução de revestimento em pasta de gesso aplicado sobre paredes internas de edificações. In: Encontro Nacional do Ambiente Construído, VIII, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador, 2000, CD, 8p.

MARCHESAN, Paulo R. C. **Modelo integrado de gestão de custos e controle da produção para obras civis**. 2001, 149p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

MARCHIORI, F. F. **Estudo da produtividade e da descontinuidade no processo produtivo da construção civil: um estudo de caso para edifícios altos.** 1998, 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

MEIRA, G. R., ARAÚJO, N. M. C. A padronização como fator de redução de desperdício na construção civil. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 17, 1997, Gramado. **Anais...** Gramado, 1997.

MUTTI, C. N. et al. Redução do desperdício em canteiros de obras – um estudo para a grande Florianópolis. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 19, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1999.

NEGRÃO, F; GARCIA, F. **Indicadores de desenvolvimento habitacional. Estudos Econômicos da Construção** – Sinduscon/SP. v.5, n.1 (8), 2001, p.123-150.

OLIVEIRA, R. R. Repetição e produtividade na construção civil: estudo da execução de estruturas de edifícios. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 17, 1997, Gramado. **Anais...** Gramado, 1997.

OLIVEIRA, R. R., DALL’OGLIO, S, MARTINI, C. E. Estudo de fatores que afetam a produtividade em obras repetitivas. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, VII, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998. v.II, p. 697-705.

O’CONNOR, J. T., DAVIS, V. S. Constructability improvement during field operations. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 114, n.4, December, 1988, p. 548-564.

PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de edifícios**. 1993, 462p. Tese (Doutorado) Escola Politécnica de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo.

RAMOS, A. S. **Influência da Dimensão Modular da Unidade na Produtividade em Alvenarias Estruturais de Blocos de Concreto**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis.

REVISTA de custos, suprimentos, planejamento e controle de obras. **Construção Mercado**, São Paulo: Pini, n. 06, Jan. 2002. Ano 54. p.53.

ROMAN, H. R. **Alvenaria estrutural: Desenvolvimento e Perspectivas**. 1997, 59p. Monografia (Monografia apresentada como parte dos requerimentos de Concurso de Professor Titular do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

\_\_\_\_\_. Alvenaria Estrutural. **Revista Técnica**. Revista de Tecnologia e Negócios da Construção Ficha Técnica, n. 24, Ano 4, Set/Out. 1996. 4p.

ROMAN, H. R., MUTTI, C. N., ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural**. 1. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 1999, 83p.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. 321p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

SALDANHA, M. C. W., SOUTO, M. S. M. L. Racionalização dos projetos na construção de edificações habitacionais. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, VII, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998.

SANCHEZ, E. Porque o sistema da alvenaria estrutural não se desenvolveu no Rio de Janeiro: O Promorar da Favela da Maré. In: International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, 5<sup>th</sup>, 1994, Florianópolis. **Proceedings...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina e University of Edinburgh, 1994. p. 471-480.

SANTANA, A. M. S. **Sistemática para verificação da Qualidade na execução dos Serviços de um Edifício**. 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

SILVA, M. A. C. **Metodologia de seleção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custo ao longo da vida útil**. 1996. 356p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

SINHA, B. P. The research on structural masonry at the University of Edinburgh. In: International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, 5<sup>th</sup>, 1994, Florianópolis. **Proceedings...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade of Edinburgh, p. 685-709.

SOUZA, U. E. L. Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VIII, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador, 2000, CD-ROM.

SOUZA, U. E. L et al. Perdas de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito. **Qualidade na Construção**. Revista – Sinduscon, São Paulo, Ano II, n.13, 1998. p.10-15

SOUZA, U. E. L., ARAÚJO, L. O. C. Uso de indicador de produtividade como avaliador da gestão de serviços de construção. In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, II, 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2001, CD-ROM.

THOMAS, R., MATHEWS, C. T., WARD J. G. Learning curve models of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 112, n. 2, June, 1986. p. 245-258

VASSALO, C. Os absurdos e escândalos do modelo trabalhista brasileiro. **Revista Exame**. São Paulo: Abril, n.688, maio de 1999.

WENDLER, A. **Curso sobre projeto de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto**. 1999. 92p. Apostila do Curso de alvenaria estrutural da Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo.

## **APÊNDICES A – Materiais e equipamentos**

**APÊNDICE A1 - Tabelas****Tabela A1.1: Volumes de concreto medidos para o baldrame – obra AECE**

<b>Edifícios</b>	<b>Quantidade comprada (m<sup>3</sup>)</b>
Edifício 1	22,00
Edifício 2	24,50
Edifício 3	23,50
Edifício 4	21,50
Edifício 5	21,00
Edifício 6	21,50
Edifício 7	21,00
<b>Média</b>	<b>21,15</b>

Obs: As variações nos pedidos ocorre quando há estaca quebrada ou pescada havendo necessidade de aumentar os blocos de coroamento

**Tabela A1.2: Volumes de concreto (m<sup>3</sup>) para os blocos tipo inteiro em um canteiro tipo anexo B para obra CACE**

<b>SERVIÇOS</b>	<b>Edifício 1</b>	<b>Edifício 2</b>	<b>Edifício 3</b>
Baldrame e blocos	14	13,5	13,5
Laje 1º pavto	24,00	24,00	24,50
Laje 2º pavto	23,00	24,00	24,00
Laje 3º pavto	23,50	23,50	24,00
Laje 4º pavto	24,00	23,00	23,50
Pilares 1º pavto	4,00	4,00	4,00
Pilares 2º pavto	4,00	4,00	4,00
Pilares 3º pavto	4,00	4,00	4,00
Pilares 4º pavto	4,00	4,00	4,00
Piso	24,00	24,00	24,00

Obs: Estes valores referem-se aos volumes de concreto para o projeto executado pela empresa “B”, no trabalho calculo-se as perdas de concreto com relação ao volume de projeto e o volume comprado referente a tabela acima e utilizou-se estes índices no cálculo do custo de um prédio em concreto armado para o projeto em concreto armado recalculado pelo mesmo calculista que calculou as obras em alvenaria estrutural. Por isto, pode-se observar algumas diferenças entre estes volumes e os volumes apresentados no trabalho.

**Tabela A1.3: Pedidos de concreto para a laje, escada e vigas da escada para obra AECE**

<b>SERVIÇOS</b>	<b>Edifício 1</b>	<b>Edifício 2</b>	<b>Edifício 3</b>
Laje 1º pavto	21,50	21,50	21,00
Laje 2º pavto	21,00	21,00	19,50
Laje 3º pavto	21,00	19,5	21,00
Laje 4º pavto	17,00	17,00	17,00

**Tabela A1.4: Quantidade de bloco em projeto x quantidade de blocos comprada para obra AECE**

<b>BLOCOS</b>	<b>Quantidade de projeto</b>	<b>Quantidade comprada</b>
12x14x18,5	5.121,00	3.825,00
12x14x12	11.184,00	12.159,00
12x14x5,5	11.523,00	13.172,00
12x14x38	18.621,00	18.425,00
12x14x25	335.943,00	345.670,00
J – 12x(11x20) x25 cm	10.113,00	11.848,00
U - 12x11x25 cm CAN	17.355,00	18.360,00
U - 12x14x20 cm	13.223,00	15.792,00
<b>TOTAL</b>	<b>423.083,00</b>	<b>439.251,00</b>

perda de blocos = 3,8%

Obs: Os blocos 12x14x18,5cm e 12x14x38cm possuem a quantidade de blocos comprada menor do que a de projeto devido a pequenas alterações na modulação dos blocos na obra.

**Tabela A1.5: Quantidade de bloco em projeto x quantidade de blocos comprada para obra AECO**

<b>BLOCOS</b>	<b>Quantidade de projeto</b>	<b>Quantidade comprada</b>
39,00	30.679,00	31.024,00
19,00	2.942,00	3.209,00
54,00	1.407,00	1.741,00
34,00	6.642,00	4.935,00
24,00	1.070,00	896,00
Vedação	0,00	
39,00	879,00	1.027,00
19,00	564,00	
Canaleta	0,00	
U-19 (14x19x39)	4.644,00	6.475,00
J-39	2.964,00	3.200,00
Bolacha	1.542,00	1.624,00
<b>TOTAL</b>	<b>53.333,00</b>	<b>54.131,00</b>

Perda de blocos = 1,5%

Obs: Os blocos que vinham quebrados no palet eram trocados pelo fornecedor não sendo estes computados como perda, utilizou-se o bloco de vedação de 19cm estrutural no lugar do de vedação de 19cm.

**Tabela A1.6: Consumo de argamassa por pavimento para o serviço de alvenaria para a obra AECE**

data inicial da medição	Obra	Bloco	Pavto	Consumo de arg Kg/pavto
27/8/2001	nápoli	C	1º	8200
28/8/2001	nápoli	B	1º	9300
7/9/2001	veneza	A	1º	8800
24/8/2001	siena	C	térreo	9000
6/9/2001	siena	B	térreo	8600
12/9/2001	siena	A	térreo	8950
19/9/2001	nápoli	C	3º	9000
29/9/2001	nápoli	B	3º	8200
13/9/2001	veneza	C	1º	8550
18/9/2001	veneza	B	1º	8800
6/11/2001	nápoli	A	4º	9600
25/1/2001	nápoli	B	4º	9500
25/10/2001	nápoli	C	4º	9100
8/11/2001	veneza	A	4	9100
13/11/2001	veneza	B	4	9400
5/11/2001	siena	A	3	9100
13/11/2001	siena	B	3	9350
			<b>MÉDIA</b>	<b>8973,53</b>

área de paredes (m<sup>2</sup>) 377,05

consumo médio de argamassa (kg/m<sup>2</sup>) **23,80**

Obs: As obra nápoli, Veneza e siena referem-se aos nomes dos empreendimentos realizados nos em 3 terrenos distintos conforme canteiro tipo do anexo B.

**Tabela A1.7: Espessura das juntas horizontais de assentamento da alvenaria para obra CACE (cm)**

Parede																
1	2,2	2,0	1,0	1,9	1,8	1,8	1,8	1,5	1,9	2,7	2,2	2,2	2,0	3,0	3,2	
2	1,6	1,8	1,9	1,9	1,5	1,3	2,3	1,6	2,4	1,7	2,1	1,9	2,1	2,8	3,0	
3	1,5	2,9	1,3	3,0	1,5	1,3	1,3	1,7	1,9	1,7	2,1	1,8	2,1	1,1	2,9	
4	2,3	1,3	1,4	2,2	2,4	1,4	1,3	1,3	1,3	2,1	2,3	3,0	3,2	2,4	1,7	
5	2,5	1,2	1,4	2,3	3,0	3,4	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	2,3	1,4	1,9	1,7	
															<b>Média</b>	<b>1,96</b>

**Tabela A1.8: Consumo de argamassa por apartamento para o serviço de revestimento interno para a obra AECE**

<b>Apartamento</b>	<b>Bloco A</b>	<b>Bloco B</b>	<b>Bloco C</b>
101	900	1200	800
102	1050	1200	900
103	1250	1250	800
104	1050	1200	950
201	1100	1200	1200
202	1150	1250	1100
203	1050	1150	1100
204	1200	1050	900
301	1050	1250	1100
302	1050	1200	1250
303	1050	1150	1250
304	1150	1250	1200
401			1400
402	1400	1300	1300
403	1300	1300	1200
404	1350	1400	1350
		<b>MÉDIA</b>	<b>1157,61</b>

<b>Apartamento</b>	<b>Bloco A</b>	<b>Bloco B</b>	<b>Bloco C</b>
101	1300	1250	1300
102	1250	1300	1250
103	1200	1100	1250
104	1300	1200	1400
201	1100	1250	1200
202	1300	1200	1250
203	1200	1150	1700
204	1150	1100	
301	1000	1250	
302	1250	1250	
303	1250	1250	
304	1000	1250	
401			
402			
403			
404			
		<b>MÉDIA</b>	<b>1232,26</b>

MÉDIA FINAL (kg/apartamento)	1194,93
área interna 1 apto (m <sup>2</sup> )	136,70
Consumo médio (kg/m <sup>2</sup> )	<b>8,74</b>
espessura média (mm)	4,86

**Tabela A1.9: Consumo de argamassa por apartamento para o serviço de revestimento interno para a obra AECO**

<b>Apartamento</b>	<b>Edifício B</b>	<b>Bloco C</b>
201	1250	1100
202	1150	1250
203	1300	1300
204	1450	1200
301	1400	1350
302	1150	1200
303	1250	1300
304		1400
401		1450
402		
403		
404		
	<b>MÉDIA</b>	<b>1281,25</b>

Consumo (kg/apto) 1281,25  
 área interna 1 apto (m<sup>2</sup>) 134,73  
 Consumo médio (kg/m<sup>2</sup>) **9,50**  
 espessura média (mm) 5,28

**Tabela A1.10: Espessura medida em obra no revestimento interno da obra CACE**

<b>Pavto</b>							
a	1,5	3,0	3,1	1,6	2,1	2,8	3,1
b	2,6	1,8	3,8	3,1	2,4	3,2	1,2
c	2,7	3,0	2,8	2,6	3,0	2,8	2,5
d	3,1	3,6	3,3	3,0	3,2	3,0	2,3
e	1,2	2,2	2,0	3,0	1,9	3,3	2,4
					<b>Média</b>	<b>2,63</b>	

Obs: As letras a até e representam diferentes pavimentos. Em cada pavimento foram realizadas medições da espessura da argamassa na janela ou da espessura da argamassa fresca no meio da parede.

**Tabela A1.11: Consumo de argamassa projetada industrializada para obraAECE**

<b>Edifícios</b>	<b>Quantidade comprada (kg)</b>	<b>Área de projeção (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Consumo (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Edifício 1 (silo 1)	26000	913,24	28,47
Edifício 2 (silo 2)	26500	924,31	28,67
<b>Média</b>			<b>28,57</b>

**Tabela A1.12: Consumo de argamassa projetada industrializada para obraAEEO**

<b>Edifícios</b>	<b>Quantidade comprada (kg)</b>	<b>Área de projeção (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Consumo (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Edifício 1 (silo 1)	26500	841,27	<b>31,50</b>

## APÊNDICE A2 - Áreas, custos e índices utilizados nos cálculos

**Tabela A2.1: Área de paredes – obras AECE, AECO e CACE**

Obra	área um apartamento (m <sup>2</sup> )	área hall (m <sup>2</sup> )	área total 1 pavimento (m <sup>2</sup> )	área para um edifício (m <sup>2</sup> )
<b>AECE</b>	92,05	25,29	393,47	1573,89
<b>AECO</b>	90,63	25,37	387,87	1551,49
<b>CACE</b>	81,74	23,10	350,08	1400,31

Obs: a área de paredes da obra CACE é menor devido ao espaço ocupado por vigas e pilares

**Tabela A2.2: Custo da argamassa feita em obra (obra CACE) para os serviços de alvenaria e revestimento interno**

DESCRIÇÃO	Valor	Unid
Custo da argamassa branca	38,00	R\$/m <sup>3</sup>
Custo do cimento	0,24	R\$/kg
Consumo de cimento por m <sup>3</sup> de argamassa	120	kg/m <sup>3</sup>
<b>Custo da argamassa realizada em obra</b>	<b>66,80</b>	<b>R\$/m<sup>3</sup></b>

Composição da argamassa: cimento : argamassa branca (cal e areia)

**Tabela A2.3: Custo da argamassa feita em obra (obra CACE) para os serviços de revestimento externo**

DESCRIÇÃO	Valor	Unid
Custo da argamassa branca	38,00	R\$/m <sup>3</sup>
Custo do cimento	0,24	R\$/kg
Consumo de cimento por m <sup>3</sup> de argamassa	140	kg/m <sup>3</sup>
<b>Custo da argamassa realizada em obra</b>	<b>71,60</b>	<b>R\$/m<sup>3</sup></b>

Composição da argamassa: cimento : argamassa branca (cal e areia)

**Índice A2.1 - Custo da alvenaria obra CACE com bloco de 10x15x19 cm por m<sup>2</sup>**

Para um metro quadrado obteve-se os seguintes índices no cálculo do custo/m<sup>2</sup> da alvenaria para obra CACE:

- total de blocos de 10x15x19 com perdas: 35,91 unid.;
- Total de argamassa com perdas: 0,0309 m<sup>3</sup>;
- Custo do bloco 10x15x19: R\$ 80,00/mil ;
- Custo da argamassa realizada em obra: R\$ 60,80/m<sup>3</sup>;

Totalizando em um custo de **R\$ 4,94/m<sup>2</sup>** para a alvenaria.

**Índice A2.2 - Índices para o calculo do custo do revestimento interno - obra AECE**

- Custo da argamassa industrializada: R\$ 70,80/t ou R\$ 127,44/m<sup>3</sup>
- Consumo médio de argamassa: 8,74 kg/m<sup>2</sup>
- Espessura média: 4,86 mm
- Custo medido da massa industrializada: R\$ 0,64/m<sup>2</sup>
- Área interna 1 apartamento (para h=2,60m): 136,70 m<sup>2</sup>
- Área hall e escada para um pavimento: 33,62 m<sup>2</sup>
- Área total num bloco de paredes com arg. industrializada: 2187,27m<sup>2</sup>
- Área total num edifício de paredes com arg. Branca hall e escada: 134,48m<sup>2</sup>

**Índice A2.3 - Índices para o calculo do custo do revestimento interno - obra AECO**

- Custo da argamassa industrializada: R\$ 70,80/t ou R\$ 127,44/m<sup>3</sup>
- Consumo por apartamento: 9,50 kg/m<sup>2</sup>
- Espessura média: 5,28 mm
- Custo medido da massa industrializada: R\$ 0,67/m<sup>2</sup>
- Área interna 1 apartamento: 134,73 m<sup>2</sup>
- Área hall e escada para um pavimento: 34,44 m<sup>2</sup>
- Área total num bloco de paredes com arg. industrializada: 2155,65m<sup>2</sup>
- Área total num edifício de paredes com arg. Branca hall e escada: 137,75 m<sup>2</sup>

**Índice A2.3 - Índices para o cálculo do custo do revestimento interno - obra CACE**

- Custo da argamassa realizada em obra: R\$ 60,80/m<sup>3</sup>;
- Consumo por apartamento: 0,030m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>;
- Espessura média: 30 mm;
- Custo medido da massa comum com chapisco: R\$ 2,50 /m<sup>2</sup>;
- Área interna 1 apartamento: 138,04 m<sup>2</sup>;
- Área hall e escada para um pavimento: 34,44 m<sup>2</sup>;
- Área total num edifício de paredes com arg. comum: 2346,45 m<sup>2</sup>.

**Índice A2.4 - Índices para o cálculo do custo do revestimento externo - obra AECE**

- Custo da argamassa projetada industrializada: R\$ 80,00/t ou R\$ 144,00/m<sup>3</sup>
- Consumo: 28,57 kg/m<sup>2</sup>
- Espessura média: 1,58 cm
- Custo medido da massa projetada industrializada: R\$ 2,28/m<sup>2</sup>
- Área total num bloco de paredes com arg. projetada projetada: 755,84 m<sup>2</sup>
- Área total num bloco de paredes com arg. comum arco escada: 24,16 m<sup>2</sup>

**Índice A2.5 - Índices para o cálculo do custo do revestimento externo - obra AECO**

- Custo da argamassa projetada industrializada: R\$ 80,00/t ou R\$ 144,00/m<sup>3</sup>
- Consumo: 31,50 kg/m<sup>2</sup>
- Espessura média: 1,75 cm
- Custo medido da massa projetada industrializada: R\$ 2,52/m<sup>2</sup>
- Área total num bloco de paredes com arg. projetada projetada: 754,16 m<sup>2</sup>
- Área total num bloco de paredes com arg. comum arco escada: 23,68 m<sup>2</sup>

**Índice A2.6 - Índices para o cálculo do custo do revestimento externo - obra CACE**

- Custo da argamassa realizada em obra: R\$ 71,60/m<sup>3</sup>;
- Espessura média: 42 mm
- Custo medido da massa comum com chapisco: R\$ 3,58 /m<sup>2</sup>
- Área total num bloco de paredes com arg. comum: 786,36 m<sup>2</sup>

## **APÊNDICES B – Mão-de-obra**

## APÊNDICE B1 – Medições de produtividade

Em todas as tabelas abaixo as medições de produtividade realizadas por serviços são apenas de oficiais, os ajudantes foram medidos separados. Eventuais problemas tal como chuva estão descontados das horas-homem totais para a execução dos serviços.

**Tabela B1.1: Fomas baldrame AECE**

Data inicial de medição	Obra	Edifício	Membros da equipe	Homens hora
09/7/2001	nápoli	B	João, Augusto	200
13/7/2001	nápoli	C	Roberto, Altair	200
24/7/2001	veneza	A	João, Augusto	177
			<b>média</b>	<b>192,33</b>
			área de formas (m <sup>2</sup> )	238,77
			<b>Hh/m<sup>2</sup></b>	<b>0,805</b>

Obs: A forma foi executada com tábua de pinus com reaproveitamento dos painéis. A equipe era formada por 2 carpinteiros (oficiais) mais os ajudantes. Mediu-se a produtividade em três baldrames e blocos de coroamento na obra AECE. O baldrame possui área de formas de 198,74m<sup>2</sup> e os blocos de coroamento de 40,03m<sup>2</sup>.

**Tabela B1.2: Armação baldrame**

Data inicial de medição	Obra	Edifício	Membros da equipe	Homens hora
25/7/2001	nápoli	B	Fininho, Baiano	128,00
03/8/2001	nápoli	C	Bugre, Augusto	128,00
28/8/2001	veneza	A	Fininho, Baiano	128,00
			<b>média</b>	<b>128,00</b>
			ferragem (kg)	2676,30
			<b>Hh/m<sup>2</sup></b>	<b>0,048</b>

Obs: O serviço medido consiste somente a montagem da armadura sem os serviços de corte e dobra. Todas as ferragem vinham cortadas e dobradas (marcadas e separadas). A equipe era formada por 4 ferreiros (oficiais). Mediu-se a produtividade em três baldrames na obra AECE.

**Tabela B1.3: Formas lajes, escada e vigas da escada – AECE**

<b>Data inicial da medição</b>	<b>Obra</b>	<b>Edifício</b>	<b>Pavto</b>	<b>Membros da equipe</b>	<b>Homes hora</b>
14/9/2001	Siena	B	térreo	Jovelino, João	128
18/9/2001	Siena	C	1	Roberto, Altair	108
11/9/2001	Veneza	C	1	Roberto, Altair	108
3/10/2001	Siena	B	1	Roberto, Altair	96
24/9/2001	Veneza	A	2	Jovelino, João	108
28/9/2001	Veneza	B	2	Roberto, Altair	128
9/10/2001	Siena	A	2	Jovelino, João	108
				<b>média</b>	<b>112</b>
				área de formas (m <sup>2</sup> )	216,32
				<b>Hh/m<sup>2</sup></b>	<b>0,518</b>

Obs: O serviço medido consiste na montagem da forma e escada para as obra em AECE. O serviço foi executado com maderite resinado de 17mm, o nível e a posição das formas já é delimitada pela alvenaria. O serviço é composto de desforma do pavimento anterior e a execução da forma da laje em execução. A equipe é formada por 4 carpinteiros.

**Tabela B1.4: Formas lajes, escada, vigas e pilares - CACE**

<b>Obra</b>	<b>Edifício</b>	<b>Pavto</b>	<b>Membros da equipe</b>	<b>Homes hora</b>
Ipê	B	1	Manuel, Josuel	360
Ipê	C	1	Itamar, Pedro	312
Ipê	B	2	Manuel, Josuel	322
			<b>média</b>	<b>331</b>
			área de formas (m <sup>2</sup> )	441,61
			<b>Hh/m<sup>2</sup></b>	<b>0,750</b>

Obs: O número de homens-hora medido consiste na medição do tempo para a execução das formas dos pilares mais o tempo para a execução das formas das vigas, escada e laje (já que são executados em etapas separadas). Todas as formas foram executadas com maderite resinado de 17mm. O serviço é composto de desforma dos pilares pavimento anterior e a execução da forma dos pilares e pela desforma da laje e da escada do pavimento anterior e sua execução. A equipe é formada por 6 carpinteiros mais 2 ajudantes. (as horas-homens medidas são apenas dos oficiais). A área total de uma pavimento tipo com laje, vigas, pilares e escada é igual a 441,61m<sup>2</sup>. Esta área é a do projeto original executado pela empresa “B”, para o trabalho como comentado na metodologia pediu-se para o calculista da empresa “A” calcular o mesmo projeto em concreto armado e assim, com os índices obtidos pelo projeto original calculou-se o número total de homens-horas pelas áreas fornecidas pelo calculista da empresa “A”.

**Tabela B1.5: Projeção do concreto**

<b>Obra</b>	<b>Edifício</b>	<b>Pavto</b>	<b>Membros da equipe</b>	<b>Homes hora</b>
Nápoli	A	2	Osmar, Vítório	14,5
Nápoli	C	2	Osmar, Vítório	12,4
Siena	A	1	Osmar, Vítório	12,1
			<b>média</b>	<b>13,0</b>
			volume de concreto (m <sup>3</sup> )	20,83
			<b>Hh/m<sup>2</sup></b>	<b>0,623</b>

Obs: No serviço de lançamento do concreto foram feitas apenas 3 medições na obra AECE e o mesmo refere-se ao lançamento de concreto para laje e escada. Não foi possível medir o lançamento de concreto nos baldrames e dos pilares da obras CACE. Utilizou-se este índice para o cálculo do lançamento de concreto para todas as outras etapas. Cronometrava-se o tempo para a execução do serviço desde o começo da concretagem até o fim da concretagem, tempo de preparação do serviço tal como o tempo para a montagem do nível laser, preparação do vibrador não estão computados neste valor. Mediu-se o tempo total para a concretagem de 3 lajes, sendo 2 concretadas com 21,0m<sup>3</sup> e 1 concretada com 20,5m<sup>3</sup>.

**Tabela B1.6: Levantamento de dados – produtividade alvenarias por pavimento executado– obra AECE**

<b>Data inicial de medição</b>	<b>Obra</b>	<b>Edifício</b>	<b>Pavto</b>	<b>Membros da equipe</b>	<b>Homens hora</b>
27/8/2001	nápoli	C	1º	Sorriso, Vitorino	304
28/8/2001	nápoli	B	1º	Marcelo, Agnel	310
7/9/2001	veneza	A	1º	Sorriso, Vitorino	272
24/8/2001	siena	C	térreo	Odorico, Antonio Ivo	368
6/9/2001	siena	B	térreo	Elias, Denilson	342
12/9/2001	siena	A	térreo	Antonio Ivo, Jose	328
19/9/2001	nápoli	C	3º	rosel, airton	315
29/9/2001	nápoli	B	3º	Sorriso, Vitorino	276
13/9/2001	veneza	C	1º	Marcelo, Agnel	315
18/9/2001	veneza	B	1º	Sorriso, Vitorino	293
6/11/2001	nápoli	A	4º	Sorriso, Vitorino	256
25/1/2001	nápoli	B	4º	Sorriso, Vitorino	256
25/10/2001	nápoli	C	4º	Agnel, noeli	384
8/11/2001	veneza	A	4	Joilson, gaúcho	320
13/11/2001	veneza	B	4	Antonio, gabriel	336
5/11/2001	siena	A	3	Antonio	256
13/11/2001	siena	B	3	Antonio, denilson	288
				<b>média</b>	<b>307</b>
				área de paredes (m <sup>2</sup> )	377
				<b>Hh/m<sup>2</sup></b>	<b>0,815</b>

Obs: Todas as equipes eram formada por 4 operários (oficiais), na planilha foi colocado somente o nome dos dois primeiros integrantes para poder identificar a equipe.

**Tabela B1.7: Levantamento de dados – produtividade alvenarias por pavimento executado – obra AECO**

Data inicial de medição	Obra	Edifício	Pavto	Membros da equipe	Homens hora
19/8/2001	perugia	B	1	Valdir e Antonio	271
13/9/2001	perugia	B	2	Darci e Luciano	286
11/9/2001	perugia	A	2	Darci e Luciano	317
22/10/2001	perugia	A	3	Valdir e Antonio	202
24/10/2001	perugia	B	3	Darci e Luciano	214
				<b>média</b>	<b>258</b>
				área de paredes (m <sup>2</sup> )	387,87
				<b>Hh/m<sup>2</sup></b>	<b>0,665</b>

Obs: Todas as equipes eram formada por 4 operários (oficiais), na planilha foi colocado somente o nome dos dois primeiros integrantes para poder identificar a equipe.

**Tabela B1.8: Levantamento de dados – produtividade alvenarias por pavimento executado – obra CACE**

Obra	Edifício	Pavto	Membros da equipe	Homens hora
Ipê	B	1	Itamar, João	128
Ipê	C	1	Rodrigo, Crespo	112
Ipê	B	2	Itamar, João	144
Ipê	A	2	Rodrigo, Crespo	132
			<b>média</b>	<b>129</b>
			área de formas (m <sup>2</sup> )	326,97
			<b>Hh/m<sup>2</sup></b>	<b>0,395</b>

Obs: As equipes eram formada por 2 operários (oficiais), a medição foi feita por pavimento com exceção da escada que foi executada depois.

**Tabela B1.9: Levantamento de dados – produtividade do revestimento interno por apartamento – obra AECE**

<b>Data inicial medição</b>	<b>Obra</b>	<b>Edifício</b>	<b>Pavto</b>	<b>Membros da equipe</b>	<b>Homens hora</b>
12/9/2001	nápoli	A	térreo	Nivaldo	32
18/9/2001	nápoli	A	térreo	Nivaldo	32
20/9/2001	nápoli	B	térreo	Oscar	36
25/9/2001	nápoli	B	térreo	Oscar	32
21/9/2001	nápoli	D	1	Luiz Rodrigues	32
19/9/2001	nápoli	D	1	Solmar	40
25/9/2001	nápoli	D	2	Solmar	32
1/10/2001	nápoli	A	1	Nivaldo	36
28/9/2001	nápoli	B	1	Luiz Rodrigues	40
2/10/2001	nápoli	B	1	Oscar	36
				<b>média</b>	<b>34,8</b>
				área de paredes (m <sup>2</sup> )	131,84
				<b>Hh/m<sup>2</sup></b>	<b>0,264</b>

Obs: Nas obra em alvenaria estrutural o operário trabalhava sozinho, o unidade de medição era o apartamento executado. O valor obtido refere-se ao revestimento em massa única de aproximadamente 5mm, onde o próprio oficial tinha que preparar sua argamassa, que vinha ensacada em sacos de 50kg.

**Tabela B1.10: Levantamento de dados – produtividade do revestimento interno por apartamento – obra AECO**

<b>Data inicial medição</b>	<b>Obra</b>	<b>Edifício</b>	<b>Pavto</b>	<b>Membros da equipe</b>	<b>Homens hora</b>
14/11/2001	Perugia	C	1	Antonio	44
29/11/2001	Perugia	B	2	Antonio	41
30/11/2001	Perugia	B	2	Darci	39
26/11/2001	Perugia	B	2	Luciano	29
27/11/2001	Perugia	B	2	Manuel	35
21/11/2001	Perugia	A	2	Manuel	27
14/11/2001	Perugia	C	2	Manuel	27
15/11/2001	Perugia	C	2	Luciano	24
24/11/2001	Perugia	A	2	Antonio	37
19/11/2001	Perugia	A	2	Luciano	36
22/11/2001	Perugia	A	2	Darci	44
6/11/2001	Perugia	B	1	Luciano	32
9/11/2001	Perugia	B	1	Darci	39
7/11/2001	Perugia	B	1	Manuel	34
8/11/2001	Perugia	B	1	Antonio	41
				<b>média</b>	<b>38</b>
				área de paredes (m <sup>2</sup> )	134,73
				<b>Hh/m<sup>2</sup></b>	<b>0,282</b>

Obs: Nas obra em alvenaria estrutural o operário trabalhava sozinho, o unidade de medição era o apartamento executado. O valor obtido refere-se ao revestimento em massa única de aproximadamente 5mm, onde o próprio oficial tinha que preparar sua argamassa, que vinha ensacada em sacos de 50kg.

Como os valores de produtividade entre as obra AECE e AECO foram muito próximos, não constatando-se uma diferença significativa entre tais valores, adotou-se para o serviço de revestimento interno nas obras em alvenaria estrutural a média das duas medições que é igual a **0,273 Hh/m<sup>2</sup>**.

**Tabela B1.11: Levantamento de dados – produtividade do revestimento interno por apartamento – obra CACE**

Data inicial da medição	Obra	Edifício	Pavto	Membros da equipe	Homens hora
	Ipê	B	1	Manoel	40
	Ipê	B	1	Severino	32
	Ipê	C	1	Augusto	36
	Ipê	C	1	Augusto	32
	Ipê	A	2	Manoel	36
	Ipê	B	2	Severino	31
				<b>média</b>	<b>34,5</b>
				área de formas (m <sup>2</sup> )	138,04
				<b>Hh/m<sup>2</sup></b>	<b>0,250</b>

Obs: Nas obra em concreto armado o pedreiro (oficial) trabalhava com a ajuda do servente, o unidade de medição era o apartamento e a medição refere-se somente a hora-homem do oficial. O serviço consiste na execução do chapisco e do reboco interno.

**Tabela B1.12: Revestimentos externos AECE**

Obra	Edifício	área (m <sup>2</sup> )	Horas homem	Hh/m <sup>2</sup>
Nápoli	B	92,5	32	0,35
Nápoli	B	111	32	0,29
Nápoli	C	92	32	0,35
			<b>Média</b>	<b>0,327</b>

Obs: Na obra em AECE trabalhava-se com 4 oficiais e 1 servente no serviço de projeção da fachada. Os dados referem-se apenas as horas-homens trabalhadas dos oficiais. Na execução utilizou-se máquina de projeção com argamassa industrializada em massa única de aproximadamente 1,5cm sem a execução do chapisco. Foi medido a quantidade em m<sup>2</sup> de fachada projetada por dia durante 3 dias seguidos.

**Tabela B1.13: Revestimentos externos CACE**

Obra	Edifício	área (m <sup>2</sup> )	Horas homem	Hh/m <sup>2</sup>
Ipê	B	80	32	0,40
Ipê	B	64	32	0,50
Ipê	B	84	32	0,38
Ipê	C	64	32	0,50
Ipê	C	95	32	0,34
			<b>Média</b>	<b>0,424</b>

Obs: Na obra em CACE trabalhava-se com 4 oficiais e 1 ou 2 serventes. Os dados referem-se apenas as horas-homens trabalhadas dos oficiais. Na execução utilizou-se argamassa comum feita em obra, a medição foi realizada por m<sup>2</sup> de área executada por dia.

**Tabela B1.14: Serventes AECE**

dia	julho	agosto	setembro	outubro
1		7	6	7
2	5	8		10
3	3	7	9	10
4	2	6	9	9
5	3		9	9
6	4	9	9	9
7	2	8	6	
8		8	7	9
9	5			10
10	4		9	11
11	4		9	11
12	6		9	
13		5	9	6
14	5	3	8	
15		8	7	12
16	6	8		12
17	6	8	10	11
18	4	7	10	11
19	7		10	11
20	8	8	10	9
21	9	10	10	
22		10	8	12
23	8	9		12
24	6	10	10	12
25	7	10		9
26	6			11
27	8	8	10	12
28	4	8	10	
29		8	6	12
30	4	8		12
31	7	9		
média	5,32	7,92	8,70	10,36
div 3	1,77	2,64	2,90	3,45
			total	2,69
			<b>total/3,5</b>	<b>0,769</b>

Obs: As obras em Alvenaria estrutural possuíam diário de obras, no diário constava-se o número de ajudante utilizados em cada dia para cada canteiro de obras. Mediu-se o número de serventes durante 4 meses. A tabela refere-se ao número de serventes totais para o todas as obras em AECE. Utilizou-se em média nos 4 meses medidos 2,69 serventes para um canteiro tipo anexo B, dividindo-se por 3,5 (três prédios inteiros e um meio bloco) obtém-se o número de servente para um prédio tipo inteiro. As células da tabela em cinza representa os dias de feriado ou domingo.



**ANEXOS**

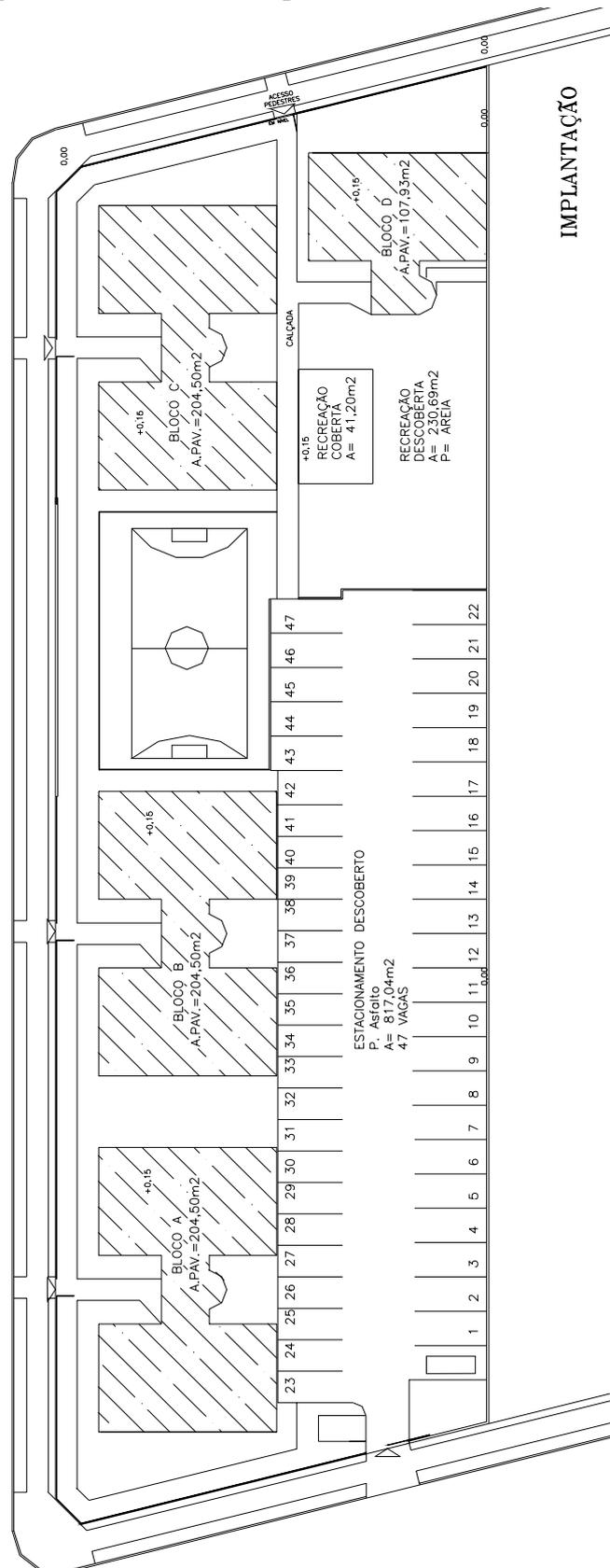
## ANEXO A

Tabela A1: Taxas de leis sociais e riscos do trabalho (%)

	<b>Encargos Sociais</b>	<b>Diaristas (%)</b>	<b>Mensalistas (%)</b>
A1	Previdência social	20,00	20,00
A2	Fundo de garantia por tempo de serviço	8,50	8,50
A3	Salário-educação	2,50	2,50
A4	Serviço social da indústria (Sesi)	1,50	1,50
A5	Serviço nacional de aprendizagem industrial (Senai)	1,00	1,00
A6	Serviço de apoio a pequena e média empresa (Sebrae)	0,60	0,60
A7	Instituto nacional de colonização e reforma agrária (Incra)	0,20	0,20
A8	Seguro contra os acidentes de trabalho (INSS)	3,00	3,00
A9	Seconci serviço da indústria da construção e do mobiliário	1,00	1,00
<b>A</b>	<b>Total dos encargos sociais básicos</b>	<b>38,30</b>	<b>38,30</b>
B1	Repouso semanal e feriados	22,9	-
B2	Auxílio-enfermidade	0,79	-
B3	Licença-paternidade	0,34	-
B4	13º salário	10,57	8,22
B5	Dias de chuva / faltas justificadas na obra / outras dificuldades / greve	4,57	-
<b>B</b>	<b>Total dos encargos sociais que recebem as incidências de A</b>	<b>39,17</b>	<b>8,22</b>
C1	Depósito por despedida injusta 50% sobre [A2 + (A2xB)]	5,91	4,6
C2	Férias (indenizadas)	14,06	10,93
C3	Aviso-prévio (indenizado)	13,12	10,2
<b>C</b>	<b>Total dos encargos sociais que não recebem as incidências globais de A</b>	<b>33,09</b>	<b>25,73</b>
D1	Reincidência de A sobre B	15,00	3,15
D2	Reincidência de A2 sobre B3	1,12	0,87
<b>D</b>	<b>Total de taxas das reincidências</b>	<b>16,12</b>	<b>4,02</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>126,68</b>	<b>76,27</b>

Fonte: Revista Construção Mercado, nº 6 janeiro de 2002, pág 336. (REVISTA, 2002).

**ANEXO B – Implantação 3 edifícios tipo inteiro e 1 meio bloco**



**ANEXO C - Implantação 2 edifícios tipo inteiro e 1 com 3 apartamentos por andar com 3 andares**



**IMPLANTAÇÃO PERUGIA**

## ANEXO D

**Tabela D1: Orçamento dos serviços não medidos no trabalho referente ao custo de um edifício tipo inteiro**

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material	Total orçado	Total item	Inc. %
<b><u>SERVIÇOS PRELIMINARES E GERAIS</u></b>						
Mão de obra orçada	m2	818,00	103,80	84.908,40		
Mão de obra dos serviços medidos				19.993,18		
<b>subtotal (diferença)</b>					<b>64.915,22</b>	<b>51,34%</b>
<b><u>INFRA ESTRUTURA</u></b>						
<b>TRABALHOS EM TERRA</b>						
Locação da obra	m2	1,00	93,00	93,00		
<b>subtotal</b>					<b>93,00</b>	<b>0,07%</b>
<b><u>ESQUADRIAS METÁLICAS</u></b>						
<b>ALUMÍNIO</b>						
Janelas de correr, 2fls, com vidros 3mm 1,20x1,20m	un	64,00	108,00	6.912,00		
Janelas basculantes, 3fls, com vidros canelados inclusos 60x60cm	un	16,00	38,00	608,00		
Porta frontal do bloco	un		270,00	0,00		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>7.520,00</b>	<b>5,95%</b>
<b><u>FERRO</u></b>						
Escada marinho	un	1,00	150,00	150,00		
Alçapão	un	1,00	95,00	95,00		
Corrimão	ml	24,00	80,00	1.920,00		

SERVIÇO	Unid.	Valor medido	Unit. material	Total orçado	Total item	Inc. %
<b>subtotal</b>				0,00	<b>2.165,00</b>	<b>1,71%</b>
				0,00		
<b>ESQUADRIAS DE MADEIRA</b>				0,00		
Porta entrada social 80x210cm c/ caixilho pré pintado	un	32,00	67,00	2.144,00		
Portas internas 70x210cm c/ caixilho pré pintado	un	32,00	65,00	2.080,00		
Portas internas 60x210cm c/ caixilho pré pintado	un	16,00	62,00	992,00		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>5.216,00</b>	<b>4,13%</b>
				0,00		
<b>FERRAGENS</b>				0,00		
Conj para porta social Ueme	cj	16,00	15,00	240,00		
Conj para porta interna Ueme	cj	48,00	6,00	288,00		
Conj para porta de bwc Ueme	cj	16,00	6,00	96,00		
Dobradiças	un	240,00	3,00	720,00		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>1.344,00</b>	<b>1,06%</b>
				0,00		
<b>COBERTURAS E PROTEÇÕES</b>				0,00		
<b>TELHADOS</b>				0,00		
Estrutura para telhado -Madeira	m3	6,00	400,00	2.400,00		
Telhas barro	m2	284,00	7,50	2.130,00		
Cumeeira	ml	58,00	12,00	696,00		
Rufos corte 50	ml	16,25	12,50	203,13		
Calhas corte 40	ml	16,25	10,00	162,50		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>5.591,63</b>	<b>4,42%</b>
				0,00		
<b>IMPERMEABILIZAÇÕES</b>				0,00		
Boxes e bwc's - pintura com igol	m2	27,00	4,00	108,00		

Laje descoberta (manta asfáltica) e proteção mecânica	m2	5,76	17,00	97,92		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>205,92</b>	<b>0,16%</b>
				0,00		
<b><u>REVESTIMENTOS</u></b>				0,00		
<b><u>AZULEJOS</u></b>						
Azulejo branco até o teto com regularização	m2	743,20	8,00	5.945,60		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>5.945,60</b>	<b>4,70%</b>
<b><u>FORROS</u></b>				0,00		
Madeira	m2	19,60	15,00	294,00		
PVC	m2	42,00	17,00	714,00		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>1.008,00</b>	<b>0,80%</b>
				0,00		
<b><u>PINTURAS</u></b>				0,00		
Textura externa	m2	910,17	2,00	1.820,34		
Látex PVA sobre massa corrida	m2	1.106,00	1,50	1.659,00		
Pintura de forro de madeira	m2	23,00	1,00	23,00		
Pintura de rodapés de madeira	ml	615,68	1,00	615,68		
Pintura de caixilhos de madeira	un	80,00	5,00	400,00		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>4.518,02</b>	<b>3,57%</b>
				0,00		
<b><u>PAVIMENTAÇÃO</u></b>				0,00		
<b><u>CERÂMICA</u></b>						
Lisa esmaltada	m2	732,00	8,00	5.856,00		
<b>RODAPÉS, SOLEIRAS E PEITORIS</b>				0,00		
<b><u>RODAPÉS</u></b>				0,00		
Madeira	ml	615,00	1,30	799,50		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>6.655,50</b>	<b>5,26%</b>
				0,00		
<b><u>INSTALAÇÕES E APARELHOS</u></b>				0,00		

<b>ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS</b>				0,00		
Instalações eletricas conforme planilhas	apto	16,00	602,00	9.632,00		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>9.632,00</b>	<b>7,62%</b>
				0,00		
<b>INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS</b>				0,00		
Instalações hidráulicas conforme planilhas	apto	16,00	545,00	8.720,00		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>8.720,00</b>	<b>6,90%</b>
				0,00		
<b>APARELHOS</b>				0,00		
<b>LOUÇAS E METAIS</b>				0,00		
Vaso sanitário	un	16,00	50,00	800,00		
Lavatório	un	16,00	40,00	640,00		
Tanques	un	16,00	30,00	480,00		
Pia de cozinha	un	16,00	30,00	480,00		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>2.400,00</b>	<b>1,90%</b>
				0,00		
<b>COMPLEMENTO</b>				0,00		
Porta papel	un	16,00	12,00	192,00		
Porta toalha	un	16,00	10,00	160,00		
Saboneteiras	un	16,00	10,00	160,00		
<b>subtotal</b>				0,00	<b>512,00</b>	<b>0,40%</b>
			<b>TOTAL</b>		<b>126.441,89</b>	<b>100,00%</b>