

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**DESENHO DO PROCESSO E QUALIDADE NA
CONSTRUÇÃO DO PAINEL MONOLÍTICO DE SOLO-
CIMENTO
EM TAIPA DE PILÃO**

André Falleiros Heise

Campinas, SP

2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**DESENHO DO PROCESSO E QUALIDADE NA
CONSTRUÇÃO DO PAINEL MONOLÍTICO DE SOLO-
CIMENTO
EM TAIPA DE PILÃO**

André Falleiros Heise

Orientador: Prof. Dr. André Munhoz de Argollo Ferrão

Dissertação de mestrado apresentado à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações.

Campinas, SP

2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

H365d Heise, André Falleiros
Desenho do processo e qualidade na construção do
painel monolítico de solo-cimento em taipa de pilão /
André Falleiros Heise.--Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: André Munhoz de Argollo Ferrão
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Casas de terra. 2. Solo-cimento. 3. Materiais de
construção. 4. Construções de solo-cimento. I. Ferrão,
André Munhoz de Argollo. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

Titulo em Inglês: Drawing of the process and quality in the construction of
the monolithic panel of soil-cement in rammed earth.

Palavras-chave em Inglês: Earth architecture, Rammed earth, Soil-cement
panel, Production process

Área de concentração: Edificações

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Humberto Tetsuya Yamaki e Ariovaldo Denis Granja

Data da defesa: 25/06/2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**DESENHO DO PROCESSO E QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO
DO PAINEL MONOLÍTICO DE SOLO-CIMENTO
EM TAIPA DE PILÃO**

André Falleiros Heise

Dissertação de Mestrado


**Professor Doutor André Munhoz de Argollo Ferrão
Orientador / FEC - UNICAMP**


**Professor Doutor Humberto Tetsuya Yamaki
UEL – Londrina - PR**


**Professor Doutor Ariovaldo Denis Granja
FEC - UNICAMP**

Campinas, 25 de junho de 2004.

DEDICATÓRIA

Aos meus avós, pais e irmãos.

AGRADECIMENTOS

Meus maiores agradecimentos ao Prof. Dr. André Munhoz de Argollo Ferrão, pela orientação segura deste trabalho.

Aos professores e amigos da Unicamp que diretamente ou indiretamente me ajudaram nesta pesquisa.

Ao Prof. Eduardo Salmar que me ajudou no início da pesquisa e da carreira profissional.

Ao meu grande amigo e sócio, Márcio Hoffmann.

EPÍGRAFE

“O que chamamos de moderno pode ser simplesmente o que não merece permanecer para se tornar antigo”

(Dante Alighieri)

RESUMO

O universo da construção civil vem se tornando o foco principal das pesquisas científicas e tecnológicas nos diversos campos do conhecimento humano, por ser um dos responsáveis pelo alto grau de problemas ambientais e sociais. Através da inovação tecnológica é possível diminuir estes problemas, utilizando processos que geram poucos resíduos poluentes e incluem as pessoas em seus processos, melhorando as condições e a qualidade de vida da população.

Os principais objetivos deste trabalho são: mapear, identificar etapas, calcular suas médias produtivas e propor melhoramentos para o processo de produção do painel monolítico de solo-cimento em taipa de pilão.

O autor investigou cinco canteiros de obra que utilizaram a tecnologia de construção do painel monolítico de solo-cimento, mapeou os canteiros de obra, identificou os painéis e as atividades do processo, bem como as ferramentas e equipamentos, materiais e mão-de-obra e as informações necessárias; identificando finalmente a ocorrência de não conformidades.

A partir da investigação do processo foi possível indicar possibilidades de melhorias com o investimento em equipamento, treinamento e qualificação de mão de obra e utilização de procedimentos de execução e de controle de qualidade das atividades. E para as etapas do processo foram calculadas as médias produtivas e através das tabelas e gráficos foram analisadas as produtividades do processo, resultando, assim, em recomendações para melhoria da eficiência e da produtividade do processo.

ABSTRACT

The universe of the building site is turning the main focus of the scientific and technological researches in the several fields of the human knowledge, for being one of the responsible for the high degree of environmental and social problems. Through the technological innovation it is possible to reduce these problems, using processes that generate few pollutant residues and they include the people in its processes, improving the conditions and the quality of life of the population.

The principal objectives of this work: to map, to identify stages, to calculate your productive averages and to propose improvements for the process of production of the monolithic panel of soil-cement in rammed earth.

The author investigated five builder's yard that used the technology of construction of the monolithic panel of soil-cement, it mapped the builder's yard, it identified the panels and the activities of the process, as well as the tools and equipments, materials and labor and the necessary information; identifying the occurrence of non conformities finally.

Starting from the investigation of the process it was possible to indicate possibilities of improvements with the investment in equipment, training and qualification of work hand and use of execution procedures and of control of quality of the activities. And for the stages of the process the productive averages were calculated and through the tables and graphs were analyzed the productivities of the process, resulting, like this, in recommendations for improvement of the efficiency and of the productivity of the process.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Comparativo de requerimento de energia primária para produção dos materiais.

Tabela 3.1: Avaliação sobre o consumo de energia de três processos construtivos: painéis monolíticos de solo-cimento, alvenaria cerâmica e de blocos de concreto.

Tabela 3.2: Número de unidades construídas com a tecnologia que utiliza o solo-cimento como material principal.

Tabela 4.1: Identificar os módulos do painel e a dosagem da mistura.

Tabela 4.2: Identificar as atividades do processo, e as ferramentas, equipamentos, material, mão de obra necessária e a ocorrência de não conformidade para cada atividade.

Tabela 4.3: Informações sobre a atividade, identificação de alguma não conformidade e se há proposta de melhoria.

Tabela 4.4: Anotar a atividade, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado;

Tabela 4.5: Anotar a atividade, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado;

Tabela 4.6: Anotar a atividade, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado;

Tabela 5.1: Identificar os módulos do painel e a dosagem da mistura, do estudo de caso 1.

Tabela 5.2: Identificar os módulos do painel e a dosagem da mistura, do estudo de caso 2.

Tabela 5.3: Identificar os módulos do painel e a dosagem da mistura, do estudo de caso 3.

Tabela 5.4: Identificar os módulos do painel e a dosagem da mistura, do estudo de caso 4.

Tabela 5.5: Identificar os módulos do painel e a dosagem da mistura, do estudo de caso 5.

Tabela 5.6: Identificar as atividades do processo, e as ferramentas, equipamentos, material, mão de obra necessária e a ocorrência de não conformidade para cada atividade do estudo de caso 1.

Tabela 5.7: Identificar as atividades do processo, e as ferramentas, equipamentos, material, mão de obra necessária e a ocorrência de não conformidade para cada atividade do estudo de caso 2.

Tabela 5.8: Identificar as atividades do processo, e as ferramentas, equipamentos, material, mão de obra necessária e a ocorrência de não conformidade para cada atividade do estudo de caso 3.

Tabela 5.9: Identificar as atividades do processo, e as ferramentas, equipamentos, material, mão de obra necessária e a ocorrência de não conformidade para cada atividade do estudo de caso 4.

Tabela 5.10: Identificar as atividades do processo, e as ferramentas, equipamentos, material, mão de obra necessária e a ocorrência de não conformidade para cada atividade do estudo de caso 5.

Tabela 5.11: Procedimento de execução e controle de qualidade para preparação da mistura;

Tabela 5.12: Procedimento de execução e controle de qualidade para preparação e montagem da forma;

Tabela 5.13: Procedimento de execução e controle de qualidade para a compactação;

Tabela 5.14: Procedimento de execução e controle de qualidade para a desforma e cura;

Tabela 5.15: Produtividade média de preparação da mistura equivalente a um operário;

Tabela 5.16: Produtividade média de preparação e montagem da forma equivalente a um operário;

Tabela 5.17: Produtividade média de compactação equivalente a um operário;

Tabela 5.18: Produtividade média de desforma e cura equivalente a um operário;

Tabela A.1: Anotações sobre a preparação da mistura, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 1;

Tabela A.2: Anotações sobre a preparação da mistura, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 2;

Tabela A.3: Anotações sobre a preparação da mistura, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 3;

Tabela A.4: Anotações sobre a preparação da mistura, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 4;

Tabela A.5: Anotações sobre a preparação da mistura, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 5;

Tabela A.6: Anotações sobre a preparação e montagem da forma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 1;

Tabela A.7: Anotações sobre a preparação e montagem da forma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 2;

Tabela A.8: Anotações sobre a preparação e montagem da forma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 3;

Tabela A.9: Anotações sobre a preparação e montagem da forma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 4;

Tabela A.10: Anotações sobre a preparação e montagem da forma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 5;

Tabela A.11: Anotações sobre a compactação, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 1;

Tabela A.12: Anotações sobre a compactação, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 2;

Tabela A.13: Anotações sobre a compactação, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 3;

Tabela A.14: Anotações sobre a compactação, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 4;

Tabela A.15: Anotações sobre a compactação, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 5;

Tabela A.16: Anotações sobre a desforma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 1;

Tabela A.17: Anotações sobre a desforma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 2;

Tabela A.18: Anotações sobre a desforma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 3;

Tabela A.19: Anotações sobre a desforma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 4;

Tabela A.20: Anotações sobre a desforma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 5;

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Proposta de projeto, arcos e cúpulas, do Arq. Fathy, no vilarejo de Nova Gourn, Egito.

Figura 3.2: Execução de obra em cúpula de tijolo, feita pelo CRATerre na década de 1990.

Figura 3.3: Cidade de terra crua no deserto do Yemen.

Figura 3.4: Vila tecnológica, Vilarejo de Isle d' Abeau, França.

Figura 3.5: Canteiro de obras em Ribeirão Preto, SP.

Figura 3.6: Brasil.

Figura 3.7: U.S.A.

Figura 3.8: Austrália.

Figura 3.9: Exemplo da casa bandeirista.

Figura 3.10: Protótipo Unimep, Laboratório de Sistemas Construtivos. Santa Bárbara D'oeste, 1999.

Figura 3.11: Unimep, Laboratório de Sistemas Construtivos. Santa Bárbara D'oeste, 1997.

Figura 3.12: Canteiro de obras em Ribeirão Preto, SP.

Figura 3.13: Ilustração da preparação da mistura.

Figura 3.14: Ensaio da caixa.

Figura 3.15: Ensaio do vidro.

Figura 3.16: Dois operários fazendo a pré-mistura (terra + cimento). Obra no SESC-Pompéia (SP), 2003.

Figura 3.17: Ilustração da montagem das formas.

Figura 3.18: África.

Figura 3.19: Brasil.

Figura 3.20: U.S.A.

Figura 3.21: Forma de canto.

Figura 3.22: Forma em ângulo.

Figura 3.23: Ilustração do sistema G-1, formas e guias removíveis.

Figura 3.24: Ilustração do sistema G-2, formas e guias fixas.

Figura 3.25: Forma montada acima de um painel desformado.

Figura 3.26: Componentes da forma.

Figura 3.27: Sistema de forma desenvolvido pelo arquiteto David Easton.

Figura 3.28: Painéis de solo-cimento executado pelo arquiteto David Easton.

Figura 3.29: Forma montada (nível, prumo e alinhamento). Obra no SESC-Pompéia (SP), 2003.

Figura 3.30: Forma montada (travamento e cunhas). Obra no SESC-Pompéia (SP), 2003.

Figura 3.31: Montagem do caixilho dentro da forma.

Figura 3.32: Verga de concreto.

Figura 3.33: Corte do painel com uma serra elétrica.

Figura 3.34: Instalações embutidas na forma.

Figura 3.35: Ilustração da compactação.

Figura 3.36: Compactação manual.

Figura 3.37: Compactação mecânica.

Figura 3.38: Compactação de uma formada.

Figura 3.39: Controle de compactação.

Figura 3.40: Desmontagem da forma.

Figura 3.41: Painel pronto em fase de cura.

Figura 5.1: Painel de solo-cimento.

Figura 5.2: Painel de solo-cimento.

Figura 5.3: Painel de solo-cimento.

Figura 5.4: Painel de solo-cimento.

Figura 5.5: Painel de solo-cimento.

Figura 5.6: Croqui do canteiro de obras do estudo de caso 1.

Figura 5.7: Croqui do canteiro de obras do estudo de caso 2.

Figura 5.8: Croqui do canteiro de obras do estudo de caso 3.

Figura 5.9: Croqui do canteiro de obras do estudo de caso 4.

Figura 5.10: Croqui do canteiro de obras do estudo de caso 5.

Figura 5.11: Desenho do mapa do processo de produção do painel monolítico de solo-cimento.

Figura 5.12: Croqui da seqüência de montagem, compactação e desforma do painel.

Figura 5.13: Croqui da seqüência da desforma quando o painel está sendo executado.

Figura 5.14: Croqui da seqüência da desforma quando o painel está sendo executado.

Figura 6.1: Relação do consumo de tempo entre as etapas do processo de produção do painel monolítico de solo-cimento.

Figura 6.2: Ilustração da atividade de lançamento da mistura dentro da forma (lado esquerda: com a lata; lado direito: com um equipamento tipo funil)

Figura 6.3: Ilustração do equipamento para espalhar a mistura dentro da forma e quebrar os torrões.

Figura 6.4: Relação entre a produtividade e o número de operários na etapa de preparação da mistura.

Figura 6.5: Relação entre a produtividade e o número de operários na etapa de preparação e montagem da forma

Figura 6.6: Relação entre a produtividade e o número de operários na etapa de compactação.

Figura 6.7: Relação entre a produtividade e o número de operários na etapa de desforma e cura.

Figura 6.8: Histograma da etapa de Preparação da Mistura.

Figura 6.9: Histograma da etapa de Preparação e Montagem da forma.

Figura 6.10: Histograma da etapa de Compactação.

Figura 6.11: Histograma da etapa de Desforma e Cura.

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABCP: Associação Brasileira de Cimento Portland.

ABCTerra: Associação Brasileira dos Construtores em Terra.

CEPED: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Bahia.

CETEC: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais.

CMMAD: Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.

CRAterre: Centre International de Recherche et D'Application pour la Construction en terre.

CYTED: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo.

DEPEA / BNH: Departamento de Estudos e Pesquisas Aplicadas do Banco Nacional da Habitação.

FEC: Faculdade de Engenharia Civil.

ONU: Organização das Nações Unidas.

PCA: *Portland Cement Association*

TCPO: Tabela de Composições de Preços para Orçamentos.

Unicamp: Universidade Estadual de Campinas.

Unimep: Universidade Metodista de Piracicaba.

USP: Universidade de São Paulo.

Unesp: Universidade Estadual Paulista.

WBCSD: World Business Council for Sustainable Development (Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável).

m : unidade de medida em metros.

% : unidade de medida em porcentagem.

m³ : unidade de medida em volume (metros cúbicos).

m² : unidade de medida em área (metros quadrados).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVO	09
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1. Técnicas da Construção e Sustentabilidade	11
3.2. Tecnologia e Arquitetura	17
3.3. Arquitetura de Terra	21
3.4. Painel Monolítico de Solo-cimento	29
3.5. Processo de Produção do Painel Monolítico de Solo-cimento	35
3.5.1. Localização da Jazida	37
3.5.2. Projeto do Canteiro	39
3.5.3. Preparação da Mistura	41
3.5.4. Preparação e Montagem das Formas	47
3.5.4.1 Instalações	55
a) instalações de caixilhos	55
b) instalações elétricas e hidráulicas	56
3.5.5. Compactação	57
3.5.6. Desforma e cura	59
4. MATERIAIS E MÉTODOS	61
Coleta de Dados no Canteiro	61
Identificação dos painéis	61

Identificação das atividades	62
Desenho dos canteiros de obra	63
Mapeamento do Processo de Produção	64
Propor Procedimentos para as Etapas do Processo	65
Medir a Produtividade das Etapas do Processo	65
Discussões e Recomendações	67
5. RESULTADOS	69
Identificação dos Painéis	69
Identificação das Atividades	73
Desenho dos Canteiros de Obra	79
Mapeamento do Processo de Produção	83
Procedimentos de Execução e de Controle de Qualidade	91
Produtividade das Etapas do Processo	95
6. RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
7. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS	111
8. ANEXO I	119

1 - INTRODUÇÃO

“O desenvolvimento científico e tecnológico e a ecologia inteligentemente confrontados, são sempre compatíveis”
(Mascaró, 1990).

A busca incessante pelo desenvolvimento econômico a qualquer custo tem levado o planeta a uma crescente degradação ambiental. Problemas ambientais e sociais, principalmente no universo da construção civil, que nas suas atividades intrínsecas tem se caracterizado por ser um dos maiores geradores de resíduos poluentes, vêm se tornando o foco principal das pesquisas científicas e tecnológicas nos diversos campos do conhecimento humano.

Principalmente após a revolução industrial, quando a industrialização passou a dominar as formas de produção, novos materiais começaram a ser fabricados e um número cada vez maior de indústrias foi surgindo; a industrialização e a tecnologia foram tomando conta do mundo do homem, e aquele que produzia no “fundo do quintal” viu-se obrigado a adaptar-se aos novos meios da vida “moderna”.

Neste contexto, as cidades foram crescendo, e o meio ambiente natural foi se transformando em casas, ruas, edifícios, instalações industriais, estradas, barragens, plantações agrícolas, e com isso o microclima urbano foi sofrendo mudanças drásticas. Aumentaram demais o consumo “sem limites” das fontes naturais de recursos, o consumo de combustíveis fósseis, e conseqüentemente os índices de poluição (Santos, 1994).

Dentro deste processo de desenvolvimento tecnológico, considera-se segundo Corcuera (1998) que a indústria da construção é um dos grandes consumidores de energia e geradora de poluentes.

A tabela 1.1 mostra o quanto é necessário consumir de energia primária para se obter os materiais que são utilizados pela indústria da construção civil.

Tabela 1.1 – Comparativo de requerimento de energia primária para produção dos materiais.

Comparativo de requerimento de energia dos materiais	
Material	Requisição de energia primária (GJ/ton)
<i>muito alta energia</i>	
Alumínio	200 - 250
Plástico	50 - 100
Cobre	100 +
Aço inoxidável	100 +
<i>alta energia</i>	
Aço	30 - 60
Chumbo, Zinco	25 +
Vidro	12.25
Cimento	5.8
Compensado	8.10
<i>média energia</i>	
Cal	3 - 5
Tijolo de barro, ladrilho	2 - 7
Placa de gesso	1 - 4
Concreto in loco	0.8 - 1.5
Concreto em bloco	0.8 - 3.5
Concreto pré-moldado	1.5 - 8
Tijolo de areia-cal	0.8 - 1.2
Madeira	0.1 - 5
<i>baixa energia</i>	
Areia, agregados	< 0.5
Cinza vulcânica	< 0.5
Solo	< 0.5

Fonte: UNCHS, 1991a

A degradação ambiental é provocada por qualquer matéria que direta ou indiretamente polui o meio ambiente.

Segundo John (1999), os modelos de produção lineares estão sendo ultrapassados por provocarem três problemas evidentes:

1- Para muitos materiais o volume de matéria-prima natural já não é abundante, ou pelo menos, seu processo de obtenção apresenta dificuldades e custos crescentes.

2- O volume acumulado de resíduos, inclusive de resíduos perigosos, cresce, tornando seu gerenciamento caro e difícil. A poluição do ar é inerente a muitas atividades industriais.

3- Os modelos lineares de produção foram viáveis até os dias de hoje devido em grande parte à exclusão social: a maior parte da humanidade não participa dos benefícios (produtos) dos mencionados sistemas de produção.

Assim, diversas alternativas aos modelos de produção lineares têm sido propostas por pesquisadores, modelos estes, em que a utilização dos recursos empregados seja otimizada, a geração de resíduos seja reduzida a um mínimo de resíduos recicláveis, e ainda, que permitam a inclusão das populações com menos recursos nos processos produtivos.

O trabalho de Daly (Demmanboro, 2001), por exemplo, propõe uma economia de estado estável que aborde adequadamente os problemas ambientais. Daly esclarece que em um estado estável a economia pode se desenvolver sem necessariamente ter que aumentar a depleção agregada dos recursos naturais.

Daly discute a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável na Construção Civil, a partir da definição dos conceitos de crescimento e de desenvolvimento, a saber:

- Crescimento: geração de emprego aproveitando a quantidade de mão de obra ociosa fruto do alto nível de desemprego, sem se preocupar com a capacitação e qualificação desta mão de obra;
- Desenvolvimento: melhoria na qualidade da mão de obra ociosa via qualificação, com o duplo objetivo de melhorar os baixos salários pagos aos trabalhadores e de aumentar a qualidade dos serviços executados.

A indústria da construção civil em geral está passando por uma transformação no que diz respeito à gestão de processos, com referências teóricas desenvolvidas para o setor da manufatura, mais especificamente na indústria automobilística. O conceito “lean thinking” ou “mentalidade enxuta”, baseado no Sistema Toyota de Produção (TPS), foi formulado no início da década de 1980. O setor da construção civil tem demonstrado grande interesse pela aplicação desse conceito (Picchi, 1993).

No conceito da mentalidade enxuta, eliminar todo o tipo de desperdício é primordial, seja de mão-de-obra, material, tempo, ferramenta, máquina ou do próprio espaço. Ohno (1988), líder do desenvolvimento do TPS, define sete tipos de desperdício: superprodução, espera, transporte, processamento desnecessário, estoque, movimento e defeitos.

A meta é conhecer o processo completo, saber identificar os valores, eliminar o desperdício, reduzir custo, competir no mercado e oferecer um produto com melhor qualidade aos clientes. Cada vez mais empresas buscam na filosofia “lean” um novo paradigma para nortear suas operações em direção a uma redução de custos de modo a torná-la competitiva.

A União Internacional dos Arquitetos adotou, em 1993, juntamente com o Instituto dos Arquitetos dos Estados Unidos da América a “Declaração da Interdependência para um futuro sustentável”, que coloca a sustentabilidade social e ambiental como sendo o centro da responsabilidade profissional e prática. É preciso que o homem se relacione com o seu meio ambiente em equilíbrio, e obtenha mais qualidade nos espaços construídos. O homem deve dominar a tecnologia e usá-la para melhorar o seu modo de vida e seu meio ambiente.

Os materiais de construção devem ser aplicados de maneira a obter uma arquitetura mais equilibrada (ecológica e humana). A sustentabilidade dos espaços construídos deve partir da matéria-prima e dos processos utilizados para a construção. A preservação do meio ambiente significa a preservação da harmonia entre as esferas natural, cultural e artificial em que se vive.

No Brasil, de maneira semelhante ao que ocorre nos demais países em desenvolvimento, é preciso incorporar cada vez mais tecnologia nos processos da construção civil. O déficit habitacional mostra a necessidade de se produzir com rapidez e qualidade, priorizando os processos de produção eficientes em termos de consumo de energia e matéria-prima.

Segundo Pinheiro (2002) utilizar novos materiais e técnicas podem gerar ganhos de eficiência e diminuição do impacto das construções. É preciso buscar o maior e melhor desempenho possível com o menor custo e menor impacto. As novas tecnologias trazem mais opções de técnicas e de materiais, e por isso é necessário estar atualizado com o mercado, bem como atento às expectativas de empresas, profissionais do setor, e centros de pesquisa, sempre buscando formas de melhorá-las.

A terra é um dos materiais mais abundantes na natureza. Tem sido usada há muitos anos em todas as partes do mundo, seja para construir moradias, moldar objetos e utensílios domésticos etc. As utilidades deste material são conhecidas por diferentes culturas aplicadas de diversas maneiras. A terra pode ser utilizada como matéria-prima de processos construtivos, sem danificar a natureza.

É importante conhecer as características químicas e físico-mecânicas da terra, enquanto matéria-prima e também no âmbito dos processos construtivos da arquitetura com terra, para avaliar quais os benefícios que este material pode proporcionar ao ambiente construído. Há que se avaliar o impacto ambiental destes processos construtivos, que não poluem ao serem utilizados e são recicláveis.

A reavaliação do uso da terra como material de construção é de extrema importância frente aos desafios que os países em desenvolvimento vêm enfrentando, notadamente porque uma das principais causas do grande déficit habitacional está diretamente associada à falta de recursos financeiros da população.

Sabe-se de exemplos em cidades como Andradas (MG), São Simão (SP), Araras (SP) e outras, da utilização destes processos (tecnologias de construção com terra) trabalhados em forma de mutirão, possibilitando assim, a algumas comunidades regionais a autoconstrução de moradias. Os benefícios são: inclusão de mão-de-obra, redução do custo de material da obra e consumo de matéria-prima abundante, a terra.

Entre todas as tecnologias de construção com terra, o painel monolítico de solo-cimento é aplicável em diversas situações oferecendo benefícios, qualidades e vantagens. Trata-se de uma tecnologia cujo processo de produção otimiza os recursos naturais, sem agredir o meio ambiente. Através deste processo produtivo

pode-se construir objetos arquitetônicos que preservam a harmonia do meio ambiente natural, cultural e artificial em que se vive.

A tecnologia do processo de produção do painel monolítico de solo-cimento é uma das soluções hoje encontrada no mercado da construção, mas por ser uma tecnologia milenar que caiu em desuso com a industrialização de diversos componentes de construção, necessita de pesquisa e prática dos profissionais engenheiros, arquitetos e construtores, para demonstrar que se tem no mercado mais uma opção; e que esta opção de tecnologia pode trazer muitos benefícios frente aos desafios de produção com eco-eficiência, ou seja, eficiência econômica e ecológica.

Nas palavras de Claude Julien (diretor do Monde Diplomatique, Paris) fica clara a importância da investigação tecnológica: “A nova evolução tecnológica não poderia constituir um objetivo: só pode ser um meio. Ao serviço de que sociedade, de que modo de vida, de que concepção do homem?...” “se o objetivo é o crescimento econômico, simples medida de produção utilizará as novas tecnologias para reproduzir a antiga ordem, acentuando as distorções”, “se o objetivo é o desenvolvimento da sociedade, empreenderá uma tarefa bem mais complexa procurando nas novas tecnologias, meios mais eficazes para melhor organizar e dominar o seu universo”, “nenhum engenheiro especializado em qualquer das tecnologias resolverá o debate, porque é político e cultural”, “não conseguirá mobilizar as energias e os recursos necessários, se a sua única preocupação é fazer face à concorrência, imitá-la na conquista das tecnologias de ponta” (Dethier, 1986).

Buscando equilibrar as limitações que possuo como pesquisador e as dificuldades do dia-a-dia de um arquiteto em início de carreira; e contando com a orientação do professor doutor André Argollo e outros excelentes profissionais que conheci no meio acadêmico, apresento minha dissertação.

2 - OBJETIVOS

Tomando como universo de estudos a construção de painéis monolíticos de solo-cimento, pretende-se atingir os seguintes objetivos:

- a) Mapear o processo de produção do painel monolítico de solo-cimento;
- b) Descrever as atividades e identificar as não conformidades do processo;
- c) Propor procedimentos de execução e de controle de qualidade para as etapas do processo;
- d) Medir a produtividade das etapas do processo.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. TÉCNICAS DA CONSTRUÇÃO E SUSTENTABILIDADE

“Ao ecossistema natural que define uma região soma-se o ecossistema artificial criado pelo homem”
(Segre, 1987).

As discussões locais e globais sobre as necessidades das atuais e futuras gerações fundamentam-se em conceitos de sustentabilidade ligados basicamente a questões energéticas, ambientais, sociais e econômicas. Essas discussões estão presentes em todos os setores produtivos da nossa sociedade.

Todo o progresso e avanço das ciências tecnológicas basearam-se na busca de conforto e bem estar para o ser humano. Nesta busca pela evolução o homem sempre explorou, e explora ainda nos dias de hoje, os recursos disponíveis nas reservas naturais. Sem se preocupar com a preservação das reservas sua exploração está causando problemas sociais e ambientais. De acordo com o professor Commoner, citado por Mascaró (1990), “a nova tecnologia é um êxito econômico ao custo de um fracasso ecológico”.

Um exemplo desse fracasso é a cidade. Um conjunto econômico, social, político, geográfico e climático. A partir da revolução industrial, a evolução das máquinas, o desenvolvimento dos modos de produção, os diferentes modos de vida foram se tornando atrativos para as pessoas, assim, a cada dia a urbanização crescia. Esta “evolução” trouxe ao homem uma maior comodidade, um ganho de tempo e qualidade de vida.

Assim, os processos de industrialização trouxeram uma grande desordem no meio urbano que fica incompleto e imperfeito, trazendo inúmeras dificuldades à vida humana, e problemas mais graves à população. Os aumentos da geração de resíduos e poluição, gerados pela industrialização, são fatores que não agregam valor e prejudicam a qualidade de vida das cidades.

Em 1972, a ONU, realizou o primeiro fórum mundial para discutir questões ambientais e também criou a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD). Surgiu a idéia do Desenvolvimento Sustentável que é definido pelo CMMAD como: "... atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem também as suas" - e salienta que ainda é um conceito que tem limitações - "impostas pelo estágio atual da tecnologia e da organização social, no tocante aos recursos ambientais, e pela capacidade da biosfera de absorver os efeitos da atividade humana" (Pinheiro, 2002).

Para o CMMAD (1991), "... desenvolvimento sustentável não é um estado permanente de harmonia, mas um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras". E como destaca Philippi (2000) citado por Pinheiro (2002), "... incorpora dimensões sociais, culturais, éticas, econômicas, políticas, ecológicas, tecnológicas e de valores, entre outros".

A indústria da construção civil é parte integrante do desenvolvimento da humanidade. Além de "facilitador" do desenvolvimento, acaba sendo um dos responsáveis pela degradação ambiental e também vítima da poluição gerada, pois sofre com "a poluição atmosférica causada pelo alto grau de industrialização das cidades" (Cunha, Souza & Lima, 1996) citados por Argollo Ferrão e Pinheiro (2001).

Bruna (1976) salienta que "a indústria por si não é capaz de resolver os problemas dos aglomerados urbanos, que a simples resolução dos problemas tecnológicos inerentes à produção não é suficiente para suprir a ausência de imaginação social e espacial".

Para Motoyama (1995) o mundo atravessa um momento histórico importante, com valores tradicionais em crise, momento crucial para se repensar algumas idéias centrais de nosso tempo, como a do próprio desenvolvimento. Salienta que "o problema é que países de terceiro mundo ou em desenvolvimento, na ânsia de superar seus problemas, optam por caminhos apressados. Fascinados pela parafernália tecnológica exposta nas vitrines dos países desenvolvidos, iludindo-se e imaginando que sua aquisição simplesmente dará fim a suas mazelas". Nesse contexto, é compreensível que nos países de terceiro mundo se dê prioridade à aquisição de tecnologia e não à sua geração autóctone ou de educação científica.

Embora não se possa negar que a modernização da indústria da construção civil no Brasil precedeu qualquer desenvolvimento tecnológico, não é menos verdade que as Escolas Politécnicas, tanto a do Rio de Janeiro como a de São Paulo, contribuíram muito, mediante o ensino de tecnologias. Além disso, surgem dessas escolas o Instituto Nacional de Tecnologia, no Rio de Janeiro, e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas, em São Paulo, que instituíram no Brasil a pesquisa tecnológica. Os ensaios de materiais, especificações técnicas e a normatização, adotados no país a partir da década de 1920, vieram trazer à construção civil brasileira, especialmente no campo do concreto armado, posição de destaque, mesmo no cenário internacional (Motoyama et al, 1995).

Hoje em dia novos conceitos da indústria estão sendo colocados em prática, visando melhorar as condições das produções. Uma produção eficiente é aquela que gera o menor volume possível de poluentes e resíduos não recicláveis

a um custo e horas de trabalho menores, podendo assim oferecer um bem estar para o operário e para a cidade.

Neste contexto, um dos conceitos mais importantes é o de eco-eficiência, que agrega valores ecológicos de proteção ao meio ambiente e agrega valores de ordem econômica, gerando lucro para os empreendimentos. Propõe o aumento da produção, utilizando menos energia, com menor consumo de recursos naturais, menor desperdício e poluição, e aumento das práticas de reciclagem e reutilização (Argollo Ferrão, Freire, Beraldo, 1999).

Segundo o WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), a palavra eco-eficiência é a combinação entre economia, ecologia e eficiência, portanto uma eficiência econômica e ecológica, "... alcançar com preço bom e competitivo, serviço que satisfaça as necessidades humanas, trazendo qualidade de vida, enquanto progressivamente reduz os impactos ecológicos e a intensidade de recursos durante o ciclo de vida, para um nível em sintonia com a capacidade estimada da terra" (Pinheiro, 2002).

Para Pinheiro (2002), os princípios de eco-eficiência não devem ser vistos como mais uma onda temporária e sentimentalista, sobre as atividades produtivas e os impactos da conquista do homem sobre o meio, mas sim como uma adição de qualidade que aproxima as atividades produtivas e exploratórias das recentes linhas de pensamento ambiental, visando cortar de forma eficaz os desperdícios de material e mão-de-obra causados por má gerência nos processos produtivos.

Além disso, como salienta John (1999), os modelos de produção lineares utilizados até os dias de hoje estão sendo ultrapassados. Não se pode apenas projetar produtos, utilizá-los e depois colocá-los no lixo. Este modelo traz conseqüências malélicas para o meio ambiente. As reservas naturais de matéria-prima vêm sendo exploradas sem nenhum tipo de controle, os processos

produtivos tradicionais vêm gerando uma grande quantidade de resíduos poluentes; além disso, vêm excluindo o trabalho de muitas pessoas.

É preciso pensar um modelo de produção que otimize os recursos e reduza ao máximo a geração de resíduos. É necessário, pois, aplicar aos processos de produção conceitos de desenvolvimento sustentável, principalmente na indústria da construção, cujas operações intrínsecas representam a atividade humana de maior impacto ambiental (Mascaro, 1990).

Uma solução para este problema é a inovação e transferência de tecnologia, a partir de modelos que otimizem os recursos humanos e materiais disponíveis, contribuindo para que diminua problemas econômicos, sociais e de dependência tecnológica dos países em desenvolvimento (Mascaro, 1990).

Na Tabela 3.1 apresenta-se uma avaliação sobre o consumo de energia associado a três sistemas construtivos (painel monolítico de solo-cimento, alvenaria de tijolo cerâmico (oito furos) e bloco de concreto). Não foram considerados os consumos equivalentes ao armazenamento e equipamentos. Considerou-se a energia, como um todo, no processo de transformação da matéria-prima (Argollo Ferrão e Heise, 2001).

Tabela 3.1. Avaliação sobre o consumo de energia de três processos construtivos: painéis monolíticos de solo-cimento, alvenaria cerâmica e de blocos de concreto.

CONSUMO DE ENERGIA PARA CADA SISTEMA CONSTRUTIVO	USINAGEM DO CONCRETO	QUEIMA DE LENHA	TRANSPORTE	MÃO-DE-OBRA	* CONTEÚDO ENERGÉTICO / m ²
BLOCO DE CONCRETO	M	N	M	X	---
TIJOLO CERÂMICO	N	M	M	X	203.130 Kcal
PAINEL DE SOLO-CIMENTO	N	N	P	P	42.886 Kcal

LEGENDA: (M) muita / (X) média / (P) pouca / (N) nenhuma

(*) Fonte: Balanço Energético de Edificações Típicas (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC. Brasília, 1982)

A aplicação dos conceitos de desenvolvimento sustentável na construção civil permite objetivar algumas metas ambientais importantes. A tecnologia de construção com o painel monolítico de solo-cimento permite mediante o uso racional dos materiais e técnicas associados a um bom projeto, a produção de espaços de melhor qualidade arquitetônica, conforto e durabilidade, sem agredir o meio ambiente (Argollo Ferrão e Heise, 2001).

3.2. TECNOLOGIA E ARQUITETURA

“Uma proposta tecnológica não se limita aos procedimentos específicos do processo produtivo, mas abarca uma estrutura de maior amplitude, que garante o controle social sobre o processo e sobre seus efeitos. Essa hipótese se refere à crescente consciência sobre integração entre a tecnologia, sociedade e natureza” (Pelli, 1990).

Segundo Vianna (1990) um aspecto de extrema importância é o estreito vínculo existente entre os recursos energéticos, desenvolvimento tecnológico e arquitetura. Os profissionais arquitetos devem se preocupar com a atual crise mundial de energia e estabelecer bases para um correto projeto de arquitetura, baseados no tocante ao consumo de energia, à tecnologia empregada e também à linguagem que essa arquitetura assume.

Para algumas comunidades as necessidades impostas pelo mundo contemporâneo são atendidas por sistemas construtivos que se caracterizam como industrializado. A industrialização propõe organização e produção em série, mecanizar alguns processos e produzir componentes pré-fabricados, em usinas ou no próprio canteiro de obras, fundamentalmente quando se pretende adquirir maior velocidade e qualidade na construção.

Outro exemplo é do arquiteto Hassan Fathy, no Egito, que desenvolveu um projeto (figura 3.1) para populações de aldeias carentes de recursos financeiros; o arquiteto tratou de conhecer bem a cultura daquele povo para encontrar a melhor maneira de ensiná-los a trabalhar com as técnicas construtivas propostas (Fathy, 1982). Neste caso o arquiteto empregou a tecnologia de construção com arcos e cúpulas de tijolos, como mostra a figura 3.2.

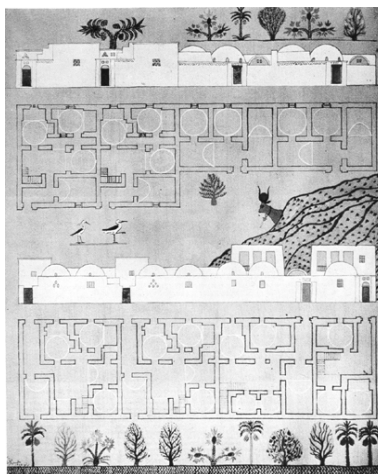


Figura 3.1: Proposta de projeto, arcos e cúpulas, do Arq. Fathy, no vilarejo de Nova Gurna, Egito.
Fonte: Dethier, 1981.



Figura 3.2: Execução de obra em cúpula de tijolo, feita pelo CRATerre na década de 1990.
Fonte: Easton, 1996.

No Brasil a dependência tecnológica e a crise energética mundial têm “forçado” os pesquisadores e profissionais a buscar soluções próprias e simples. Outros exemplos são as pesquisas de técnicas de construção com terra, feitas pelo CYTED, que registrou a existência de mais de 50 técnicas em uso ou em fase de investigação (Neves, 1995).

A pesquisa deve ser atrelada às demandas básicas por infra-estrutura para a sociedade, sendo necessário investir recursos em tecnologia que seja apropriada à realidade. As tecnologias apropriadas estão em busca de:

- a) Resultar em maior utilização de mão de obra ociosa e subempregada;
- b) Elevar a produtividade média da força de trabalho, pelo uso mais eficiente do fator capital, da terra e dos recursos naturais e matérias primas;
- c) Proporcionar melhores ferramentas e equipamentos àquelas camadas da população que ficam marginalizadas do processo de crescimento urbano-industrial;
- d) Assegurar que o aumento da produtividade resulte também em mercados mais amplos e estáveis e numa renda mais elevada para os setores e regiões mais atrasados.

É preciso então caminhar em busca da sustentabilidade, através de tecnologias mais eficientes nas questões energéticas, ambientais, sociais e econômicas. "Existem algumas cidades e comunidades que vivem em sustentabilidade, ou seja, com os próprios recursos conseguem se desenvolver e oferecer qualidade de vida a seus integrantes. Por exemplo, os índios Pueblos que habitam a região sudoeste dos Estados Unidos da América, desenvolveram a agricultura e a vida comunitária, construindo cidades que ainda hoje conservam suas características básicas" (Carsalade, 1986). Pode-se dizer que a questão da escala inviabilizaria tais iniciativas. Mas este problema também pode ser solucionado por meio da pesquisa.

A arquitetura deve então somar as qualidades espaciais com as tecnologias dos materiais em busca da qualidade e do bem estar da sociedade e do ambiente.

3.3. ARQUITETURA DE TERRA

“Para ter sucesso, uma construção deve tirar vantagem das forças naturais, sol para luz e calor, vento e sombra para resfriar. Massas térmicas, com a sua habilidade natural para moderar as mudanças de temperaturas, é o elemento chave para manter o conforto dentro de um edifício ao custo razoável” David Easton (1994).

Segundo Dethier (1981), as construções em terra são conhecidas há aproximadamente dez mil anos. Talvez se possa dizer que a terra enquanto material de construção surge no começo da História do Homem. O registro mais antigo da tecnologia de construção em terra é um adobe de 5.000 a.C., encontrado na Mesopotâmia. O primeiro registro de terra estabilizada, terra misturada com cinzas e moldada em adobes, é de quinhentos anos mais tarde, 4.500 a.C., e foi encontrado na região de Tépé Gawna.

Cidades inteiras de antigas civilizações (figura 3.3) também foram erguidas em terra. Por exemplo: Catal Hoyuk, na atual Turquia; Harada e Mohendo-Daro, no Paquistão. Enfim, como diria Pinto (1993) "a invenção da construção com terra é tão natural, quanto o ato de uma criança fazer um castelo de areia. Tentar saber, portanto onde nasceu a construção de terra é quase como tentar saber onde nasceu o Homem".



Figura 3.3: Cidade de terra crua no deserto do Yemen.
Fonte: Dethier, 1981.

Segundo Houben e Guillaud (1994), as técnicas de construção com terra podem ser classificadas em 12 grandes grupos, organizados de acordo com os princípios construtivos que os definem: terra escavada, terra como recobrimento, terra como preenchimento, terra compactada, terra recortada, terra manipulada, terra empilhada, terra moldada, terra extrudada, terra escorrida, terra palha, pau a pique.

A terra compactada pode ser utilizada de duas diferentes maneiras:

- a) Tijolos prensados (manual ou mecanicamente);
- b) Taipa de pilão, ou terra apiloada entre dois pranchões de madeira (manual ou mecanicamente).

Na América, as primeiras construções em terra apareceram no Peru, no México e no sudoeste dos Estados Unidos, devido às características do clima seco e quente. Atualmente no Equador as construções com terra têm sido muito utilizadas, com 400.000 m² de área construída com blocos e painéis monolíticos. No Brasil existem cadastrados aproximadamente 130.000 m² de construções com terra, sendo três os principais sistemas: o pau a pique, o adobe e a taipa de pilão (NUTAU 1995).

As técnicas construtivas em terra no Brasil, vêm de uma associação das culturas construtivas européias (figura 3.4 e 3.5), trazidas pelos portugueses e imigrantes, e das culturas construtivas africanas, trazidas principalmente pelos escravos. Portanto, a tecnologia de construção em terra é conhecida no Brasil desde a chegada dos colonizadores (Hoffmann, 2002).



Figura 3.4: Vila tecnológica, Vilarejo de *Isle d' Abeau*, França.
Fonte: Easton, 1996.



Figura 3.5: Canteiro de obras em Ribeirão Preto (SP), 1988.
Foto: Eduardo Salmar, 1988.

Segundo o dicionário Aurélio, “*cultura*” significa: valores espirituais e materiais transmitidos coletivamente e característicos de uma sociedade; “*construtivo*” significa: que visa a renovar, ou corrigir, melhorar, aperfeiçoar; e “*sistema*” significa: conjunto de elementos, materiais ou ideais, entre os quais se possa encontrar ou definir alguma relação (Aurélio, 1986).

Para Sabbatini (1989) *apud* Akasaki (1999) a conceituação sobre um sistema construtivo diz respeito à visão de processos: “processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo”.

O termo sistema construtivo retoma a idéia de tecnologia e inovação tecnológica, que também Sabbatini (1989) conceitua com a seguinte definição: “Inovação Tecnológica – um novo produto, método, processo ou sistema construtivo introduzido no mercado, constitui-se em uma Inovação Tecnológica na construção de edifícios quando incorporar uma nova idéia e representar um sensível avanço na tecnologia existente em termos de: desempenho, qualidade ou custo do edifício, ou de uma sua parte” (Akasaki, 1999).

Dethier (1981) considera a terra “um objeto de discussão ideológico como nenhum outro material: por um lado é apreciada por um setor ecologicamente consciente e por outro qualificado como material impróprio”. De fato a terra é um material entre muitos outros e possui características e propriedades que lhe conferem vantagens e desvantagens quando utilizada na construção de edifícios.

O CYTED está fazendo um levantamento em alguns países da América Latina, entre os quais o Brasil, sobre técnicas de construção com terra, a fim de se avaliar quais os benefícios que a evolução destas técnicas podem trazer para a sociedade, bem como suas possibilidades de industrialização (Neves, 1995).

As tecnologias de construção com terra, tanto no nível técnico como no científico, podem ser comparadas a qualquer outra tecnologia de construção. Segundo Houben e Guillaud (1994) para se construir com terra é preciso conjugar duas condições básicas: “... existir matéria prima em abundância e haver conhecimento completo das técnicas de construção”.

As atuais pesquisas de tecnologia de construção com terra comprovam esta afirmação (figuras 3.6, 3.7 e 3.8). A construção com terra não tem limitações e oferece vantagens comprovadas em relação a outros materiais básicos de construção. As técnicas de construção com terra representam um enorme potencial diante da crise mundial de habitação e dos desafios do impasse energético deste milênio (Hoffmann, 2002).



Figura 3.6: Brasil.
Foto: André Heise.



Figura 3.7: U.S.A.
Fonte: Easton, 1996.



Figura 3.8: Austrália.
Fonte: Easton, 1996.

No Brasil, a utilização da terra como material de construção foi generalizada até o século XVIII, por exemplo, as muralhas da cidade de Salvador (BA). "A Sé de palha também teria sido edificada em taipa, assim como o Hospital Santa Isabel. As grandes matrizes do interior de Minas Gerais, assim como as pequenas capelas daquele Estado também foram erguidas com esta técnica construtiva". A casa bandeirista é um exemplo de construção com a taipa de pilão, técnica muito difundida no Estado de São Paulo (Santiago, 1996).

Em São Paulo havia a preocupação que o edifício fosse durável o suficiente para suportar qualquer intempérie, e a solução encontrada foi a taipa, principalmente em locais onde a pedra fosse de difícil obtenção. Segundo Schimidt (1988) em épocas passadas, no Brasil, raramente se construía com tijolos, ainda menos em cantaria; levantam as paredes com duas filas de fortes

mourões ou gradeados, entre os quais se calça o barro (casas de taipa), sistema muito parecido com o *pisé* francês.

O sistema construtivo em taipa foi muito utilizado e atualmente está retornando ao vocabulário do construtor, com algumas adaptações relativas ao clima, tipo de solo etc, no Brasil. Sabe-se que não pode ser utilizado qualquer tipo de solo para se construir a taipa. O solo tem que ter características básicas como uma granulometria adequada (o solo deve estar limpo de matéria orgânica e ser composto basicamente de 65% a 70% de areia e 35% a 30% de argila), para um bom desempenho no edifício construído.

As adaptações nas casas bandeiristas (figura 3.9) visavam a adequação arquitetônica da taipa ao clima tropical. Assim, o beiral, por exemplo, foi uma solução para resolver o problema das chuvas intensas que aqui ocorrem, não deixando que as paredes de taipa fossem diretamente atingidas pelas chuvas.



Figura 3.9: Exemplo de casa bandeirista.

Foto: André Heise, 1999.

Na França, surgiu na década de 1970 com a pesquisa de três estudantes para catalogar as construções feitas com terra próximas à região de Rhone, o CRATerre, *Centre Internacional de Recherche et D'Application pour la Construction en Terre*, em Grenoble, onde se desenvolveu uma “vila tecnológica” na qual foram aplicadas várias técnicas de construção para poderem ser feitas avaliações em conjunto com pesquisadores, construtores e autoconstrutores. Visando divulgar e inovar tecnologicamente as técnicas de construção com terra.

No Brasil em 1997 surge a ABCTerra (Associação Brasileira dos Construtores em Terra) e o Proterra (1995) com o objetivo de divulgar, pesquisar e incentivar o uso da terra como material de construção, seus objetivos são:

- a) Interagir com grupos e associações existentes a fim de trocar informações e divulgar as tecnologias de construção com terra;
- b) Promover palestras, atividades, treinamento e formação de profissionais e construtores, desenvolvendo pesquisa e estimulando na prática o uso da tecnologia de construção com terra;
- c) Trabalhar na Normatização das técnicas de construção com terra;

Segundo as exigências que Pearson (1989), *apud* Corcuera (1998), coloca aos materiais de construção, quanto a aspectos ecológicos e de salubridade, as seguintes recomendações devem ser observadas:

- a) Devem ser renováveis e abundantes, provenientes de fontes naturais diversas e cuja produção cause baixo impacto ao meio ambiente;
- b) Não poluentes, de modo que não emitam vapores, partículas ou toxinas nocivas ao meio ambiente, seja na sua fabricação ou na sua utilização;
- c) Devem ser eficientes, utilizando o mínimo de energia na sua produção, transporte e utilização (devem provir de regiões próximas), adicionalmente devem ser bons isolantes de forma a prevenir perdas/ganhos energéticos (calor) indesejáveis;

- d) Duráveis, fáceis de repor e de fácil manutenção, testados por diversas gerações, produzidos a preços e condições de trabalhos justos;
- e) Devem gerar o mínimo de resíduos, capazes de serem reciclados, de modo a economizar a grande quantidade de energia necessária para produzir os materiais a partir da matéria-prima.

Com base neste enfoque é que os materiais alternativos de construção estão sendo pesquisados e aplicados dentro de uma concepção de arquitetura mais ecológica e humana. As técnicas de construção com terra contribuem com o ecossistema nos seguintes aspectos:

- a) Sua alta resistência diminui a necessidade de manutenção e dispensa a aplicação de pinturas e outros acabamentos externos;
- b) A durabilidade das construções em terra elimina a necessidade de reconstrução contínua, permitindo a conservação dos recursos naturais;
- c) A reciclabilidade diminui as perdas e a formação de entulhos no canteiro de obra.

Dentre todas as técnicas de construção com terra, o antigo sistema construtivo da “taipa de pilão” evoluiu para a construção de painéis monolíticos de solo estabilizado com cimento.

3.4. PAINEL MONOLÍTICO DE SOLO-CIMENTO

Segundo Abiko (1988) o solo-cimento foi empregado pela vez primeira em 1915 nos Estados Unidos da América pelo engenheiro Bert Reno, que pavimentou uma rua com mistura de conchas marinhas, areia de praia e cimento Portland; porém somente em 1935 a PCA (*Portland Cement Association*) iniciou pesquisas estudando a tecnologia deste material.

As primeiras experiências no Brasil com esta tecnologia foram a pavimentação do aeroporto de Petrolina (PE) e a construção de residências em Petrópolis (RJ) no início da década de 1940. O arquiteto Lúcio Costa nesta época desenvolveu um projeto propondo a construção da Vila Operária de João Monlevade (MG) em terra, utilizando o sistema construtivo de pau-a-pique e o painel monolítico de solo-cimento.

Em 1948 o hospital Adriano Jorge em Manaus (AM), com área de 10.800 m², foi construído com painéis monolíticos de solo-cimento. Entre outras experiências, esta tecnologia foi usada na construção de conjuntos habitacionais na Bahia e em São Paulo.

As construções das casas do Vale Florido, na Fazenda Inglesa, em Petrópolis (RJ), atestam a durabilidade desta técnica construtiva pelo seu estado de conservação atual. Desde então foram se ampliando os estudos e as práticas de construção com o solo-cimento, como indica o quadro publicado pelo DEPEA / BNH (Departamento de Estudos e Pesquisas Aplicadas do Banco Nacional da Habitação). Profissionais, empresas e instituições que atuam no setor da construção civil vêm se beneficiando das vantagens técnicas e econômicas que o solo-cimento oferece (ABCP, 1987).

Tabela 3.2.: Número de unidades construídas com a tecnologia que utiliza o solo cimento como material principal (tijolo prensado e painel monolítico).

REGIÃO DOS ESTADOS BRASILEIROS	Número de unidades registradas (até outubro de 1983)			
	Utilização			
	HABITACIONAL	COMUNITÁRIA	OUTRAS	TOTAL
NORTE	67	2	1	70
NORDESTE	527	144	21	692
SUDESTE	520	-	-	520
CENTRO-OESTE	1311	6	1	1317
SUL	128	-	-	129
TOTAL	2553	152	23	2728

Fonte: Caderno da ABCP (solo cimento na habitação popular p. 2), 1987.

Segundo Freire (1999a) a adição de cimento ao solo permite ao material adquirir as seguintes características:

- a) Poucas variações volumétricas com a absorção e perda de umidade;
- b) Corrigir a granulometria do solo;
- c) Aglutinar as partículas entre si;
- d) Aumentar a resistência à deformação;
- e) Aumentar a resistência à compressão simples;
- f) Aumentar a capacidade de suporte do solo;
- g) Aumentar a permanência das propriedades (durabilidade);

A ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) publicou vários trabalhos a respeito de normas, dosagens da mistura, controle e fiscalização de obras, em solo-cimento. A ABCP define o solo-cimento como um “produto monolítico resultante da mistura de solo, cimento e água, compactados em proporções estabelecidas através de dosagem especificada e racional” (ABCP, 1982).

Um relato do arquiteto Mauro de Castro Freitas foi publicado na revista PROJETO em 1986, na reportagem “Em São Simão, um exemplo que pode orientar os sem-casas”. A matéria refere-se à experiência que resultou na implantação do Projeto Habitacional Conjunto São Luís em São Simão (SP), construído em regime de mutirão, com a tecnologia de construção do painel monolítico de solo-cimento.

Freitas (1986) menciona que a tecnologia do painel monolítico de solo-cimento foi a escolhida por seu baixo custo e pela facilidade de assimilação do sistema construtivo. Após consulta, a ABCP enviou técnicos ao local. Eles realizaram pesquisas e descobriram haver nas proximidades do terreno cedido uma jazida de solo considerada excelente para a obra. À etapa inicial da construção seguiu-se uma segunda fase em que, com a mesma técnica, foram erguidas outras unidades, totalizando 62 casas, com área de 40 m² cada uma. A Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Estado financiou os materiais de construção e a prefeitura responsabilizou-se pelo pagamento da equipe técnica, do mestre de obras e dois pedreiros.

Decorridos 13 anos da conclusão do conjunto, Freitas considera ótimo o resultado obtido. “As paredes não apresentam sinais de fissuras, trincas, ou qualquer tipo de deterioração. Além disso, o custo de cada unidade foi reduzido sensivelmente”.

Algumas universidades como a Unicamp, Unimep, USP e Unesp vêm desenvolvendo pesquisas na área da tecnologia de construção com painel monolítico de solo-cimento. Por exemplo, na Unimep construiu-se em 1999 um protótipo em laboratório próprio para estudar a tecnologia.



Figura 3.10: Protótipo Unimep, Laboratório de Sistemas Construtivos. Santa Bárbara D'oeste, 1999.

Foto: André Heise, 2000.



Figura 3.11: Unimep, Laboratório de Sistemas Construtivos. Santa Bárbara D'oeste, 1997.

Foto: André Heise, 1997.

Segundo Salmar (1987) “quem quiser construir com o solo cimento tem que eliminar todo o tipo de preconceito e ranço cultural de que a terra é coisa suja, frágil e facilmente desmanchável pela ação do vento e da chuva”. O manuseio correto deste material permite produzir painéis esbeltos e eficientes (figura 3.12), atendendo as exigências dos padrões arquitetônicos da atualidade.



Figura 3.12: Canteiro de obras em Ribeirão Preto (SP), 1988.
Foto: Eduardo Salmar, 1988.

O CEPED (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Bahia) tem publicações de cartilhas e manuais de como trabalhar com o solo-cimento, observando aspectos de resistência à compressão e a choques mecânicos, o desempenho das pinturas e a influência da cura na resistência final do produto, e também desenvolveu procedimentos práticos para a escolha do tipo de solo adequado para a prática deste sistema construtivo (CEPED, 1992).

Nas pesquisas realizadas pelo CEPED sempre houve a preocupação do desenvolvimento de uma maneira simples de se construir, evitando o uso de equipamentos sofisticados e aproveitando-se mão de obra desqualificada. Na prática o CEPED participou da construção e/ou assessoria técnica de um total aproximado de 33.000 m² de área construída (CEPED, 1992).

A tecnologia de construção com o solo-cimento não é novidade. As experiências de profissionais e institutos de pesquisa mostram que é uma solução adequada para determinadas situações problemáticas, mas que ainda é necessário reavaliar etapas do processo, para melhorar a qualidade da técnica construtiva. Esta tecnologia é alvo de reavaliação e pesquisa com base no tradicional sistema da taipa de pilão. Arquitetos, engenheiros e construtores vêm estudando, utilizando e aprimorando esta tecnologia.

Algumas das vantagens de se utilizar o sistema construtivo de painéis monolíticos de solo-cimento:

- a) Utilização de equipamentos simples em pequena quantidade;
- b) Procedimentos simples para a execução do painel;
- c) Pouca diversidade de material e operações no canteiro;
- d) Muitas vezes é possível utilizar o material do próprio canteiro, o que reduz sensivelmente o gasto com transporte de material;
- e) Transferência de tecnologia acessível também para uma mão de obra não especializada;

3.5. PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PAINEL MONOLÍTICO DE SOLO CIMENTO

O processo de produção pode ser dividido em:

2 etapas fora do canteiro de obra:

- a) Localização da jazida;
- b) Projeto do canteiro.

4 etapas dentro do canteiro de obra:

- a) Preparação da Mistura;
- b) Preparação e Montagem das Fôrmas;
- c) Compactação;
- d) Desforma.

3.5.1. LOCALIZAÇÃO DA JAZIDA

A ABCP desenvolveu normas de análise do tipo de solo ideal para a compactação de paredes monolíticas. Não é qualquer solo que pode ser utilizado para a execução do painel de solo-cimento, somente solos apropriados é que desempenham a função eficientemente na mistura com o cimento (ABCP, 1986).

Composição do solo:

O solo é composto dos seguintes elementos:

- a) Pedregulhos - cristais grandes ou fragmentos de rochas que resistem à decomposição;
- b) Areias - grãos de quartzo;
- c) Siltes - sílica coloidal ou cristais grandes de argila ou impurezas;
- d) Argilas - cristais de argila mineral

Análise da granulometria (NBR 7181):

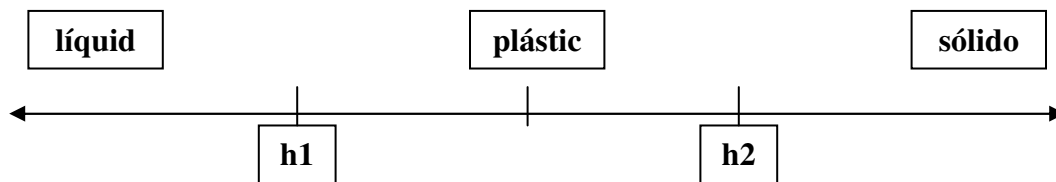
A análise da granulometria permite identificar a porcentagem de partículas que o solo possui em cada uma dessas faixas:

- a) Pedregulho grosso - entre 4,8 e 76 mm;
- b) Pedregulho fino - entre 2,0 e 4,8 mm;
- c) Areias grossas - entre 0,42 e 2 mm;
- d) Areias finas - entre 0,05 e 0,42 mm;
- e) Silte - entre 0,005 e 0,05 mm;
- f) Argila - menores que 0,005 mm.

Determinação do limite de plasticidade (NBR 7180):

A determinação do limite de plasticidade permite verificar a capacidade de um solo em ter sua forma moldada sem diminuir seu volume. Quanto mais complexa é a forma dos grãos (que depende da espécie mineral da argila) maior é sua plasticidade.

Partindo do princípio de que o solo é um material que pode passar do líquido ao plástico por uma simples variação de umidade (e o mesmo do plástico para o sólido), pode-se definir esses pontos de passagem, pelos teores de umidade denominados h_1 e h_2 .



h_1 = limite de liquidez

h_2 = limite de plasticidade

O solo precisa ser classificado para que se possa explorar suas propriedades de maneira mais adequada. Os pesquisadores Houben e Guillaud (1994), do CRATERre, recomendam que se faça tanto a classificação física, ou seja, da granulometria e do índice de plasticidade, como a classificação mineralógica.

O solo adequado é composto de:

25% solo argiloso

75% solo arenoso

3.5.2. PROJETO DO CANTEIRO

O Professor Souza (2000) define o canteiro como:

- A área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra.
- Conjunto de áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência.

Sendo assim, o canteiro por definição do professor Souza (2000) é a fábrica cujo produto final é o edifício. Sendo uma fábrica deve ser observado através da leitura dos processos de produção e espaços que por um determinado tempo serão o dia-dia do operário.

O canteiro de obra é semelhante a uma fábrica, o local onde o produto final está sendo produzido, a diferença é que em uma fábrica o produto sai para o mercado e no caso do canteiro de obra é a fábrica que sai e o produto fica para ser absorvido pelo mercado. Dentro do canteiro acontecem diversas atividades relacionadas à produção do produto.

No setor da construção civil o canteiro é peça importante na constituição do empreendimento, nota-se que em muitos canteiros de obra o desperdício ocorre decorrente da falta de planejamento e projeto do canteiro. Armazenamento inadequado de determinados produtos, transportes desnecessários, etc; são operações que consomem um tempo e um custo que não agregam valor ao produto final; resultando em um produto com valor acima do previsto.

Para poder planejar um canteiro de obra eficiente é necessário conhecer o projeto, os sistemas construtivos que serão empregados naquele empreendimento, o local do empreendimento, conhecer o entorno para poder verificar fluxos de atividades externas ao canteiro que possam vir a prejudicar o andamento da construção, ou seja, diagnosticar todos os eventos que interferem naquele empreendimento. É importante conhecer as demandas por mão de obra, ferramenta, equipamento, materiais e espaços físicos.

Para Rosso (1990), a organização racional do canteiro tem “como principal objetivo resolver de forma satisfatória o problema dos transportes internos, que apenas oneram o produto final sem acrescentar nada à sua qualidade”, pois, “transportes desordenados resultam numa incidência elevada de tempos improdutivos das próprias operações de configuração e de união”. Os materiais devem ser estocados de acordo com as exigências de conservação, e depositados nos melhores locais para acesso (próximos de onde serão utilizados).

Para um canteiro que irá produzir painéis monolíticos de solo-cimento é importante:

- a) Entrada e estocagem da terra (material a granel);
- b) Proximidade da estocagem (preferência local coberto) com o processamento da terra (secar, destorroar, peneirar e misturar);
- c) Local para depositar os resíduos de grãos do peneiramento;
- d) Local com bancada para a preparação das fôrmas próximo a produção do painel;
- e) Local da masseira próximo a produção do painel e próximo a execução da mistura.

3.5.3. PREPARAÇÃO DA MISTURA



Figura 3.13: Ilustração da preparação da mistura.
Ilustração: Sérgio Parizzoto, 1999.

A preparação correta da mistura trará resultados em um painel mais resistente e durável. A preparação depende do tipo de solo da jazida escolhida, da utilização do painel, para poder se determinar as quantidades de cimento, água e massa específica aparente seca a ser alcançada após a compactação. A ABCP se baseia nos métodos de dosagem da PCA.

Norma geral de dosagem de solo-cimento resumida (ABCP, 1982), para ensaios feitos em laboratório:

- a) Identificação e classificação dos solos;
- b) Escolher o teor de cimento para o ensaio de compactação;
- c) Execução do ensaio de compactação do solo-cimento;
- d) Escolha dos teores de cimento para o ensaio de durabilidade;
- e) Execução do ensaio de durabilidade por molhagem e secagem;
- f) Escolha do teor de cimento adequado em função dos resultados dos ensaios.

Quando houver a impossibilidade de realizar os ensaios em laboratório é recomendado pelo CEPED que se façam alguns ensaios no campo. Esses ensaios não são precisos quanto à classificação dos solos, sendo aconselhável que se adotem condições desfavoráveis determinando deste modo valores mais conservadores de dosagem (CEPED, 1992).

Os ensaios são:

- a) Ensaio da caixa: pretende-se definir o nível de retração do solo;
- b) Ensaio do vidro: pretende-se definir os percentuais dos grãos do solo;



Figura 3.14: Ensaio da caixa .
Foto: Márcio Hoffmann, 1999.



Figura 3.15: Ensaio do vidro.
Foto: André Heise, 1999.

A mistura de solo e cimento deve ser homogênea. É necessária a escolha da ferramenta e equipamento adequados para as condições e recursos de cada obra. Apurou-se que na grande maioria dos casos a mistura de solo e cimento é feita em uma masseira com pás e enxadas, e em algumas obras com mais disponibilidade de recursos é utilizado o misturador planetário.

O local adequado para se executar a mistura deve ser de fácil acesso para as máquinas e operários; deve ser coberto. O misturador deve ter um tamanho dimensionado para a produtividade esperada no planejamento da obra.

É importante que o solo esteja seco e seja peneirado para iniciar o processo de mistura. O solo pode ser seco em estufa ou ao ar livre, esse processo é importante para se ter o controle da umidade da mistura e não iniciar o processo de hidratação do cimento antes do necessário. O peneiramento do solo também é importante porque irá contribuir para o controle de qualidade da mistura, para que esta fique homogênea. A peneira recomendada é a número 0,4 mm.



Figura 3.16: Dois operários fazendo a pré-mistura (terra + cimento). Obra no SESC-Pompéia (SP), 2003.

Foto: André Heise, 2003.

A dosagem da mistura dependerá do projeto dos painéis, a altura, comprimento e largura, e também qual a função do painel (vedo ou estrutura). A mistura ao ser compactada reduz em 60% o seu volume inicial, o que torna importante o dimensionamento correto das quantidades de cada material, o volume de trabalho da produção, a área de processamento da mistura e o número de operários no local de trabalho.

É importante a determinação da umidade ótima para a mistura ir para dentro da fôrma e ser compactada. A mistura deve estar úmida o suficiente para lubrificar as partículas do solo e reagir com o cimento. Com a mistura seca não é possível compactar e com a mistura molhada inicia-se um processo de expansão das partículas de argila do solo, o que prejudica a compactação. Portanto, é recomendado que se determine através do ensaio de compactação (NBR 7182) a umidade ótima da mistura.

O australiano George F. Middleton em 1953, *apud* Easton (1996), transcreveu um procedimento de verificação da umidade da mistura em canteiros de obra:

- 1- Pegar uma porção da mistura com as mãos e moldar na palma uma “bolinha”, apertar até que forme um volume endurecido;
- 2- Soltar esta “bolinha” de uma altura de 1 m no chão duro;
- 3- Verificar o resultado do teste;
 - 3.1 - espatifar em pedaços;
 - 3.2 - espatifar sem nenhuma conformação física;
 - 3.3 - espatifar tomando uma forma de cone ou pirâmide.
- 4- Análise do teste
 - 4.1 - muito úmida, resultado 3.1;
 - 4.2 - muito seca, resultado 3.2;
 - 4.3 - umidade adequada, resultado 3.3.

O professor André Argollo salienta que para a construção de uma residência de porte pequeno os ensaios de campo são perfeitamente adequados. Mas para a construção de casas de médio ou grande porte e conjuntos habitacionais é essencial que se faça os ensaios de laboratório antes e no decorrer da obra.

O aumento da escala exige a adoção de ensaios de laboratório, pois cada fração de cimento que se economiza na determinação do traço da mistura de solo-cimento pode representar economia significativa ao final do processo (Argollo Ferrão, 2003).

3.5.4. PREPARAÇÃO E MONTAGEM DAS FÔRMAS

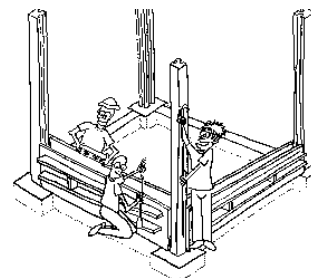


Figura 3.17: Ilustração da montagem das fôrmas.
Ilustração: Sérgio Parizzoto, 1999.

As experiências práticas demonstram que as fôrmas são importantes equipamentos do processo, portanto elas devem ser eficientes. Na prática as fôrmas devem ser rígidas o suficiente para não deformarem durante a compactação do painel, e leves o suficiente para serem transportadas e facilmente trabalhadas no canteiro. As formas devem ser de um tamanho que possibilite, de acordo com o projeto e a tipologia da construção, trazer rapidez e eficiência na montagem e desmontagem das mesmas, além de possibilitarem o trabalho com diversas modulações. Finalmente elas devem ser reaproveitadas no maior número de obras possíveis, garantindo-se qualidade e economia.

Exemplos da aplicação da tecnologia:



Figura 3.18: África.
Fonte: Easton, 1996.



Figura 3.19: Brasil.
Foto: Eduardo Salmar, 1985.



Figura 3.20: U.S.A.
Fonte: Easton, 1996.

Os componentes mínimos necessários para se montar uma fôrma são:

- a) Pranchões ou taipal;
- b) Travessas ou traves;
- c) Grampos ou parafusos;
- d) Calços ou cunhas;

O número de fôrmas para uma obra dependerá da produtividade esperada no planejamento, mas é importante lembrar que o sistema de execução do painel permite que a desforma inferior seja feita após a compactação da fôrma superior, dispensando uma espera maior do que o tempo suficiente para executar uma formada.

Avanços da tecnologia de fôrmas vêm proporcionando aumento da eficiência e da qualidade na construção de painéis monolíticos de solo-cimento. Atualmente, com a ajuda de equipamentos e máquinas (figuras 3.20 e 3.27) bem projetadas, os painéis podem ser construídos com rapidez e facilidade.

As fôrmas utilizadas para a construção de um painel monolítico de solo-cimento são muito semelhantes às fôrmas utilizadas para painéis de concreto. O sistema de travamento, com parafusos ou grampos de pressão (*pony clamp*) são semelhantes. No entanto, para o painel de solo-cimento, quanto menos parafusos ou grampos houver na fôrma, mais rápido o operário poderá montar e desmontar a mesma. O dimensionamento da fôrma, ou seja, seu tamanho, quantos pontos de travamento, a distância entre os pontos são definidos com um projeto bem detalhado.

A fôrma também poderá ser desenhada e projetada (figuras 3.21 e 3.22) para se executar um canto, ou um painel recortado. Este tipo de fôrma requer um projeto detalhado e preciso, visto que a maior dificuldade desta fôrma é a sua desforma após a compactação.

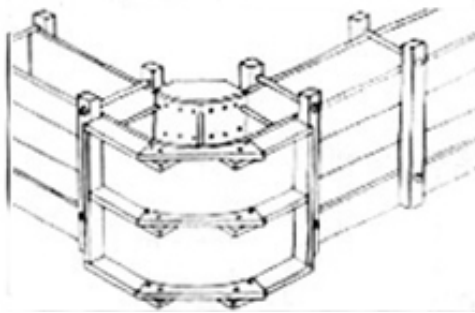


Figura 3.21: Fôrma de canto.
Fonte: Dethier, 1981.



Figura 3.22: Fôrma em ângulo.
Foto: Eduardo Salmar, 1991.

O CEPED desenvolveu um estudo com alguns diferentes tipos de sistemas de fôrmas a fim de se obter coeficientes para uma apropriação de custos/m². Os resultados das investigações permitiram chegar em duas soluções que facilitam as operações de geometria da obra (CEPED, 1992).

- a) Sistema G-1 com guias recuperáveis mostrou-se o mais eficiente em termos de custo/m², nas condições em que foi ensaiado. Estudos devem prosseguir, buscando investigar alternativas para construção de cantos e encontros de paredes;

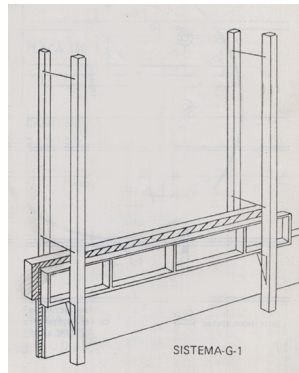


Figura 3.23: Ilustração do sistema G-1, fôrmas e guias removíveis.
Fonte: CEPED, 1992.

- b) Sistema G-2 é a solução mais viável de utilização imediata, uma vez que a alternativa possível de se fabricar guias fixas em "L" ou "T" irá permitir que se trabalhe unicamente com trechos retos.

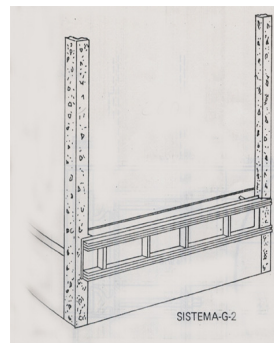


Figura 3.24: Ilustração do sistema G-2, fôrmas e guias fixas.
Fonte: CEPED, 1992.

Alguns profissionais (Márcio Hoffmann, Eduardo Salmar, Fernando Minto, Hélio Dias, Paulo Montoro etc) que trabalham com a tecnologia também estão desenvolvendo sistemas de fôrmas mais eficientes, a fim de obter resultados com fôrmas mais leves, mais precisas, mais baratas, mais fáceis de montar e desmontar, mais duráveis para utilização em diversas obras, mais fáceis de se fabricar etc. Fôrmas que possam aumentar a produtividade do canteiro.

Muitos construtores utilizam o sistema usual de fôrma que é composto de dois pranchões parafusados, ocupando o espaço entre as guias, constituem as fôrmas que sustentam a mistura durante a compactação, moldando assim a parede monolítica (figura 3.25). "A fôrma tem que ser confeccionada de acordo com a modulação estabelecida no projeto arquitetônico para propiciar facilidade na execução do serviço e rendimento na construção" (Salmar, 1987).

O peso de cada fôrma não chega a ultrapassar 20kg, por isso o seu comprimento é estabelecido entre 2 a 3 m, com altura variável entre 40 e 50 cm. As suas placas são geralmente de chapa compensada com espessura de 15 a 18 mm, a chapa compensada mais indicada é a naval, que permite o reaproveitamento em mais de dez obras (Salmar, 1987).



Figura 3.25: Fôrma montada acima de um painel desformado.
Foto: Eduardo Salmar, 1988.



Figura 3.26: Componentes da fôrma.
Foto: Eduardo Salmar, 1988.

O arquiteto David Easton desenvolveu um sistema de fôrmas (figura 3.27 e 3.28) que com a ajuda de modernos equipamentos não precisa de mais de quatro operários para executar 25 m² por dia de painel.

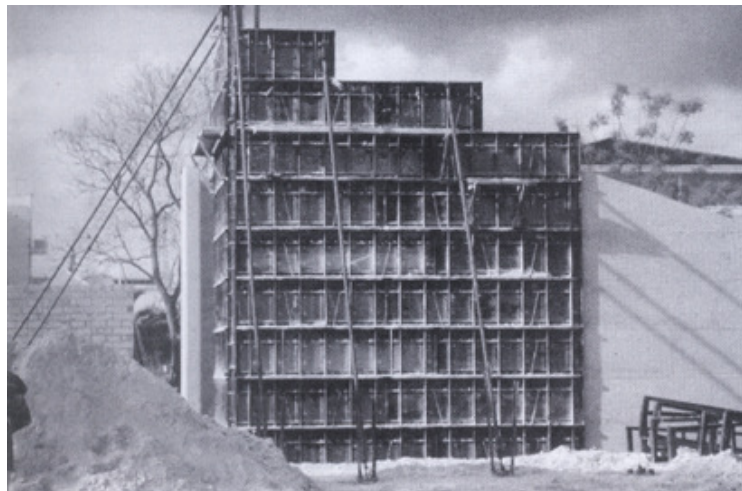


Figura 3.27: Sistema de fôrma desenvolvido pelo arquiteto David Easton.
Fonte: Easton, 1996.

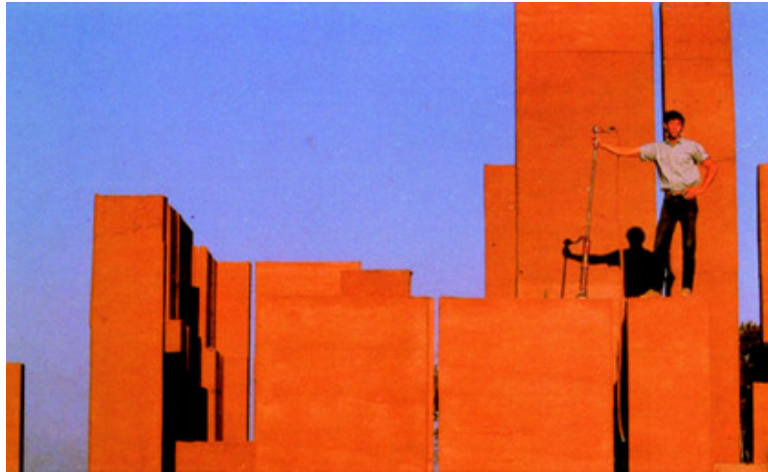


Figura 3.28: Painéis de solo-cimento executado pelo arquiteto David Easton.
Fonte: Easton, 1996.

Após a definição e fabricação do sistema de fôrma mais adequado ao projeto, este vai para o canteiro e deve estar devidamente preparado para ser montado. O procedimento usual de montagem da fôrma é o seguinte:

- 1- Passar desmoldante nas faces internas da fôrma (pranchas);
- 2- Colocar uma face da fôrma entre as guias;
- 3- Colocar outra face da fôrma entre as guias;
- 4- Passar os parafusos nos locais próprios da fôrma;
- 5- Fazer o primeiro aperto dos parafusos;
- 6- Alinhar, nivelar, aprumar e travar a fôrma;
- 7- Fazer o aperto final dos parafusos;
- 8- Conferir o alinhamento, nível, prumo e travamento;
- 9- Liberar a fôrma para compactação.



Figura 3.29: Fôrma montada (nível, prumo e alinhamento). Obra no SESC-Pompéia (SP), 2003.
Foto: André Heise, 2003.



Figura 3.30: Fôrma montada (travamento e cunhas). Obra no SESC-Pompéia (SP), 2003.
Foto: André Heise, 2003.

3.5.4.1 Instalações

a) Instalações de caixilhos

Os caixilhos são pré instalados resultando em economia e praticidade de instalação. Fabrica-se o contra-marco na espessura exata da parede, colocando-o dentro da fôrma (figura 3.31), travando-a o suficiente para que suporte as forças de compactação. As fôrmas são montadas no mesmo processo e feita a compactação até o nível superior do caixilho. Neste nível será feita a verga, estrutura auxiliar para vencer o vão do caixilho, geralmente são executadas com dois fios de arame farpado que ultrapassam de 10 a 30 cm de cada lado do vão e uma camada de 5 cm de cimento puro. Após a compactação deste nível continua o mesmo processo de execução da parede. As estruturas de verga também podem ser executadas com concreto (figura 3.32), madeira ou aço. A solução dependerá do projeto de arquitetura.



Figura 3.31: Montagem do caixilho dentro da fôrma.
Foto: Eduardo Salmar, 1988.

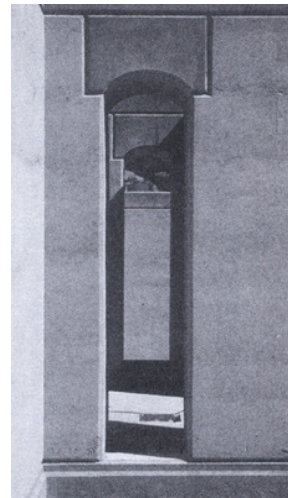


Figura 3.32: Verga de concreto.
Fonte: Easton, 1996.

b) Instalações elétricas e hidráulicas.

A instalação poderá ser executada posteriormente ao painel pronto, o que implica no corte da parede (figura 3.33) e embutimento dos eletrodutos e tubos, semelhante ao processo tradicional da alvenaria de tijolo. A instalação também poderá ocorrer durante o processo de compactação; assim, na montagem das fôrmas é feita a previsão dos locais de passagem das instalações (figura 3.34) e dentro das fôrmas é colocado o encanamento ou conduíte. Outra opção seria colocar um caibro, ou algo similar, para servir de rebaixo dentro da fôrma. Quando fizer a desforma é retirado este caibro e o espaço para a instalação está pronto, só será necessário posteriormente fechar o espaço com a mistura de solo-cimento mais “plástica” utilizando uma colher de pedreiro, uma régua e uma desempenadeira.



Figura 3.33: Corte do painel com uma serra elétrica.
Foto: André Heise, 2002.

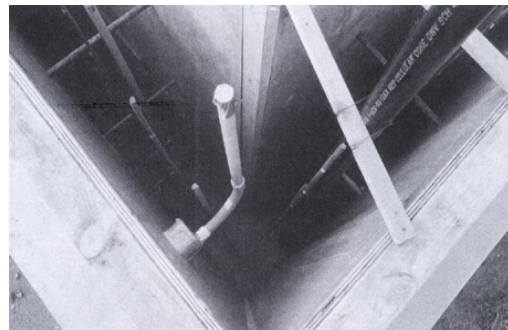


Figura 3.34: Instalações embutidas na fôrma.
Fonte: Easton, 1996.

3.5.5. COMPACTAÇÃO

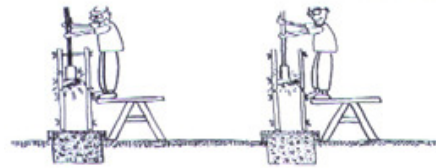


Figura 3.35: Ilustração da compactação.
Ilustração: Sérgio Parizzoto, 1999.

Nesta etapa do processo é que se executa de fato o painel. As fôrmas estão montadas, a mistura está pronta, o próximo passo é colocar a mistura dentro da fôrma e começar a compactação.

Compactação do solo, na definição de Freire (1999b) é: a prática de, artificialmente, aplicar sobre o solo cargas dinâmicas, com finalidade de aumentar a sua densidade e se conseguir maior resistência. A densidade é o fator físico de maior importância do solo-cimento, e a densidade dependerá do tipo de solo, da umidade da mistura e da energia de compactação.

Os equipamentos utilizados para esta etapa são basicamente dois tipos de compactadores:

- a) Manual (figura 3.36);
- b) Mecânico ou pneumático (figura 3.37);



Figura 3.36: Compactação manual.
Foto: Eduardo Salmar, 1988.



Figura 3.37: Compactação mecânica.
Foto: Eduardo Salmar, 1997.

A compactação é uma etapa do processo muito importante, porque é com esta atividade que a mistura se transforma em um monólito. É a transformação da poeira de solo e do cimento em um bloco, uma pedra. Segundo Easton (1996) “A compactação é a força que transforma o solo em uma rocha”.

A compactação (figura 3.38) se dá através do impacto de um objeto pesado (soquete ou pilão) caindo diversas vezes em uma fôrma que contém a mistura. A compactação deve ter um controle rigoroso. A compactação deve ser feita em camadas (de no máximo 20 cm) e começando o impacto pelos cantos da fôrma, correndo pelo centro até o outro lado, fazendo um “zigue-zague” dentro da fôrma. Não é aconselhável ficar compactando o mesmo lugar por muito tempo, isso prejudica outras áreas de compactação.



Figura 3.38: Compactação de uma formada.
Foto: André Heise, 2002.



Figura 3.39: Controle de compactação.
Foto: André Heise, 2002.

O término da compactação é facilmente verificável pelo operador (figura 3.39) com uma barra de ferro 3/8”; ou quando o soquete ou pilão quase não deixarem marcas sobre a superfície compactada e quando a batida do soquete emitir um som seco. O compactador pneumático é mais eficiente em termos de velocidade e qualidade de compactação.

3.5.6. DESFORMA E CURA

A desforma (figura 3.40) é uma etapa importante do processo, após o painel já ter sido compactado, há que se desmontar a fôrma e aguardar a cura do painel monolítico de solo-cimento.



Figura 3.40: Desmontagem da fôrma.
Foto: André Heise, 2002.

O procedimento usual de desmontagem de fôrma é o seguinte:

- 1- Afrouxar os parafusos em geral;
- 2- Retirar os calços ou cunhas;
- 3- Retirar os travamentos e escoras da fôrma;
- 4- Retirar os parafusos em geral, de baixo para cima;
- 5- Retirar uma face da fôrma;
- 6- Retirar outra face da fôrma;
- 7- Retirar as guias removíveis;
- 8- Limpeza da fôrma;

A cura é importante porque garante a umidade necessária às reações químicas do cimento, provendo a resistência final do material de acordo com o traço estabelecido. Segundo Freire (1999a), amostras de solo-cimento, tomadas um ano após a sua execução como base de uma estrada de rodagem, apresentam valores de resistência à compressão simples três vezes superiores ao valor tomado como referência ao sétimo dia. Ao vigésimo oitavo dia, facilmente se obtém resistência à compressão simples da ordem de 3,5 a 7,0 MPa com a maioria dos solos, valores que praticamente dobram, após decorrido um ano.

A estabilidade estrutural do solo-cimento é conseguida, principalmente, às custas da hidratação do cimento e não pela coesão e atrito interno dos seus componentes, desta forma permitindo utilizar, praticamente, todos os solos e combinações de solos para fins de solo-cimento. A durabilidade é em função da ligação estabelecida entre as partículas do solo pela hidratação do cimento (Freire, 1999a).



Figura 3.41: Painel pronto em fase de cura.

Foto: André Heise, 2002.

4 – MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Coleta de Dados no Canteiro

Serão acompanhados cinco canteiros de obra para a coleta de dados da pesquisa, e será revisada a literatura encontrada para colher informações do processo. A característica desses canteiros é que utilizaram a tecnologia através do sistema construtivo com guias (fixas ou removíveis) e fôrmas que remontam por cima das outras, edificando um painel. Variando as dimensões da fôrma e do painel, e a dosagem da mistura.

4.1.1. Identificação dos Painéis

A primeira tarefa será identificar o painel e registrar as informações necessárias: as dimensões dos módulos do painel, a quantidade de vezes que este se repete e o percentual em volume de estabilizador e agregado da mistura. Para isso criou-se a tabela 4.1, que será preenchida da seguinte forma: no campo superior escreve-se o título da tabela; a primeira linha identifica a obra, a segunda linha identifica o local da obra e a data em que foi feita a notação; e na terceira linha identificam-se em cada coluna os dados do painel. Na última linha tem um campo para anotar alguma observação a respeito do painel.

Tabela 4.1: Tabela para identificar os módulos do painel e a dosagem da mistura.

IDENTIFICAÇÃO DOS PAINÉIS						
OBRA:						
LOCAL:				DATA:		
Número	Repetições	Comprimento (cm)	Altura (cm)	Espessura (cm)	(%) estabilizador	(%) agregado

OBS: _____

4.1.2. Identificação das Atividades

A segunda tarefa será identificar e registrar no processo, as atividades, as ferramentas, equipamentos, materiais e mão de obra necessária para cada atividade, e identificar se houve alguma não conformidade. Para isso criou-se a tabela 4.2, que será preenchida da seguinte forma: no campo superior escreve-se o título da tabela; a primeira linha identifica a obra, a segunda linha identifica o local da obra e na terceira linha a data em que foi feita a notação. Na quarta linha identificam-se em cada coluna os dados do painel: na primeira coluna registra-se a atividade, na segunda coluna a ferramenta e equipamento utilizado, na terceira coluna o material utilizado, na quarta coluna o número de operários na atividade e na quinta coluna escreve-se “sim” ou “não” para dizer se houve algum tipo de não conformidade na atividade.

Tabela 4.2: Tabela para identificar as atividades do processo, e as ferramentas, equipamentos, material, mão de obra necessária e a ocorrência de não conformidade para cada atividade.

IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES				
OBRA:				
LOCAL:				
DATA: _____				
ATIVIDADES	FERRAMENTA / EQUIPAMENTO	MATERIAL	MÃO DE OBRA	NÃO CONFORMIDADE

OBS: _____

4.1.3. Desenho dos Canteiros de Obra

A terceira tarefa será desenhar os canteiros de obra tomados como estudo de caso, e identificar através do croqui as principais áreas da produção:

- 1- Entrada e saída do canteiro;
- 2- Local de armazenamento dos materiais, equipamentos e ferramentas;
- 3- Circulação;
- 4- Local da produção;
- 5- Local de processamento dos materiais;
- 6- Local das atividades de descanso, almoço e vestiário da mão de obra;

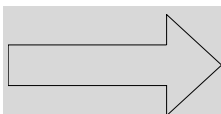
4.2. Mapeamento do Processo de Produção

A quarta tarefa será mapear o processo de produção do painel monolítico de solo-cimento. Mapear o fluxo de material, mão de obra, equipamento e ferramenta e informações sobre a atividade. Para ilustrar o mapa será utilizada a tabela 4.3., onde será preenchido respondendo as questões que estão nas linhas da tabela. As informações para preencher a tabela 4.3 estão na tabela 4.2 e nos croquis de canteiro de obra citados no item 4.1.3.

Tabela 4.3: Tabela de informações sobre a atividade, identificação de alguma não conformidade e se há proposta de melhoria.

Caixa de Informações
Qual a atividade em processo ?
Qual material será usado ?
Em que local do canteiro ?
O processo é manual ou mecânico ?
Qual a ferramenta e ou equipamento utilizado ?

Foram utilizadas as simbologias para indicar:



Direção do fluxo das atividades.



Atividades que acontecem em ciclo.

Através do mapeamento será feito um memorial descritivo das atividades, serão identificados dois tipos de não conformidades, desperdício e defeito.

4.3. Propor Procedimentos para as Etapas do Processo

A quinta tarefa será elaborar procedimentos de execução e de controle de qualidade para as etapas do processo. As etapas são:

- a) Preparação da mistura;
- b) Preparação e montagem da fôrma;
- c) Compactação;
- d) Desforma e cura.

Para esta tarefa serão utilizadas informações coletadas para elaborar o mapeamento, a descrição das atividades, a identificação das não conformidades e a experiência do autor com a tecnologia.

4.4. Medir a Produtividade das Etapas do Processo

A sexta tarefa será medir a produtividade das quatro etapas do processo. A produtividade será medida através da relação, em cada etapa, da mão de obra, dos materiais e do tempo necessário para sua execução. Através das tabelas 4.4, 4.5 e 4.6 serão anotados os dados equivalentes aos volumes, áreas, tempo e número de operários para as etapas do processo.

A tabela 4.4 será preenchida da seguinte maneira: na primeira linha anota-se o nome da obra, na segunda linha anota-se o local da obra e a data da medição na obra. Na terceira linha estão os nomes das anotações que serão feitas em cada coluna, na segunda coluna anota-se a atividade (quantas vezes esta se repetir na atividade), na terceira coluna anota-se o volume de material utilizado na atividade, na quarta coluna anota-se o tempo da operação, na quinta coluna anota-se o número de operários utilizados na operação e na sexta coluna será anotado o tempo ponderado de cada atividade.

A tabela 4.5 será preenchida da seguinte maneira: na primeira linha anota-se o nome da obra, na segunda linha anota-se o local da obra e a data da medição na obra. Na terceira linha estão os nomes das anotações que serão feitas em cada coluna, na segunda coluna anota-se a atividade (quantas vezes esta se repetir na atividade), na terceira coluna anota-se a área de material utilizado na atividade, na quarta coluna anota-se o tempo da operação, na quinta coluna anota-se o número de operários utilizados na operação e na sexta coluna será anotado o tempo ponderado de cada atividade.

A tabela 4.6 será preenchida da seguinte maneira: na primeira linha anota-se o nome da obra, na segunda linha anota-se o local da obra e a data da medição na obra. Na terceira linha estão os nomes das anotações que serão feitas em cada coluna, na segunda coluna anota-se a atividade (quantas vezes esta se repetir na atividade), na terceira coluna anota-se o volume de material utilizado na atividade, na quarta coluna anota-se o tempo da operação, na quinta coluna anota-se o número de operários utilizados na operação e na sexta coluna será anotado o tempo ponderado de cada atividade.

Depois das anotações será feita a somatória das quantidades de volume, das áreas e dos tempos; o número de operários será fixado de acordo com a primeira operação, porque as repetições serão feitas com a mesma quantidade de operários.

Tabela 4.4: Tabela para anotar a atividade, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado;

OBRA:					
LOCAL:			DATA:		
	Atividade	Volume (m3)	Tempo (min)	No. de operários	Tempo ponderado
SOMATÓRIA					

Tabela 4.5: Tabela para anotar a atividade, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado;

OBRA:					
LOCAL:			DATA:		
	Atividade	Área (m2)	Tempo (min)	No. de operários	Tempo ponderado
SOMATÓRIA					

Tabela 4.6: Tabela para anotar a atividade, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado;

OBRA:					
LOCAL:			DATA:		
	Atividade	Volume (m3)	Tempo (min)	No. de operários	Tempo ponderado
SOMATÓRIA					

Serão calculadas as produtividades das etapas através da relação da somatória dos tempos ponderados dividido pela somatória de volumes e áreas consumidos em cada atividade. Os tempos serão medidos em minutos e transformados em horas. Sendo assim a produtividade da atividade será o consumo de tempo para um operário produzir uma unidade de volume ou área.

4.5. Discussões e Recomendações

A sétima tarefa será discutir e concluir a pesquisa nos seguintes aspectos:

- a) Otimização do processo, buscando melhorar a eficiência e produtividade;
- b) Apropriação e transferência da tecnologia;
- c) Como esta pesquisa poderá se desenvolver em estudos futuros.

5 – RESULTADOS

5.1. Identificação dos Painéis

Estudo de caso 1

Execução de um módulo de painel.

Tabela 5.1: Identificar os módulos do painel e a dosagem da mistura, do estudo de caso 1.

IDENTIFICAÇÃO DOS PAINÉIS						
OBRA: Residência Piracicaba						
LOCAL: Piracicaba - SP				DATA: 1999		
Número	Repetições	Comprimento (cm)	Altura (cm)	Espessura (cm)	(%) estabilizador	(%) agregado
1	4	200	55	20	14	86
OBS:						

Área dos painéis

Área do painel 1 = 1.10 m²

Área total dos painéis = 4.40 m²

Volume dos painéis

Volume do painel 1 = 0.22 m³

Volume total dos painéis = 0.88 m³

Estudo de caso 2

Execução de um módulo de painel.

Tabela 5.2: Identificar os módulos do painel e a dosagem da mistura, do estudo de caso 2.

IDENTIFICAÇÃO DOS PAINÉIS						
OBRA: Residência Tere						
LOCAL: Piracicaba - SP				DATA: 2001		
Número	Repetições	Comprimento (cm)	Altura (cm)	Espessura (cm)	(%) estabilizador	(%) agregado
1	4	200	55	20	12	88
OBS:						

Área do painel

Área do painel 1 = 1.10 m^2

Área total dos painéis = 4.40 m^2

Volume do painel

Volume do painel 1 = 0.22 m^3

Volume total dos painéis = 0.88 m^3

Estudo de caso 3

Execução de um módulo de painel.

Tabela 5.3: Identificar os módulos do painel e a dosagem da mistura, do estudo de caso 3.

IDENTIFICAÇÃO DOS PAINÉIS						
OBRA: Residência						
LOCAL: Distrito de Souzas, Campinas - SP				DATA: 2003		
Número	Repetições	Comprimento (cm)	Altura (cm)	Espessura (cm)	(%) estabilizador	(%) agregado
1	4	180	55	20	14	88
OBS:						

Área do painel

Área do painel 1 = 0.99 m^2

Área total dos painéis = 3.96 m^2

Volume do painel

Volume do painel 1 = 0.20 m^3

Volume total dos painéis = 0.80 m^3

Estudo de caso 4

Execução de um módulo de painel.

Tabela 5.4: Identificar os módulos do painel e a dosagem da mistura, do estudo de caso 4.

IDENTIFICAÇÃO DOS PAINÉIS						
OBRA: Residência						
LOCAL: Distrito de Souzas, Campinas - SP				DATA: 2003		
Número	Repetições	Comprimento (cm)	Altura (cm)	Espessura (cm)	(%) estabilizador	(%) agregado
1	4	180	55	20	14	88
OBS:						

Área do painel

Área do painel 1 = 0.99 m²

Área total dos painéis = 3.96 m²

Volume do painel

Volume do painel 1 = 0.20 m³

Volume total dos painéis = 0.80 m³

Estudo de caso 5

Execução de um módulo de painel.

Tabela 5.5: Identificar os módulos do painel e a dosagem da mistura, do estudo de caso 5.

IDENTIFICAÇÃO DOS PAINÉIS						
OBRA: Do Barro ao Barro – SESC Pompéia						
LOCAL: São Paulo - SP				DATA: 2003		
Número	Repetições	Comprimento (cm)	Altura (cm)	Espessura (cm)	(%) estabilizador	(%) agregado
1	8	200	110	50	08	92
OBS:						

Área do painel

Área do painel 1 = 2.20 m²

Área total dos painéis = 17.60 m²

Volume do painel

Volume do painel 1 = 1.10 m³

Volume total dos painéis = 8.80 m³

5.2. Identificação das Atividades

Para cada estudo de caso foram registrados nas tabelas 5.6 a 5.10, as atividades, ferramentas e equipamentos, material, mão de obra e também foi anotado se houve alguma não conformidade em cada atividade.

Estudo de caso 1

Tabela 5.6: Tabela para identificar as atividades do processo, e as ferramentas, equipamentos, material, mão de obra necessária e a ocorrência de não conformidade para cada atividade do estudo de caso 1.

IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES				
OBRA:		Residência Piracicaba		
LOCAL:		Piracicaba - SP		
				DATA: 1999
ATIVIDADES	FERRAMENTA / EQUIPAMENTO	MATERIAL	MÃO DE OBRA	NÃO CONFORMIDADE
Recebimento do material		Terra e cimento	Dois operários	Não
Secagem da terra		terra		Não
Transporte para peneiramento da terra	Carriola / pá	terra	Dois operários	Não
Peneiramento da terra	Peneira	terra	Dois operários	Não
Transporte para o misturador	Balde / pá / carriola	Terra e cimento	Dois operários	Não
Pré-mistura da matéria-prima	Enxada / pá	Terra e cimento	Dois operários	Sim
Mistura da matéria-prima	Enxada / regador	Solo-cimento e água	Dois operários	Sim
Lançamento da mistura para dentro da fôrma	Balde / enxada	Solo-cimento	Dois operários	Não
Preparação e montagem das fôrmas	Forma / prumo / nível / estopa / martelo	Óleo diesel	Dois operários	Não
Compactação da mistura	Pilão	Solo-cimento	Dois operários	Sim
Desforma	Andaime / forma	tábua	Dois operários	Não
Acabamentos no painel	Colher de pedreiro / caixote / desempenadeira / brocha / régua	Solo-cimento e água	Dois operários	Não
OBS:				

Não conformidades:

Pré-mistura e Mistura da matéria-prima: não homogeneidade da mistura e perda de material (sem local apropriado);

Compactação da mistura: falhas na compactação de cantos e umidade da mistura.



Figura 5.1: Painel de solo-cimento.
Foto: André Heise, 1999.

Estudo de caso 2

Tabela 5.7: Tabela para identificar as atividades do processo, e as ferramentas, equipamentos, material, mão de obra necessária e a ocorrência de não conformidade para cada atividade do estudo de caso 2.

IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES				
OBRA:		Residência Tere		
LOCAL:		Piracicaba - SP		
				DATA: 2001
ATIVIDADES	FERRAMENTA / EQUIPAMENTO	MATERIAL	MÃO DE OBRA	NÃO CONFORMIDADE
Recebimento do material		Terra e cimento	Dois operários	Não
Secagem da terra		terra		Não
Transporte para peneiramento da terra	pá	terra	Dois operários	Não
Peneiramento da terra	peneira	terra	Dois operários	Sim
Transporte para o misturador	Pá / balde	Terra e cimento	Dois operários	Não
Pré-mistura da matéria-prima	Enxada / pá	Terra e cimento	Dois operários	Sim
Mistura da matéria-prima	Enxada / regador	Solo-cimento e água	Dois operários	Não
Lançamento da mistura para dentro da fôrma	Pá / balde	Solo-cimento	Dois operários	Não
Preparação e montagem das fôrmas	Forma / prumo / nível / estopa / martelo	Óleo diesel	Dois operários	Sim
Compactação da mistura	pilão	Solo-cimento	Dois operários	Sim
Desforma	Andaime / forma	tábua	Dois operários	Não
Acabamentos no painel	Colher de pedreiro / caixote / desempenadeira	Solo-cimento e água	Dois operários	Sim
OBS:				

Não conformidades:

Peneiramento da terra: peneira grande;

Pré-mistura da matéria-prima: não homogeneidade da mistura;

Preparação e montagem da forma: falhas no untamento da fôrma e no travamento;

Compactação da mistura: falhas na compactação de cantos e umidade da mistura;

Acabamentos: foram feitos alguns dias após o término do painel;



Figura 5.2: Painel de solo-cimento.
Foto: André Heise, 2001

Estudo de caso 3

Tabela 5.8: Tabela para identificar as atividades do processo, e as ferramentas, equipamentos, material, mão de obra necessária e a ocorrência de não conformidade para cada atividade do estudo de caso 3.

IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES				
OBRA:		Residência		
LOCAL:		Distrito de Souza, Campinas - SP		
				DATA: <u>2003</u>
ATIVIDADES	FERRAMENTA / EQUIPAMENTO	MATERIAL	MÃO DE OBRA	NÃO CONFORMIDADE
Recebimento de material		Terra e cimento	Dois operários	Não
Secagem da terra		terra		Não
Transporte para peneiramento da terra	Pá / balde	terra	Dois operários	Sim
Peneiramento da terra	peneira	terra	Dois operários	Sim
Transporte para o misturador	Balde / pá	Terra e cimento	Dois operários	Não
Pré-mistura da matéria-prima	Enxada / pá	Terra e cimento	Dois operários	Sim
Mistura da matéria-prima	Enxada / pá / mangueira	Solo-cimento e água	Dois operários	Sim
Lançamento da mistura para dentro da fôrma	Balde / pá / corda	Solo-cimento	Dois operários	Sim
Preparação e montagem das fôrmas	Forma / prumo / nível / estopa	Óleo diesel	Dois operários	Sim
Compactação da mistura	pilão	Solo-cimento	Dois operários	Sim
Desforma	Forma / andaime	tábua	Dois operários	Não
Acabamentos no painel	Colher de pedreiro / caixote / desempenadeira / espuma / régua	Solo-cimento e água	Dois operários	Não
OBS:				

Não conformidades:

Transporte para peneiramento: distância longa;

Peneiramento da terra: peneira grande;

Pré-mistura e Mistura da matéria-prima: não homogeneidade da mistura e muita umidade;

Lançamento da mistura para dentro da fôrma: pedra de material;

Preparação e montagem da fôrma: falhas no Travamento da fôrma;

Compactação da mistura: falhas na compactação de cantos e umidade da mistura;



Figura 5.3: Painel de solo-cimento .
Foto: André Heise, 2003.

Estudo de caso 4

Tabela 5.9: Tabela para identificar as atividades do processo, e as ferramentas, equipamentos, material, mão de obra necessária e a ocorrência de não conformidade para cada atividade do estudo de caso 4.

IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES				
OBRA:		Residência		
LOCAL:		Distrito de Souza, Campinas - SP		
				DATA: 2003
ATIVIDADES	FERRAMENTA / EQUIPAMENTO	MATERIAL	MÃO DE OBRA	NÃO CONFORMIDADE
Recebimento de material	Carriola / pá	Terra e cimento	Dois operários	Não
Secagem da terra		terra		Não
Transporte para peneiramento da terra	Pá / balde	terra	Dois operários	Não
Peneiramento da terra	peneira	terra	Dois operários	Não
Transporte para o misturador	Balde / pá	Terra e cimento	Dois operários	Não
Pré-mistura da matéria-prima	Enxada / pá	Terra e cimento	Dois operários	Não
Mistura da matéria-prima	Enxada / pá / mangueira	Solo-cimento e água	Dois operários	Sim
Lançamento da mistura para dentro da fôrma	Balde / pá	Solo-cimento	Dois operários	Sim
Preparação e montagem das fôrmas	Forma / prumo / nível / estopa	Óleo diesel	Dois operários	Sim
Compactação da mistura	pilão	Solo-cimento	Dois operários	Sim
Desforma	Forma / andaime	tábua	Dois operários	Não
Acabamentos no painel	Colher de pedreiro / caixote / desempenadeira / régua	Solo-cimento e água	Dois operários	Não
OBS:				

Não conformidades:

Pré-mistura e Mistura da matéria-prima: muita umidade;

Lançamento da mistura para dentro da fôrma: pedra de material;

Preparação e montagem da fôrma: falhas no travamento da fôrma;

Compactação da mistura: falhas na compactação de cantos e umidade da mistura;



Figura 5.4: Painel de solo-cimento.
Foto: André Heise, 2003.

Estudo de caso 5

Tabela 5.10: Tabela para identificar as atividades do processo, e as ferramentas, equipamentos, material, mão de obra necessária e a ocorrência de não conformidade para cada atividade do estudo de caso 5.

IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES				
OBRA:		Do Barro ao Barro / SESC – Pompéia		
LOCAL:		São Paulo - SP		
				DATA: 2003
ATIVIDADES	FERRAMENTA / EQUIPAMENTO	MATERIAL	MÃO DE OBRA	NÃO CONFORMIDADE
Recebimento de material	Carriola	Terra e cimento	Três operários	Não
Secagem da terra	Masseira / maçarico	terra	Três operários	Não
Transporte para peneiramento da terra	pá	terra	Três operários	Não
Peneiramento da terra	peneira	terra	Três operários	Não
Transporte para o misturador	Balde / pá	Terra e cimento	Três operários	Não
Pré-mistura da matéria-prima	Masseira / enxada / pá	Terra e cimento	Dois operários	Não
Mistura da matéria-prima	Masseira / pá / enxada / regador	Solo-cimento e água	Três operários	Não
Lançamento da mistura para dentro da fôrma	Balde / pá	Solo-cimento	Três operários	Sim
Preparação e montagem das fôrmas	Forma / prumo / nível / estopa / régua / guia móvel / esquadro	desmoldante	Quatro operários	Sim
Compactação da mistura	pilão	Solo-cimento	Três operários	Sim
Desforma	Andaime / forma	tábua	Quatro operários	Não
Acabamentos no painel	Colher de pedreiro / brocha / espuma / desempenadeira / régua / caixote	Solo-cimento	Quatro operários	Não
OBS:				

Não conformidades:

Lançamento da mistura para dentro da fôrma: pedra de material;

Preparação e montagem da fôrma: falhas na união da primeira fôrma com a segunda;

Compactação da mistura: falhas nos cantos da fôrma;



Figura 5.5: Painel de solo-cimento .
Foto: André Heise, 2003

5.3. Desenho dos Canteiros de Obra

Estudo de caso 1

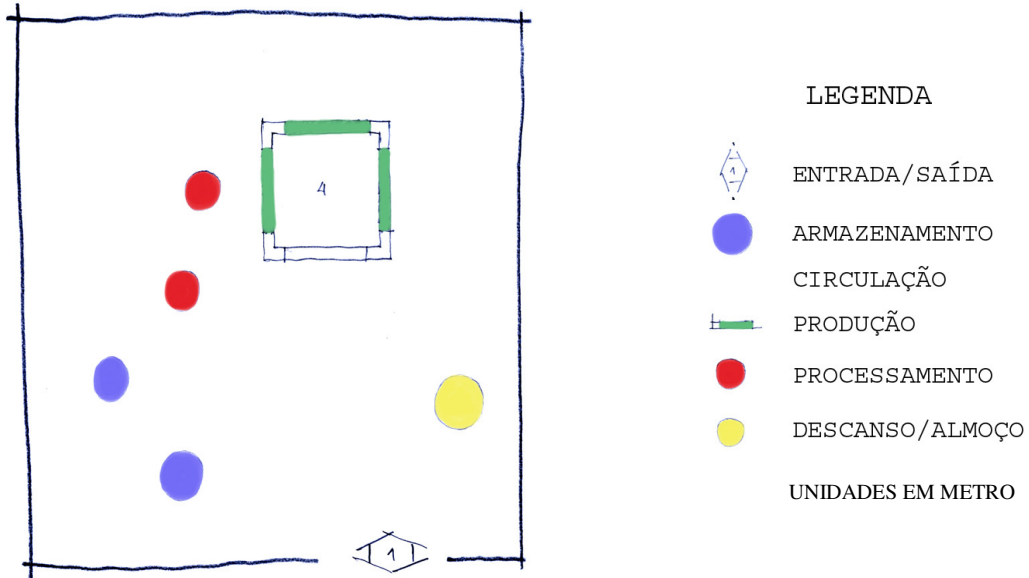


Figura 5.6: Croqui do canteiro de obras do estudo de caso 1 (Residência Piracicaba, Piracicaba, 1999).

Estudo de caso 2

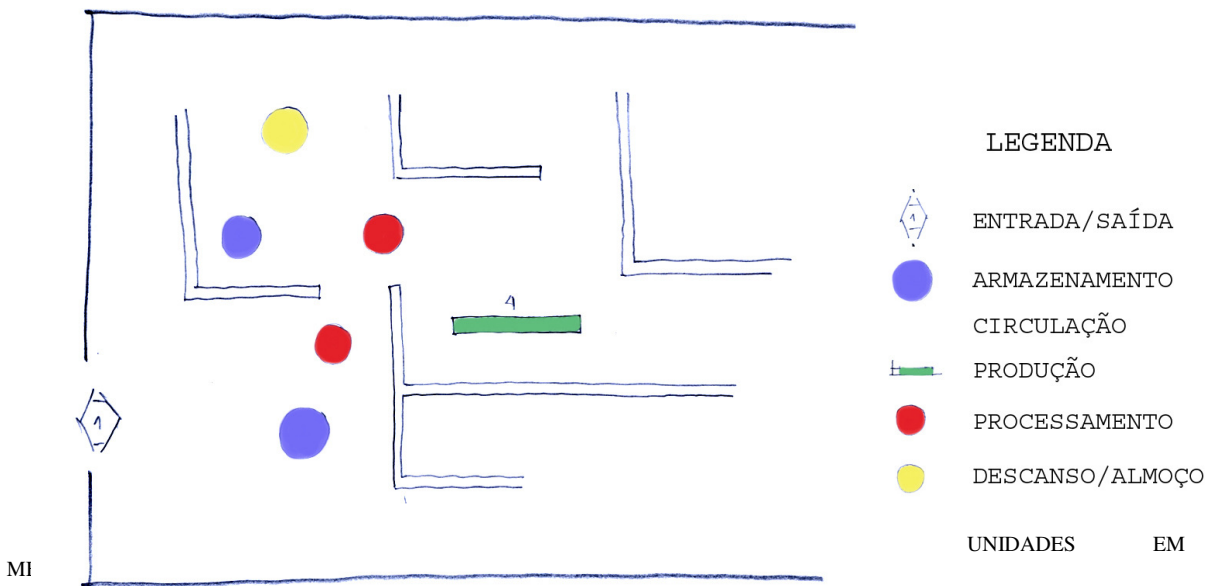


Figura 5.7: Croqui do canteiro de obras do estudo de caso 2 (Residência Tere, Piracicaba, 2001).

Estudo de caso 3

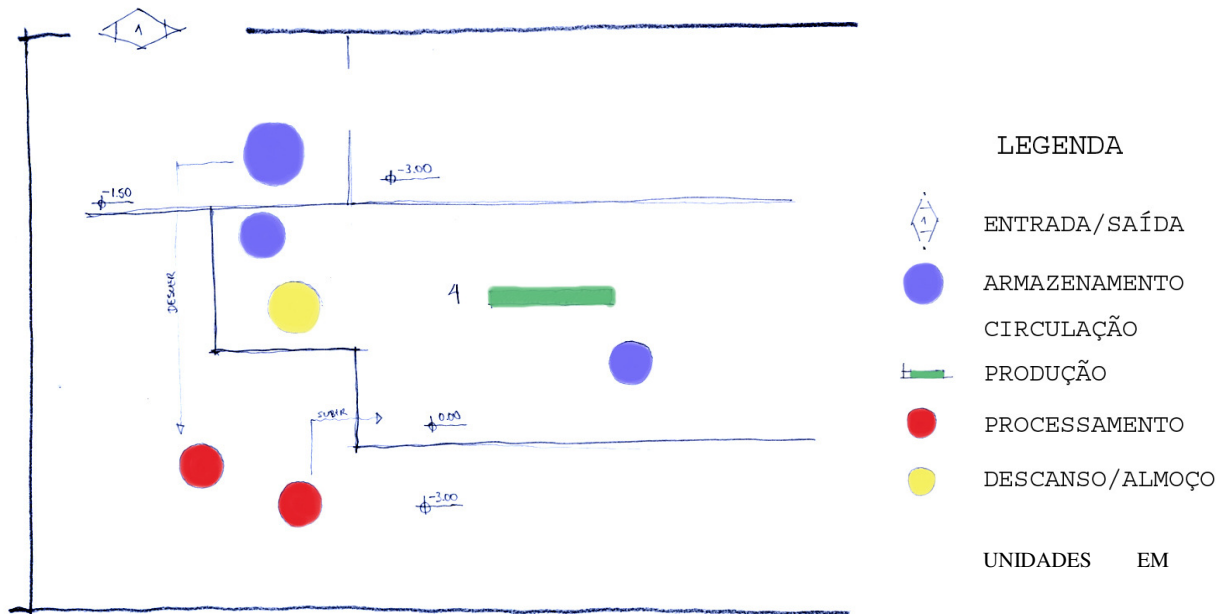


Figura 5.8: Croqui do canteiro de obras do estudo de caso 3 (Residência, Souza, 2003).

Estudo de caso 4

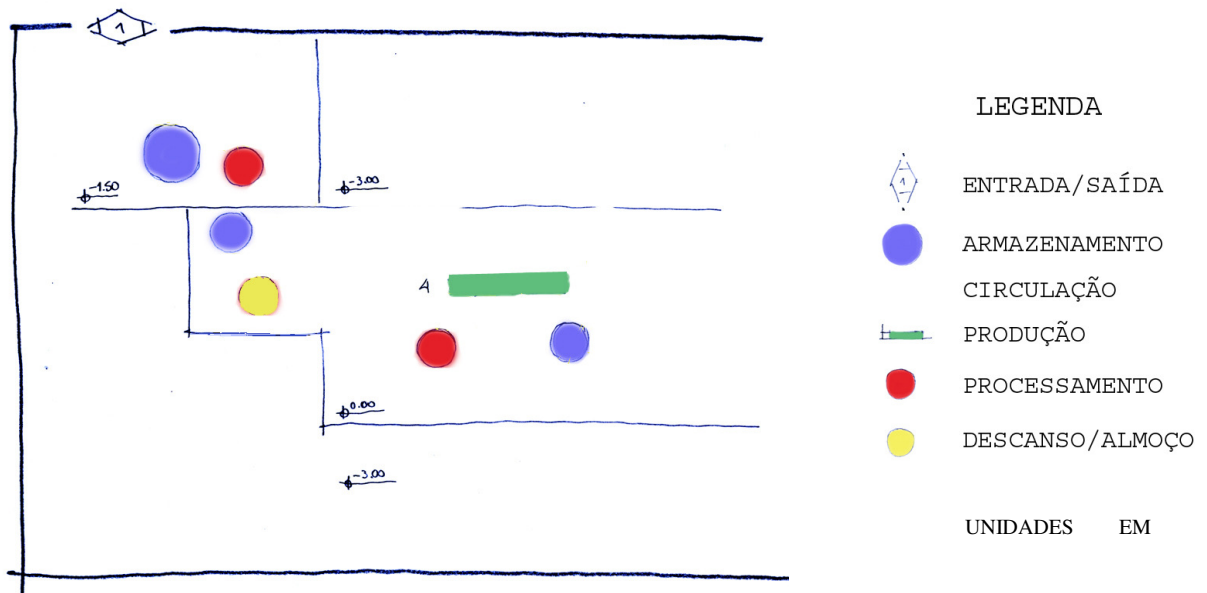


Figura 5.9: Croqui do canteiro de obras do estudo de caso 4 (Residência, Souza, 2003).

Estudo de caso 5

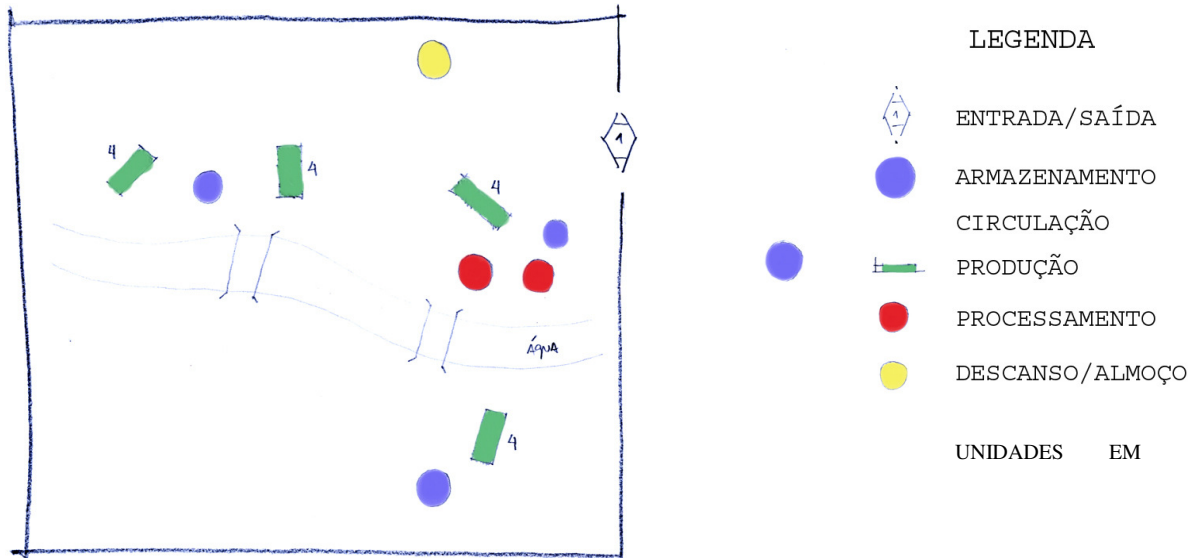


Figura 5.10: Croqui do canteiro de obras do estudo de caso 5 (Do Barro ao Barro, SESC - Pompéia, São Paulo, 2003).

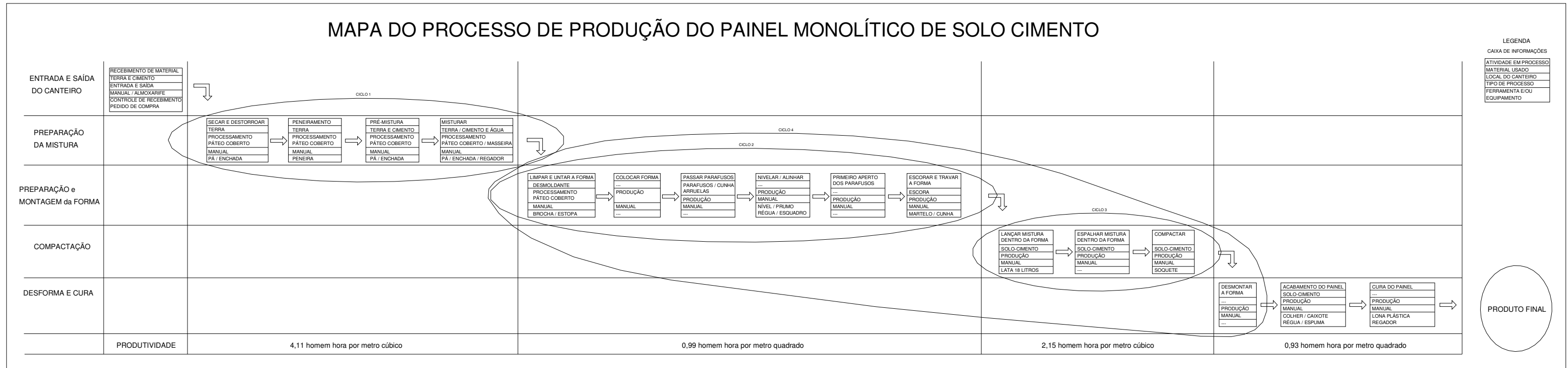
Itens verificados nos Canteiros de Obra que prejudicaram a eficiência e a produtividade do canteiro:

- Falhas de projeto e planejamento do canteiro de obras;
- Desperdício de tempo com transportes internos;
- Desperdício de material com processamento em lugar inadequado;
- Desperdício de material com transporte inadequado;
- Falha na condição de trabalho do operário, falta de infra-estrutura de qualidade;

O projeto do canteiro de obra e o planejamento definem o lay out do canteiro e faz com que a produção tenha fluxo contínuo e elimine ao máximo os desperdícios (tempo, material, mão de obra, ferramentas e equipamentos, informações e controles), melhorando a eficiência e produtividade da obra.

5.4. Mapeamento do Processo de Produção

Figura 5.11: Desenho do mapa do processo de produção do painel monolítico de solo-cimento.



CICLO 1:

- a) Secar e destorroar a Terra;
- b) Peneirar a Terra;
- c) Fazer a pré-mistura;
- d) Fazer a mistura.

Este ciclo acontece toda vez que for necessário preparar mais de uma dosagem de mistura para executar o painel;

CICLO 2:

- a) Limpar e untar a fôrma;
- b) Colocar a fôrma;
- c) Passar parafusos na fôrma;
- d) Nivelar, aprumar e alinhar a fôrma;
- e) Primeiro aperto de parafusos;
- f) Escorar e travar a fôrma.

Este ciclo acontece toda vez que for necessário montar mais de um módulo de fôrma para executar o painel;

CICLO 3:

- a) Lançar a mistura dentro da fôrma;
- b) Espalhar a mistura dentro da fôrma;
- c) Compactar.

Este ciclo acontece durante a compactação de um módulo de fôrma;

CICLO 4:

Seqüência de montagem, compactação e desforma para construção de um painel:
Ver croqui:

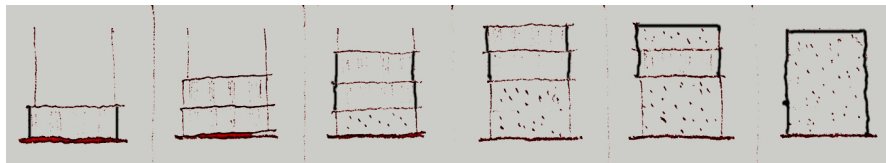


Figura 5.12: Croqui da seqüência de montagem, compactação e desforma do painel.

Descrição das Atividades e Identificação das Não Conformidades:

- Recebimento do material:

O material deve estar em perfeitas condições de uso e dentro dos padrões de qualidade especificado no pedido de compras.

O procedimento consiste em verificar a especificação do material e quantidade no pedido de compras, assinar a nota e entregar uma cópia ao responsável.

O responsável deve encaminhar o material ao almoxarifado ou ao pátio para ser descarregado pelo fornecedor.

- Secar e destorroar:

Esta atividade depende das condições do tempo (seco ou úmido);

Pode ser executada com equipamentos: maçarico ou estufa;

A terra deve estar seca e destorroada;

O responsável deve encaminhar a terra ao local para ser peneirada.

- Peneiramento:

A terra deve ser peneirada de maneira a separar grãos de areia e pedra e as sujeiras (mato, material orgânico);

A peneira recomendada é a 0,4 mm;

Não Conformidades:

Desperdício: Foi verificada a perda de material (a granel) por esta atividade estar sendo executada em local inadequado;

Defeito: Foi verificado que utilizando a peneira 0,6 mm, o material peneirado ainda consta de grãos maiores de areia e sujeiras;

- Pré-mistura:
A pré-mistura é feita com terra peneirada seca e cimento até que esteja homogênea;
- Mistura:
Após a pré-mistura, é acrescentada água e inicia-se a atividade da mistura;
A quantidade de água é um fator importante da mistura;
Recomenda-se que se determine através do ensaio de compactação (NBR 7182) a umidade ótima para a mistura;
Quando não for possível o ensaio (NBR 7182) de acordo com a norma é recomendado que se faça o ensaio de campo segundo o Australiano Middleton (1953), *apud* Heise (2004), conhecido como o ensaio da “bolinha”.

Não Conformidades:

Desperdício: Foi verificada a perda de material (a granel) por esta atividade estar sendo executada em local inadequado;

Defeito: Foi verificado que com a mistura seca ou umedecida além do determinado em ensaio, prejudica a compactação.

- Limpar e untar a fôrma:
As faces internas da fôrma devem estar limpas de qualquer tipo de sujeira;
As faces internas da fôrma devem ser untadas com desmoldante, passado com estopa ou brocha;

Não Conformidades:

Desperdício: Umedecer além do necessário a fôrma com desmoldante;

Defeito: Foi verificado que ao retirar a fôrma alguma parte do material compactado “cola” na forma deixando “buracos” no painel.

- Colocar a fôrma:

As pranchas da fôrma devem ser colocadas no local da produção indicado em projeto;

- Passar parafusos na fôrma:

Os parafusos devem ser passados nos furos das pranchas da fôrma; Devem ser colocados os espaçadores dentro das fôrmas, por onde passa os parafusos;

- Nivelar, aprumar e alinhar a fôrma:

As pranchas da fôrma devem estar niveladas na parte superior, aprumadas nas faces internas e alinhadas entre si e com as guias, para que o painel atenda aos padrões de qualidade desejados pelo cliente;

Não Conformidades:

Defeito: Foi verificado que o painel estava fora de prumo e desnivelado em função da montagem da fôrma.

- Primeiro aperto de parafusos:

Devem ser feitos o primeiro aperto dos parafusos e em seguida verificado o nivelamento, prumo e alinhamento das pranchas da fôrma;

Quando necessário devem ser colocados calços e arruelas junto aos parafusos e as pranchas da fôrma para corrigir alguma não conformidade de: nível, prumo e alinhamento;

- Escorar e travar a fôrma:

As pranchas da fôrma devem ser escoradas e travadas para que não se movimentem durante a compactação, podendo causar deformações no painel;

É recomendado que se trabalhe com cunhas para facilitar a remoção das escoras e travamentos.

Não Conformidades:

Defeito: Foi verificado que o travamento insuficiente ocasiona a deformação da fôrma e conseqüentemente do painel.

- Lançar a mistura dentro da fôrma:

A mistura deve ser lançada para dentro da fôrma para ser compactada;

O procedimento usual consiste em preencher latas com a mistura e despejar as latas entre as pranchas da fôrma.

Não Conformidades:

Desperdício: Foi verificada a perda de material utilizando latas e baldes;

- Espalhar a mistura dentro da fôrma:

A mistura deve ser espalhada dentro da fôrma para que se faça a compactação em camadas de mesma espessura (máximo de 20 cm);

É importante garantir a ausência de torrões que eventualmente estão na mistura.

- Compactar:

A mistura deve ser compactada em camadas (máximo 20 cm). Inicia-se com batidas leves e por toda a área interna da fôrma, para em seguida aumentar a intensidade da compactação com batidas mais pesadas, essas batidas devem seguir uma intensidade freqüente a fim de que a mistura

fique por inteira compactada. Para verificar se a compactação está no “ponto” ideal é necessário utilizar uma ponta de vergalhão de 3/8” e tentar perfurar o painel, caso não esteja penetrando é porque a compactação daquela camada está suficiente. Também é possível verificar a compactação pelo barulho (oco ou seco) do soquete no painel, caso o barulho seja “seco” é porque a compactação daquela camada está suficiente. Em seguida continua o processo de colocar a mistura dentro da fôrma (máximo 20 cm) e compactar.

Não Conformidades:

Defeito: Foi verificado que ocorrem falhas de compactação nos cantos da fôrma e abaixo dos parafusos, deixando estas áreas com menores resistências. Foi verificado que dificulta a compactação quando as batidas do soquete são diversas vezes pontuais no mesmo local.

- Desforma:

- a) Soltar escoras, travamentos e parafusos;
- b) “Puxar” as pranchas do painel, com cuidado para não arrastá-las ao longo da superfície do painel;
- c) a seqüência de desforma acontece de duas formas:
 - c.1) quando o painel está sendo executado;
 - c.2) quando o painel está terminado;

c.1)

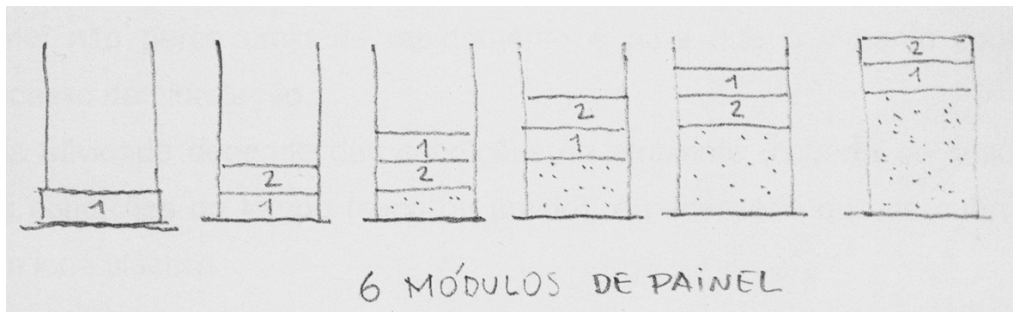


Figura 5.13: Croqui da seqüência da montagem da fôrma quando o painel está sendo executado.

c.2)

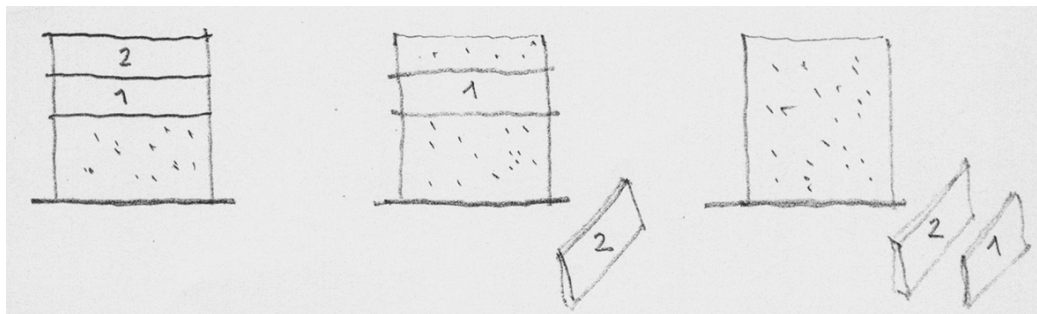


Figura 5.14: Croqui da seqüência da desforma quando o painel está sendo desformado.

- **Acabamento:**

Os acabamentos devem ser feitos com o mesmo material da mistura, porém com um percentual de água maior, deixando a mistura mais plástica (facilitando a trabalhabilidade);

Não Conformidades:

Defeito: Foi verificado que o acabamento feito um dia após o painel desformado e utilizando outra mistura aparecem falhas na uniformidade do material, ficando com aparência de “mancha” ou “remendo”.

- **Cura:**

É recomendado que se molhe o painel durante os sete primeiros dias para que o painel não perca umidade rapidamente e para que o cimento continue seu processo de hidratação.

Esta atividade depende das condições do ambiente (coberto ou descoberto) e das condições do tempo (seco ou úmido), é necessário que se cubra o painel com lona plástica.

5.5. Procedimentos de Execução e de Controle de Qualidade

Tabela 5.11: Tabela com procedimento de execução e controle de qualidade para preparação da mistura;

Etapa	PREPARAÇÃO DA MISTURA		OBRA:				
	procedimento de execução e controle de qualidade		LOCAL:				
			DATA:				
IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE E DO SERVIÇO							
Quantidade / Unidade	Início do serviço		Término do serviço				
Empreiteiro	Encarregado		Equipe				
CONDIÇÕES PARA INÍCIO DO SERVIÇO							
ACEITAÇÃO	() CONFORME	() NÃO CONFORME					
OBS:			TERRA				
			CIMENTO				
			ANOTAR	C NC			
Verificador:		Assinatura:					
PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO							
ITEM	ATIVIDADE						
1	Recebimento do material (terra e cimento), verificar no pedido de compras as especificações dos materiais.						
2	Descarregar o material no local apropriado, indicado em projeto.						
3	Espalhar a terra com pá e/ou enxada ("abrir a terra").						
4	Secar a terra.						
5	Quebrar os torrões de terra com a pá e/ou enxada.						
6	Passar a terra na peneira 0,4 mm.						
7	Colocar a terra peneirada em latas de 18 litros.						
8	Virar as latas de terra na masseira quantificando a dosagem do traço.						
9	Colocar o cimento em latas de 18 litros.						
10	Virar as latas de cimento na masseira quantificando a dosagem do traço.						
11	Misturar a terra com o cimento, virando a farofa seca até que a mistura fique homogênea.						
12	Verificar o teor de umidade da farofa (<i>ensaio da bolinha</i>), caso necessário adicionar água com regador.						
13	Misturar a farofa até que fique umida por igual.						
14	Colocar a farofa em latas de 18 litros.						
15	Transportar a farofa até o local da produção.						
EXECUÇÃO DO SERVIÇO		Nome:	Data:	Assinatura:			
PROCEDIMENTO DE CONTROLE DE QUALIDADE							
VERIFICAÇÕES DO SERVIÇO							
Itens de verificação	Tolerância	1	2	3	4	5	Final
Terra							
Cimento							
Homogeneidade							
Umidade							
Anotar: A - Aceito	Data						
N - Não aceito	Verificador						
DOSAGEM			OBSERVAÇÕES				
TERRA	CIMENTO	ÁGUA					
ACEITAÇÃO DO SERVIÇO		Nome:	Data:	Assinatura:			

Tabela 5.12: Tabela com procedimento de execução e controle de qualidade para preparação e montagem da fôrma;

Etapa	PREPARAÇÃO E MONTAGEM DE FÔRMA		OBRA:				
	procedimento de execução e controle de qualidade		LOCAL:				
			DATA:				
IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE E DO SERVIÇO							
Quantidade / Unidade	Início do serviço		Término do serviço				
Empreiteiro	Encarregado		Equipe				
CONDIÇÕES PARA INÍCIO DO SERVIÇO							
ACEITAÇÃO	<input type="checkbox"/> CONFORME	<input type="checkbox"/> NÃO CONFORME	<i>croqui (corte)</i>				
OBS:	<i>croqui (vista)</i>						
Verificador:	Assinatura:	Data:					
PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO							
ITEM	ATIVIDADE						
1	Limpar as pranchas da fôrma						
2	Untar as pranchas da fôrma						
3	Colocar as pranchas da fôrma no local da produção, indicado em projeto						
4	Colocar as guias removíveis no local da produção, indicado em projeto						
5	Colocar os parafusos, arruelas e porcas na fôrma						
6	Nivelar, Aprumar, Alinhar a fôrma						
7	Fazer o primeiro aperto dos parafusos						
8	Escorar e Travar a fôrma						
EXECUÇÃO DO SERVIÇO	Nome:	Data	Assinatura:				
PROCEDIMENTO DE CONTROLE DE QUALIDADE							
VERIFICAÇÕES DO SERVIÇO							
Itens de verificação	Tolerância	1	2	3	4	5	Final
Aperto dos parafusos							
Nivelamento							
Prumo							
Alinhamento							
Esquadro							
Cunha							
Escoras							
Travamento							
Anotar:	A - Aceito	Data					
	N - Não aceito	Verificador					
OBSERVAÇÕES							
ACEITAÇÃO DO SERVIÇO	Nome:	Data:	Assinatura:				

Tabela 5.13: Tabela com procedimento de execução e controle de qualidade para a compactação;

Etapa	COMPACTAÇÃO		OBRA:				
	procedimento de execução e controle de qualidade		LOCAL:				
			DATA:				
IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE E DO SERVIÇO							
Quantidade / Unidade	Início do serviço		Término do serviço				
Empreiteiro	Encarregado		Equipe				
CONDIÇÕES PARA INÍCIO DO SERVIÇO							
ACEITAÇÃO	() CONFORME	() NÃO CONFORME					
OBS:			MISTURA				
			FÔRMA				
			SOQUETE				
			Anotar:	C NC			
Verificador:	Assinatura:		Data:				
PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO							
ITEM	ATIVIDADE						
1	Colocar a mistura dentro da fôrma em camadas, quantidades indicadas em projeto						
2	Espalhar a mistura e quebrar os torrões dentro da fôrma						
3	Iniciar a compactação com apiloadas leves						
4	Correr com o soquete dentro da fôrma, sem compactar o mesmo lugar diversas vezes						
5	Compactar os cantos e encaixes da fôrma (pontos fracos)						
6	Não bater com o soquete na fôrma						
7	Verificar prumos e níveis da fôrma durante a compactação						
8	Utilizar o vergalhão para verificar o grau de compactação						
9	No término de cada camada compactada, voltar ao item primeiro desta lista						
EXECUÇÃO DO SERVIÇO	Nome:	Data:	Assinatura:				
PROCEDIMENTO DE CONTROLE DE QUALIDADE							
VERIFICAÇÕES DO SERVIÇO							
Itens de verificação	Tolerância	1	2	3	4	5	Final
Camada de mistura dentro da fôrma							
Mistura dentro da fôrma							
Cantos da fôrma							
Grau de compactação							
Nível, Prumo e Alinhamento da fôrma							
Anotar:	A – Aceito	Data					
	N - Não aceito	Verificador					
OBSERVAÇÕES							
ACEITAÇÃO DO SERVIÇO	Nome:	Data:	Assinatura:				

Tabela 5.14: Tabela com procedimento de execução e controle de qualidade para a desforma e cura;

Etapa	DESFORMA E CURA		OBRA:				
	procedimento de execução e controle de qualidade		LOCAL:				
			DATA:				
IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE E DO SERVIÇO							
Quantidade / Unidade	Início do serviço		Término do serviço				
Empreiteiro	Encarregado		Equipe				
CONDIÇÕES PARA INÍCIO DO SERVIÇO							
ACEITAÇÃO	() CONFORME	() NÃO CONFORME					
OBS:			COMPACTAÇÃO				
			Anotar:	C NC			
Verificador:	Assinatura:		Data:				
PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO							
ITEM	ATIVIDADE						
1	Soltar as cunhas de escora e travamento						
2	Soltar os parafusos e cunhas da fôrma						
3	Retirar peças de escora e travamento						
4	Retirar parafusos e cunhas						
5	Retirar as pranchas da fôrma, uma de cada vez, sempre puxando para fora na posição vertical.						
6	Cuidado para não arrastar a fôrma						
7	Cuidado para não bater com a fôrma no painel						
8	Fazer os acabamentos com a farofa umedecida, verificar com responsável os locais necessários.						
9	Molhar o painel e cobrir com lona plástica						
10	Aguardar de 14 a 21 dias para a cura						
EXECUÇÃO DO SERVIÇO	Nome:	Data:	Assinatura:				
PROCEDIMENTO DE CONTROLE DE QUALIDADE							
VERIFICAÇÕES DO SERVIÇO							
Itens de verificação	Tolerância	1	2	3	4	5	Final
Travamento e escoras soltos							
Parafusos e cunhas soltos							
Acabamentos							
Anotar:	A - Aceito	Data					
	N - Não aceito	Verificador					
OBSERVAÇÕES							
ACEITAÇÃO DO SERVIÇO	Nome:	Data:	Assinatura:				

5.6. Produtividade das Etapas do Processo

As tabelas com os dados utilizados para os cálculos da média produtiva estão no anexo I.

5.6.1. Preparação da Mistura

Tabela 5.15: Tabela com a produtividade média de preparação da mistura equivalente a um operário:

Produtividade Média Preparação da mistura	4,11	hora / m³
--	-------------	-----------------------------

5.6.2. Preparação e Montagem da Fôrma

Tabela 5.16: Tabela com a produtividade média de preparação e montagem da fôrma equivalente a um operário:

Produtividade Média Preparação e montagem de fôrma	0,99	hora / m²
---	-------------	-----------------------------

5.6.3. Compactação

Tabela 5.17: Tabela com a produtividade média de compactação equivalente a um operário:

Produtividade Média Compactação	2,15	hora / m³
--	-------------	-----------------------------

5.6.4. Desforma e cura

Tabela 5.18: Tabela com a produtividade média de desforma e cura equivalente a um operário:

Produtividade Média Desforma e cura (*)	0,93	hora / m²
--	-------------	-----------------------------

(*) o tempo de cura do painel não está calculado nesta média por depender em grande parte das condições de temperatura do ambiente, então foi considerado o tempo até o momento que finalizam os acabamentos.

6 – RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões e conclusões desta pesquisa foram consideradas nos seguintes aspectos:

- a) Otimização do processo, buscando melhorar a eficiência e a produtividade;
- b) Apropriação e transferência da tecnologia;
- c) Como esta pesquisa poderá se desenvolver em estudos futuros.

A otimização do processo visa a melhoria contínua, eliminando atividades e/ou tarefas que não agregam valor ao produto final, para obter um produto com qualidade e custo competitivo no mercado atual da construção civil.

Verificando os estudos de caso é notável que o projeto do canteiro e o planejamento da produção podem eliminar desperdícios dentro do canteiro, entre eles:

- 1) Transportes internos desnecessários;
- 2) Material processado e armazenado em local inadequado;
- 3) Tempo de espera entre as atividades;
- 4) Local de trabalho mais seguro e adequado para o operário.

O projeto do canteiro e o planejamento da produção são ferramentas essenciais para se obter eficiência e produtividade na produção dentro do canteiro de obra.

Com base nos dados obtidos da pesquisa foi verificado que as etapas de “preparação da mistura” e “compactação” consomem o equivalente a 76% do tempo da produção, conforme mostra a figura 6.1 abaixo:

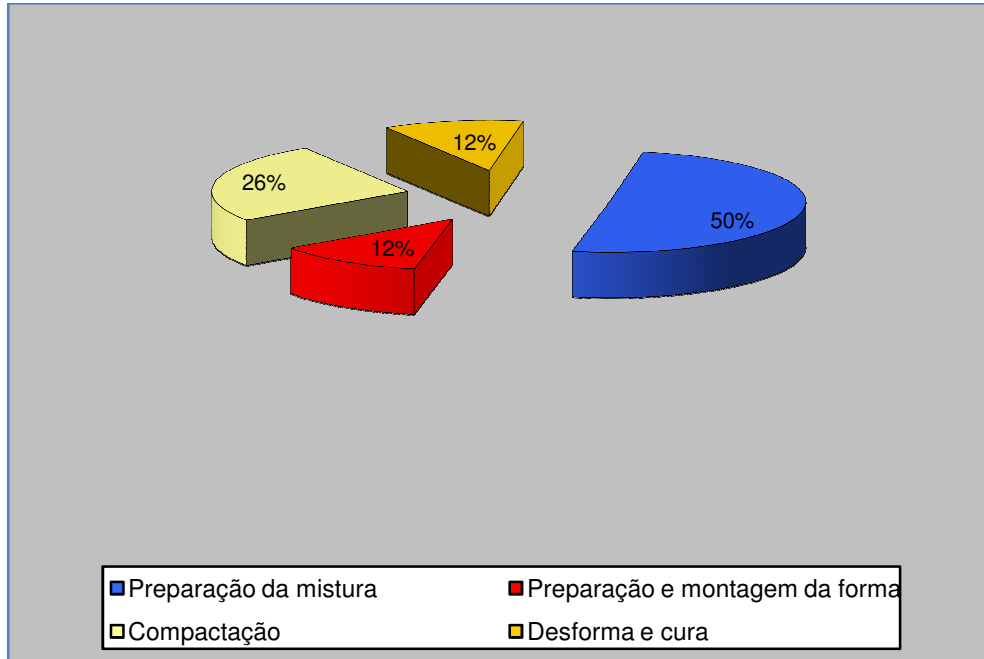


Figura 6.1: Relação do consumo de tempo entre as etapas do processo de produção do painel monolítico de solo-cimento.

Atividades relacionadas à etapa de preparação da mistura:

1) Secar e destorroar a terra: pode ser melhorada com a utilização de equipamentos tipo maçarico, estufa ou destorroador. Outra melhoria pode ser a parceria com fornecedores que atendam a produção oferecendo os materiais dentro dos padrões de qualidade especificados em projeto, ou seja, a terra deve estar limpa (ausência de matéria orgânica e pedras), com poucos torrões e baixo teor de umidade. Assim é possível reduzir o tempo de operação da atividade.

2) Peneiramento: pode ser melhorada com a utilização de um equipamento mecânico para peneirar a terra, garantindo o controle de qualidade e reduzindo o tempo da atividade. Outra melhoria se dá na utilização de um local adequado para

a atividade, diminuindo o desperdício do material. Recomendam-se futuras pesquisas para desenvolver um sistema de peneiramento mais eficiente

3) Pré-mistura e mistura: podem ser melhoradas utilizando equipamento mecânico, tipo o misturador planetário, reduzindo o tempo da atividade e melhorando o processo evitando a formação de grumos do cimento. Outra melhoria se dá na utilização de um local adequado para a atividade, diminuindo o desperdício do material e melhorando o controle de umidade da mistura.

Atividades relacionadas à etapa de compactação:

- 1) Lançar mistura para dentro da forma: pode ser melhorada aprimorando (é comum o uso de latas de 18 litros) ou desenvolvendo uma ferramenta própria (pode ser tipo um funil, fazendo com que não caia nada da mistura para fora da fôrma e aumentando a agilidade do operário que estará exercendo esta atividade) para o lançamento, diminuindo o tempo da atividade e reduzindo desperdício do material.

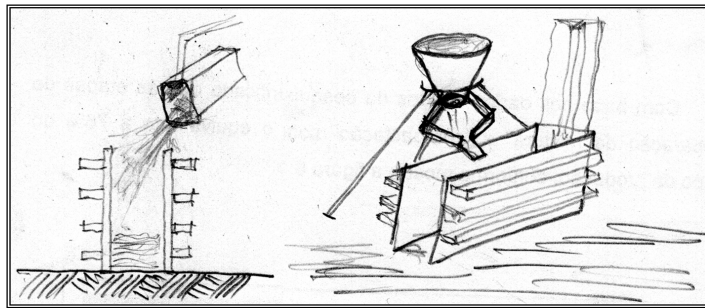


Figura 6.2: Ilustração da atividade de lançamento da mistura dentro da forma (lado esquerda: com a lata; lado direito: com um equipamento tipo funil)

- 2) Espalhar a mistura dentro da fôrma: pode ser melhorada desenvolvendo uma ferramenta própria (alguma ferramenta que possa controlar a homogeneidade do volume de mistura dentro da fôrma, para que fique uniforme os 20 cm da camada de mistura) que o operário possa utilizar e garantir, com isso, o controle de qualidade da atividade.

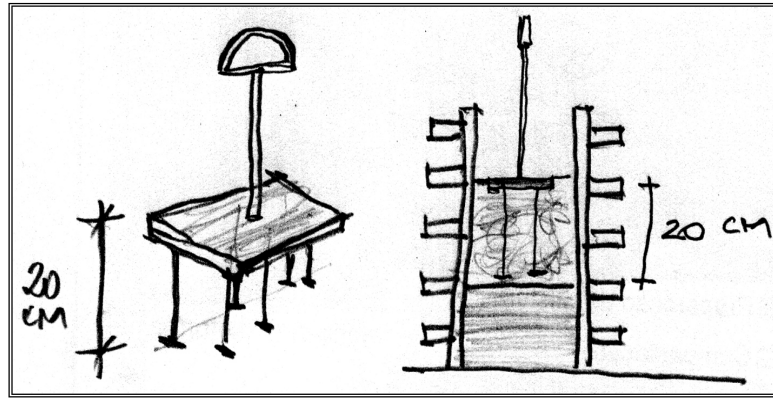


Figura 6.3: Ilustração do equipamento para espalhar a mistura dentro da forma e quebrar os torrões.

- 3) Compactar: pode ser melhorado utilizando o equipamento mecânico tipo compactador pneumático, diminuindo o tempo da atividade e aumentando o grau de compactação. Outra melhoria se dá com a utilização do penetrômetro para o controle da compactação. Recomenda-se futuras pesquisas em campo para avaliar tecnicamente o desempenho do equipamento na atividade de compactação.

As etapas de “preparação e montagem de fôrma” e “desforma e cura” representam 24% do tempo total da produção e também podem ser melhoradas, pesquisando-se modelos de fôrma que sejam mais eficientes para trabalhar.

Atividades relacionadas à etapa de preparação e montagem da fôrma:

- 1) Limpar e untar a fôrma: pode ser melhorada especificando em projeto o tipo de ferramenta adequada e a quantidade necessária de material para a atividade, diminuindo o desperdício e o defeito.

- 2) Colocar a fôrma: pode ser melhorada sendo a fôrma mais leve e o local da produção detalhado em projeto e com uma marcação no canteiro, reduzindo o tempo da atividade. Outra melhoria se dá com a utilização de marcações na própria fôrma, facilitando sua colocação.

3) Passar os parafusos na fôrma: pode ser melhorada utilizando parafusos mais fáceis de trabalhar e mais resistentes, diminuindo o tempo da atividade e garantindo a qualidade do produto. Foi verificado que o tipo de parafuso é fator representativo na execução da atividade, facilitando ou dificultando o trabalho. Recomenda-se futuras pesquisas para desenvolver um sistema de parafuso mais eficiente ou mesmo sua substituição por um sistema de grampos tipo “pressão”.

4) Nivelar, aprumar e alinhar a fôrma: pode ser melhorada tendo um sistema de fôrma mais eficiente na montagem e utilizando equipamentos eletrônicos para controle de qualidade da atividade. Outra melhoria se dá com a utilização de marcações na própria fôrma, facilitando o nivelamento e alinhamento.

5) Escorar e travar a fôrma: pode ser melhorada com a utilização de um sistema de fôrma mais eficiente, reduzindo a deformação do painel durante a compactação. Outra melhoria se dá com a utilização de parafusos ou grampos, como citado no item 3. Recomenda-se futuras pesquisas para desenvolver um sistema de fôrma mais eficiente.

Atividades relacionadas à etapa de desforma e cura:

1) Desmontar a fôrma: pode ser melhorada utilizando um sistema de fôrma e parafusos mais eficientes, diminuindo o tempo da atividade. Recomenda-se futuras pesquisas para desenvolver um sistema de fôrma e parafusos mais eficientes, como citado nos itens 2 e 3 das atividades relacionadas à etapa de preparação e montagem da fôrma.

2) Acabamento do painel: a redução do tempo e até mesmo a eliminação da atividade pode vir com a melhoria das atividades descritas acima.

3) Cura do painel: pode ser melhorada com o controle da umidade e a proteção do painel. Recomenda-se futuras pesquisas para avaliar com precisão as reações e os processos químicos que atuam no processo de cura do painel de solo-cimento.

Outro fator essencial na melhoria da produtividade e eficiência da produção é necessariamente o treinamento e qualificação da mão de obra. Nesta pesquisa foi utilizada mão de obra desqualificada que teve um treinamento de 4 horas teóricas e a prática foi o próprio canteiro de obra em estudo nos casos. É desnecessário substituir o operário por máquina: os resultados - mesmo com uma mão de obra desqualificada (com treinamento de apenas 4 horas teóricas) - foram satisfatórios, porém podem ser melhorados. A sugestão é que se utilize a capacidade do operário para garantir o fluxo das atividades e o controle de qualidade da produção e que as máquinas possam diminuir o tempo de operação das atividades.

Foi verificado que o processo de produção do painel monolítico de solo-cimento utiliza ferramentas simplificadas e uma relação de atividades que facilmente podem ser absorvidas pelos operários. Nos cinco canteiros de obra os operários ficaram satisfeitos com o trabalho e aprenderam os princípios básicos sobre a tecnologia, desenvolvendo as habilidades em trabalhar com o sistema construtivo. Nota-se que é preciso desenvolver um trabalho de aplicação e divulgação da tecnologia nos diversos níveis de mão de obra empregados na construção civil.

Com base nos resultados da pesquisa foram verificadas as relações de produtividade com os diferentes números de operários nas etapas do processo. Nesta pesquisa foi possível determinar dois pontos. Outros dois foram estimados pelo autor para imaginar uma curva de produtividade em relação ao número de operários. Nota-se que as relações não são lineares em nenhuma das quatro etapas, pelo fato de que a atividade só é possível ser executada com um mínimo de um operário (e nunca com zero operários!) e que o aumento de operários não

significa que a atividade poderá chegar ao tempo zero, portanto deve haver um número de operários que torne o custo/benefício ótimo e que possibilite obter o valor máximo da produtividade. Como ilustram as figuras abaixo:

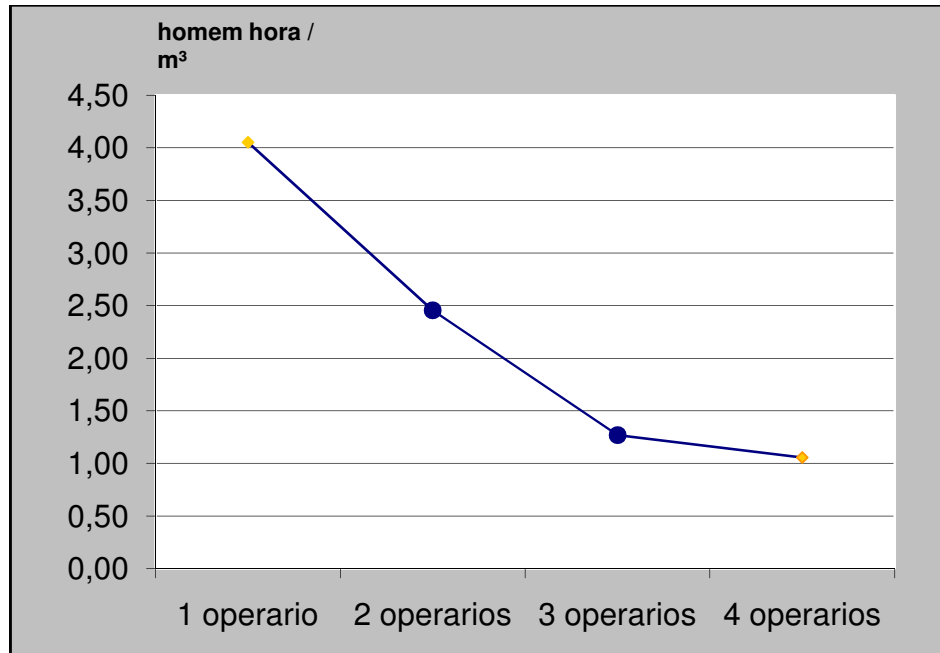


Figura 6.4: Relação entre a produtividade e o número de operários na etapa de preparação da mistura.

(Observação: os pontos que estão em laranja foram estimados pelo autor com base no conhecimento da tecnologia e na experiência profissional teórica e prática)

Nota-se na figura 6.4 que a etapa executada com dois operários tem uma produtividade de 2,50 homem hora/m³ e que com três operários tem uma produtividade de 1,25 homem hora/m³, isso significa que o aumento de um operário pode significar o aumento de 66% na produtividade.

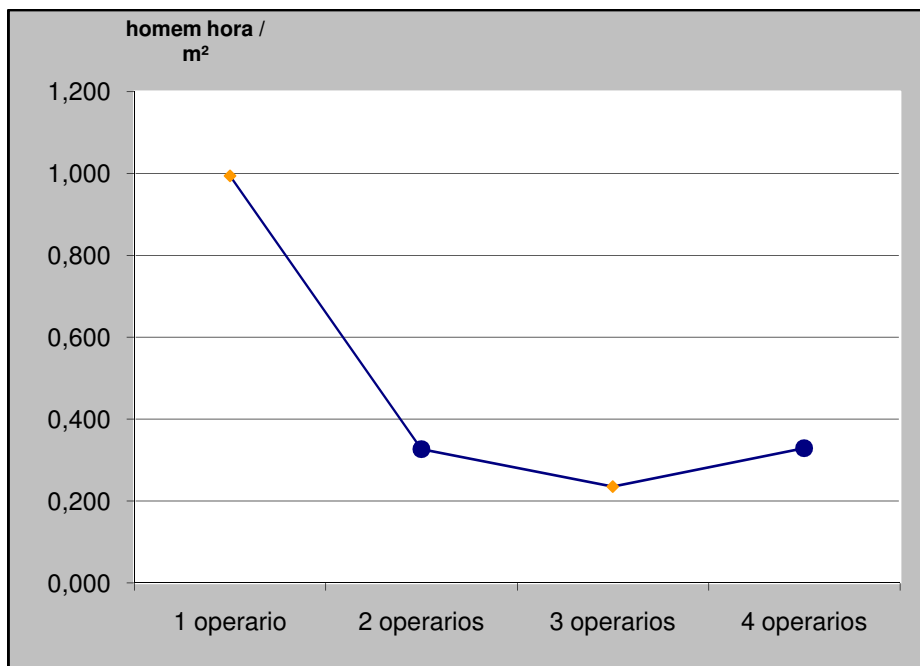


Figura 6.5: Relação entre a produtividade e o número de operários na etapa de preparação e montagem da forma.

(Observação: os pontos que estão em laranja foram criados pelo autor com base no conhecimento da tecnologia e na experiência profissional teórica e prática)

Nota-se na figura 6.5 que a etapa executada com dois operários tem uma produtividade de 0,30 homem hora/m² e que com quatro operários tem uma produtividade de 0,35 homem hora/m², isso significa que o aumento de dois operários significa um aumento de aproximadamente 40% na produtividade, e sugere que a atividade executada com três operários tenha uma produtividade de 0,22 homem hora/m², isso significa um aumento de aproximadamente 47% na produtividade em relação aos dois operários.

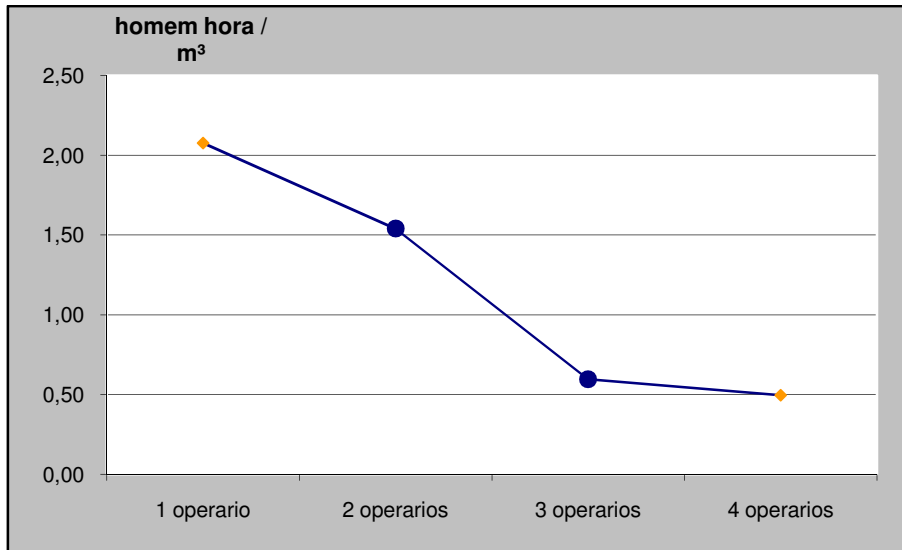


Figura 6.6: Relação entre a produtividade e o número de operários na etapa de compactação. (Observação: os pontos que estão em laranja foram criados pelo autor com base no conhecimento da tecnologia e na experiência profissional teórica e prática).

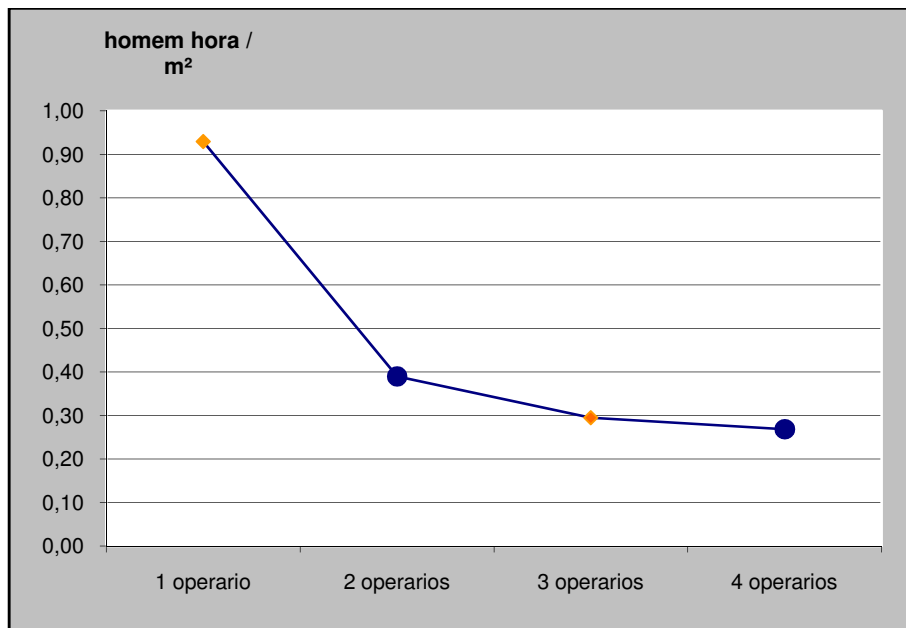


Figura 6.7: Relação entre a produtividade e o número de operários na etapa de desforma e cura. (Observação: os pontos que estão em laranja foram criados pelo autor com base no conhecimento da tecnologia e na experiência profissional teórica e prática).

Nota-se na figura 6.6 que a etapa executada com dois operários tem uma produtividade de 1,50 homem hora/m³ e que com três operários tem uma produtividade de 0,60 homem hora/m³, isso significa que o aumento de um operário significa um aumento de aproximadamente 73% na produtividade, e

quando é indicado o número de quatro operários esta relação sugere uma produtividade de 0,50 homem hora/m³, isso significa um aumento de aproximadamente 36% na produtividade em relação aos três operários.

Nota-se na figura 6.7 que a etapa executada com dois operários tem uma produtividade de 0,38 homem hora/m² e que com quatro operários tem uma produtividade de 0,27 homem hora/m², isso significa que o aumento de dois operários significa um aumento de aproximadamente 64% na produtividade, e sugere que a atividade executada com três operários tenha uma produtividade de 0,30 homem hora/m², isso significa um aumento de aproximadamente 47% na produtividade em relação aos dois operários.

Conclui-se, portanto que com estes dados ainda não é possível obter um número ideal de operários para atingir o custo/benefício e a produtividade ótima para a etapa. Recomenda-se futuras pesquisas em campo para alimentar as figuras com dados para obter o número ideal de operários para cada etapa a fim de executar o processo no melhor custo/benefício e produtividade.

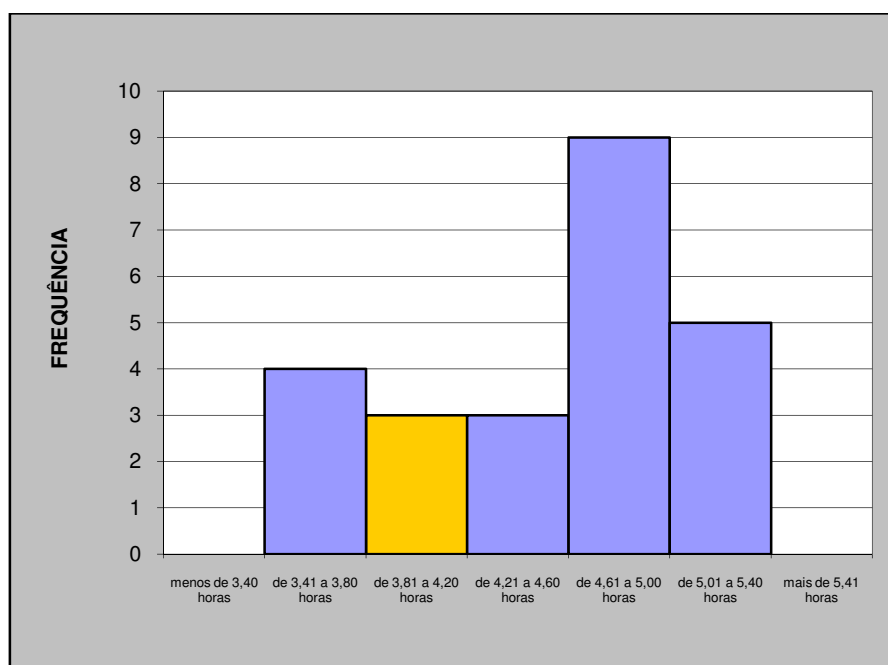


Figura 6.8: Histograma da etapa de Preparação da Mistura.

A figura 6.8 mostra em laranja o intervalo em que está a média da produtividade calculado nesta pesquisa, 4,11 homem hora/m³. As produtividades dos casos 1, 2, 3 e 4 estão abaixo do valor médio calculado, tendo maior frequência no intervalo de 4,61 a 5,00 horas, e a produtividade do caso 5 está acima do valor médio calculado, tendo maior frequência no intervalo de 3,41 a 3,80 horas. Analisando pela experiência prática nos canteiros é notável que o caso 5 “trouxe” a média produtiva a valores mais baixos, podendo sugerir alguma explicação:

- a) o maior volume de preparação da mistura pode proporcionar o desenvolvimento das habilidades dos operários, com a repetição da atividade;

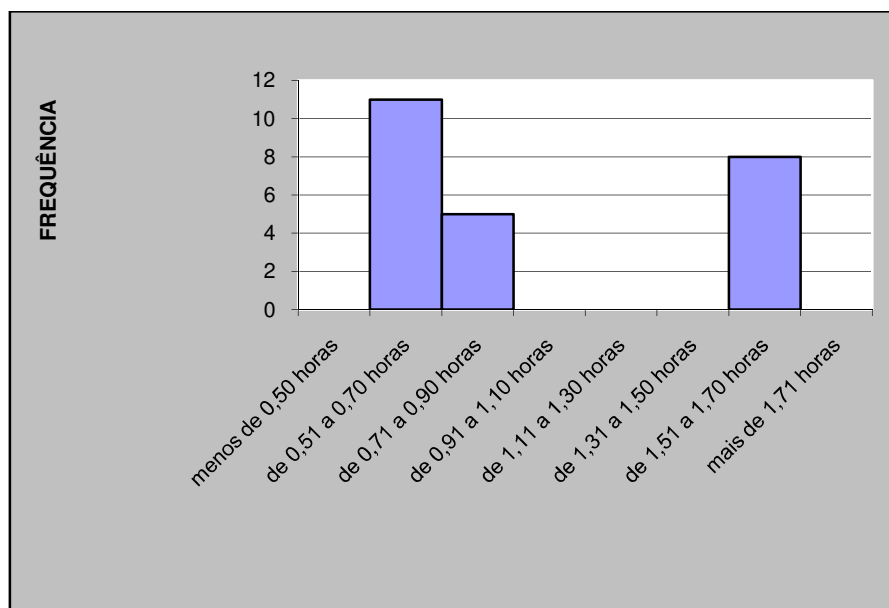


Figura 6.9: Histograma da etapa de Preparação e Montagem da forma.

O valor médio da produtividade calculado nesta pesquisa está no intervalo de 0,91 a 1,10 horas, sendo 0,99 homem hora/m². As produtividades dos casos 1, 2, 3 e 4 estão acima do valor médio calculado, tendo maior frequência no intervalo de 0,51 a 0,70 horas, e a produtividade do caso 5 está abaixo do valor médio calculado, tendo maior frequência no intervalo de 1,51 a 1,70 horas. Analisando pela experiência prática nos canteiros foi verificado que no caso 5 o sistema de

forma utilizado foi com pranchas de madeira com dimensões duas vezes maiores que nos demais casos ou o excesso de operários na atividade, podendo ser os fatores que influenciaram na discrepância dos valores calculados.

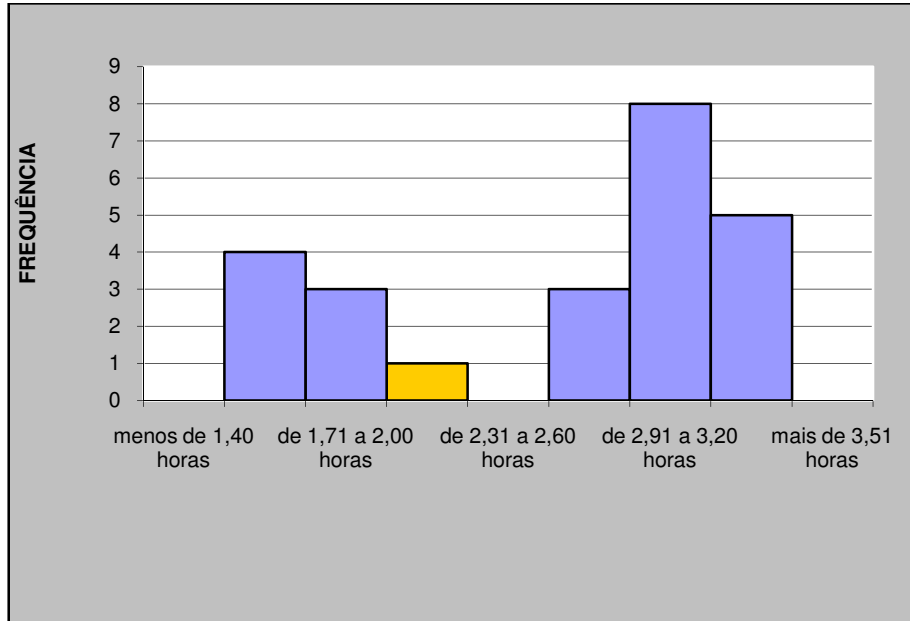


Figura 6.10: Histograma da etapa de Compactação.

A figura 6.10 mostra em laranja o intervalo em que está a média da produtividade calculado nesta pesquisa, 2,15 homem hora/m³. As produtividades dos casos 1, 2, 3 e 4 estão abaixo do valor médio calculado, tendo maior frequência no intervalo de 2,91 a 3,20 horas, e a produtividade do caso 5 está acima do valor médio calculado, tendo maior frequência no intervalo de 1,41 a 1,70 horas. Analisando pela experiência prática nos canteiros é notável que o caso 5 “trouxe” a média produtiva a valores mais baixos, podendo sugerir alguma explicação:

- a) o maior volume de compactação pode proporcionar o desenvolvimento das habilidades dos operários, com a repetição da atividade;

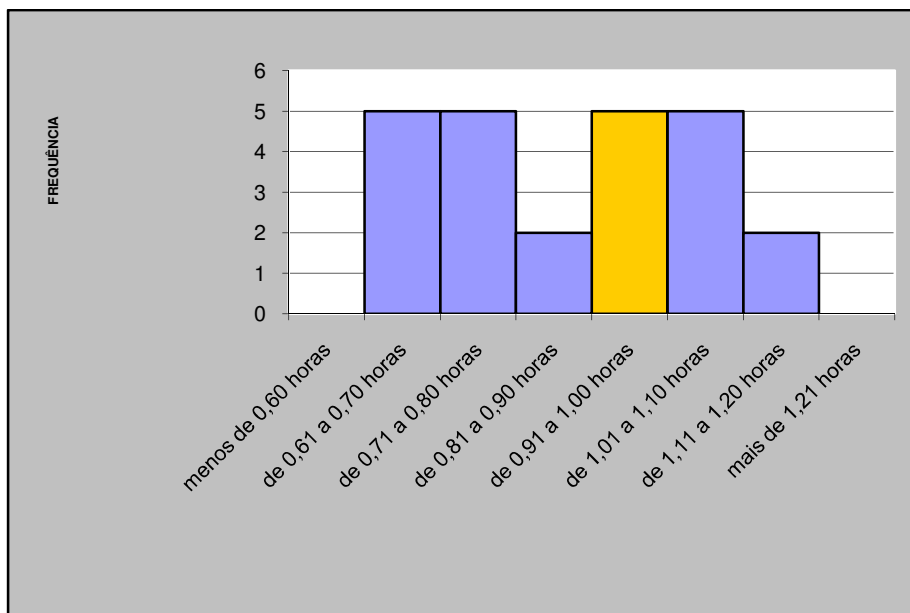


Figura 6.11: Histograma da etapa de Desforma e Cura.

A figura 6.11 mostra em laranja o intervalo que está o valor médio da produtividade calculado nesta pesquisa, sendo 0,93 homem hora/m². As produtividades dos casos 1, 2, 3 e 4 estão acima do valor médio calculado, tendo as maiores frequências nos intervalos de 0,61 a 0,70 horas e 0,71 a 0,80 horas, e a produtividade do caso 5 está abaixo do valor médio calculado, tendo maior frequência no intervalo de 1,01 a 1,10 horas.

O presente trabalho analisou o processo de produção do painel monolítico de solo-cimento mapeando o fluxo de ferramentas, equipamentos, materiais, mão de obra e as informações de cada atividade. Analisou as produtividades e sugeriu melhorias no processo.

A pesquisa não pretendeu esgotar o assunto sobre a tecnologia de construção com o painel monolítico de solo-cimento, mas sim discutir aspectos do processo de produção que podem ser melhorados para estar sempre buscando aumentar a eficiência do processo e tornar a tecnologia competitiva no mercado atual da construção civil.

É importante salientar que os métodos desenvolvidos para conhecer o processo por completo e medir a produtividade das etapas deverão ser enriquecidos em futuras pesquisas com a tecnologia, e que os aspectos de custo não foram abordados em função da pesquisa estar diretamente relacionada ao processo, recomendando que futuras pesquisas abordem o custo/benefício do processo.

Tendo em vista o déficit habitacional do Brasil e as condições sócio-ambientais no setor da construção civil, conclui-se que os benefícios do processo de produção do painel monolítico de solo-cimento são:

- a) Otimizar os recursos naturais;
- b) Gerar menores quantidades de resíduos poluentes;
- c) Melhorar as condições do ambiente construído;
- d) Ser produtivo, eficiente, acessível e durável.

7 – BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

ABCP. Curso de solo-cimento: Normas de dosagem e métodos de ensaios. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1982.

ABCP. Estudo Técnico: Dosagem das Misturas de Solo-Cimento, Normas de Dosagem. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1986.

ABCP. Estudo Técnico: Controle e Fiscalização de Obras de Solo-Cimento. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1986.

ABCP. “Solo cimento na habitação popular”. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1987.

ABIKO, Alex Kenya. “Solo cimento: tijolos, blocos e paredes monolíticas”. São Paulo: PINI: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1983.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. “Análise Granulométrica”. Rio de Janeiro, 1988. (NBR 7181).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. “Determinação do limite de plasticidade”. Rio de Janeiro, 1984. (NBR 7180).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. “Ensaio de compactação”. Rio de Janeiro, 1986. (NBR 7182).

AKASAKI, Jorge Luis. “O tijolo cru como elemento construtivo de baixo impacto ambiental”. Dissertação (mestrado). USP – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 1999.

ARGOLLO FERRÃO, A.M. “Técnicas de construção com solo cimento”. Texto apresentado na disciplina IC-034-A. FEC-Unicamp. Campinas, 2003.

ARGOLLO FERRÃO, A.M.; **FREIRE**, W.J.; **BERALDO**, A.L. “Materiais alternativos, técnicas de construção e ecoeficiência”. In: 1º. Seminário Mercosul – Unicamp, 1999, Campinas, SP. Resumos de Projetos. Campinas, SP: Unicamp, Coordenadoria de Relações Institucionais e Internacionais, 1999. p. 32.

ARGOLLO FERRÃO, A.M.; **HEISE**, A.F. “O processo construtivo de painéis de taipa de solo-cimento na construção de uma residência em Campinas, SP”. In: II Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2001, Canela-RS. Anais. Porto Alegre, RS, ANTAC / NORIE-CPGEC, Escola de Engenharia da UFRGS, 2001, p. 109-110.

ARGOLLO FERRÃO, A.M.; **PINHEIRO**, G.F. “Eco-efficiency: concepts to be applied on rural construction”. In: AGRIBUILDING 2001, Campinas, SP. Anais (em CD). Campinas, SP.: CIGR / SBEA / Unicamp / Embrapa, 2001, p.258-264.

AURÉLIO, Buarque de H.F. “Novo Dicionário da Língua Portuguesa”. Rio de Janeiro. Editora Nova Fronteira S.A., 1986.

BRUNA, Paulo. “Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento”. São Paulo. Coleção debates, 1976.

CARSALADE, Flávio. “O caminho da arquitetura”. São Paulo: revista Projeto, no.89/ Julho, 1986. p.100.

CEPED. “Manual de construção com solo-cimento”. Salvador, 1992.

CETEC. “Balanço energético de edificações típicas”. Minas Gerais: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1982.

CHING, Francis. “Arquitetura: Forma, Espaço e Ordem”. São Paulo. Ed.Martins fontes, 1995.

CORCUERA, Daniela. “Edifícios de escritórios na cidade de São Paulo: o conceito de sustentabilidade nos edifícios inteligentes”. Workshop Arquitetura de terra, 1998, São Paulo. Anais. São Paulo, NUTAU, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo-USP, 1998, p.58.

COSTA, Maria Lívia da S.; **ROSA**, Vera Lúcia do N. “5 S no canteiro”. São Paulo. Ed. O Nome da Rosa Editora Ltda, 1999.

DEMANBORO, A.C. “Uma Metodologia Alternativa para Avaliação Ambiental a Partir dos Conceitos de Totalidade e Ordem Implicada”. Campinas, 2001. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Civil. UNICAMP, 229p.

DETHIER, Jean. “*Dés architectures de terre, une tradition millenaire*”. Editions Centre Pompidou, Paris, France, 1986.

EASTON, David. “Arquitetura de Terra no século XXI, um apelo de massa”. 1994.

EASTON, David. “The Rammed Earth Houses”. White River Junction. Chelsea Green Publishing Company, 1996.

- FATHY**, Hassan. “Construindo com o povo”. Rio de Janeiro. Editora Forense – Universitária, 1982.
- FREIRE**, Wesley Jorge. “Solo cimento”. Disciplina: Solo cimento e Argamassa armada. Unicamp. Campinas, 1999a.
- FREIRE**, Wesley Jorge. “Solo cimento para fins rurais”. Disciplina: Solo cimento e Argamassa armada. Unicamp. Campinas, 1999b.
- FREITAS**, Mauro de Castro. “Em São Simão, um exemplo que pode orientar os sem-casas”. São Paulo. Revista PROJETO, edição 91. p.85-87. 1986.
- HABITERRA**. “Arquiteturas de terra em Iberoamérica”. Santiago, Chile: Programa de Ciência y Tecnologia para el Desarrollo, 1989.
- HERTZ**, John B. “Eco-técnicas em arquitetura”. São Paulo. Ed. Pioneira, 1998.
- HOFFMANN**, Márcio Vieira. “Efeito dos Argilo-minerais do solo na matéria-prima dos sistemas construtivos com solo cal”. Dissertação de mestrado, UFBA. Salvador. 2002.
- HOUBEN**, Hugo; **GUILLAUD**, Hubert. “Earth Construction”. London, Intermediat Technology Publications. 1994.
- JOHN**, Wanderley M. “Construção e desenvolvimento sustentável”. Qualidade na construção / Sinduscon / SP, Ano III, no. 23, p.34-44, 2000.
- JOHN**, Wanderley M. “Panorama da reciclagem na construção civil”. Qualidade na construção. Brasil. Ano III, no. 20, p.26-33, 1999.

LAMBERTS, Roberto. **DUTRA**, Luciano. **PEREIRA**, Fernando. “Eficiência energética na arquitetura”. São Paulo. PW editores, 1997.

LEMOS, Carlos. “O que é arquitetura”. Rio de Janeiro. Ed. Brasiliense, 1994.

LENGEN, Johan. “Manual do Arquiteto Descalço”. Rio de Janeiro: TIBÁ, 1997.

MANIATIDIS, Vasilios; **WALKER**, Peter. “A review of rammed earth constructio for Dti partners in innovation project developing rammed earth for uk housing”. Natural Building Technology Group, Department of Architecture & Civil Engineering, University of Bath. 2003. Disponível na web: <<http://www.bath.ac.uk/csae/rammedearth/review.pdf>>.

MASCARÓ, Lúcia; **PELLI**, Victor Saul; **VIANNA**, Nelson Solano; **KATINSKY**, Julio; **TURNER**, John F.C.; **MASCARÓ**, Juan Luis. “Tecnologia e arquitetura”. São Paulo. Ed. Nobel, 1990.

MINKE, Gernot. “Earth construction handbook. The building material earth in modern architecture”. WIT Press, Southampton, UK. 2000.

MONTORO, Paulo; **EASTON**, David. “Como construir paredes de taipa”. São Paulo: ILAM, 1994.

MOTOYAMA, Shozo. “Tecnologia e Industrialização no Brasil”. São Paulo. Editora UNESP, 1995.

NEVES, Célia Maria Martins. “Inovações tecnológicas em construção com terra na Ibero-América”. Workshop Arquitetura de terra, 1995, São Paulo. Anais. São Paulo, NUTAU, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo-USP, 1995, p.49-60.

OHNO, OHNO, T. (1988). "Toyota Production System: beyond large-scale production". Productivity Press, Cambridge, MA.

PICCHI, Flavio A.; AGOPYAN, Vahan. "Sistemas da Qualidade na Construção de Edifícios". Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1993.

PICCHI, Flavio A. "Sistemas de Qualidade: uso em empresas de construção de edifícios". Tese (doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.

PINHEIRO, Gustavo F. "O gerenciamento da construção civil e o desenvolvimento sustentável: um enfoque sobre os profissionais da área de edificações". Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil. Campinas, 2002.

PINTO, Fernando. "Arquitetura de Terra – que futuro?". In: Anais da 7ª. Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra. Silves: DGEMN, 1993. p.612-617.

ROSSO, Teodoro. "Racionalização da construção". São Paulo: FAU-USP, 1990.

SALMAR, Eduardo; HEISE, André F.; HOFFMANN, Márcio V; PARIZZOTO, Sérgio. "Como construir com terra". Edição MST. São Paulo, 1999.

SALMAR, Eduardo. "O solo-cimento no campo e na cidade". São Paulo. Ed. Ícone, 1987.

SANTIAGO, Cybele Celestino. "O Solo como material de construção". Salvador: EDUFBA, 1996.

SANTOS, Milton. “Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico-informacional”. São Paulo: Hucitec, 1994.

SCHIMIDT, Carlos Borges. “Construções de taipa”. 1988.

SEGRE, Roberto. “Arquitetura e urbanismo da revolução cubana”. São Paulo. Ed. Nobel, 1987.

SOUZA, Ubiraci E. Lemos. “Projeto e Implantação do Canteiro”. São Paulo. Ed. O Nome da Rosa Editora Ltda, 2000.

UNCHS, Energy for Building (Nairobi, United Nations Centre for Human Settlements (Habitat), 1991) (HS/250/91E).

VARGAS, Milton. “Curso de solo cimento: identificação e classificação dos solos”. São Paulo, ABCP, 1981.

VASCONCELOS, Silvio de. “Arquiteturas no Brasil: Sistemas construtivos”. Belo Horizonte: Rona, 1979, il.

VIEIRA, Sônia. “Estatística para a Qualidade – como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços”. Rio de Janeiro, RJ. Editora Campus Ltda, 1999.

VIEIRA, Sônia. “Princípios de Estatística”. São Paulo, SP. Pioneira, 1999.

8 – ANEXO I

Tabela A.1: Anotações sobre a preparação da mistura, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 1;

OBRA: Residência Piracicaba				
LOCAL: Piracicaba				
DATA:				1999
Atividade	Volume (m3)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
preparação da mistura	0,352	56	2	112
preparação da mistura	0,352	55	2	110
preparação da mistura	0,352	55	2	110
preparação da mistura	0,352	52	2	104
SOMATÓRIA	1,408			436

Tabela A.2: Anotações sobre a preparação da mistura, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 2;

OBRA: Residência Tere				
LOCAL: Piracicaba				
DATA:				2001
Atividade	Volume (m3)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
preparação da mistura	0,352	47	2	94
preparação da mistura	0,352	50	2	100
preparação da mistura	0,352	55	2	110
preparação da mistura	0,352	56	2	112
SOMATÓRIA	1,408			416

Tabela A.3: Anotações sobre a preparação da mistura, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 3;

OBRA: Residência				
LOCAL: Distrito de Souzas, Campinas				
DATA:				2003
Atividade	Volume (m3)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
preparação da mistura	0,32	45	2	90
preparação da mistura	0,32	48	2	96
preparação da mistura	0,32	47	2	94
preparação da mistura	0,32	45	2	90
SOMATÓRIA	1,28			370

Tabela A.4: Anotações sobre a preparação da mistura, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 4;

OBRA: Residência				
LOCAL: Distrito de Souzas, Campinas				
DATA:				2003
Atividade	Volume (m3)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
preparação da mistura	0,32	44	2	88
preparação da mistura	0,32	45	2	90
preparação da mistura	0,32	45	2	90
preparação da mistura	0,32	47	2	94
SOMATÓRIA	1,28			362

Tabela A.5: Anotações sobre a preparação da mistura, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 5;

OBRA: Do Barro ao Barro - SESC Pompéia				
LOCAL: São Paulo				
DATA:				2003
Atividade	Volume (m3)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
preparação da mistura	1,76	150	3	450
preparação da mistura	1,76	140	3	420
preparação da mistura	1,76	122	3	366
preparação da mistura	1,76	120	3	360
preparação da mistura	1,76	131	3	393
preparação da mistura	1,76	136	3	408
preparação da mistura	1,76	141	3	423
preparação da mistura	1,76	132	3	396
SOMATÓRIA	14,08			3216

Tabela A.6: Anotações sobre a preparação e montagem da forma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 1;

OBRA: Residência Piracicaba				
LOCAL: Piracicaba				
DATA:				1999
Atividade	Área F (m2)	Tempo F (min)	Operário	Tempo ponderado
prep. e mont. de forma	1,1	22	2	44
prep. e mont. de forma	1,1	19	2	38
prep. e mont. de forma	1,1	20	2	40
prep. e mont. de forma	1,1	19	2	38
SOMATÓRIA	4,4			160

Tabela A.7: Anotações sobre a preparação e montagem da forma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 2;

OBRA: Residência Tere				
LOCAL: Piracicaba				
DATA:				2001
Atividade	Área (m2)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
prep. e mont. de forma	1,1	21	2	42
prep. e mont. de forma	1,1	19	2	38
prep. e mont. de forma	1,1	21	2	42
prep. e mont. de forma	1,1	24	2	48
SOMATÓRIA	4,4			170

Tabela A.8: Anotações sobre a preparação e montagem da forma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 3;

OBRA: Residência				
LOCAL: Distrito de Souza, Campinas				
DATA:				2003
Atividade	Área (m2)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
prep. e mont. de forma	0,99	22	2	44
prep. e mont. de forma	0,99	21	2	42
prep. e mont. de forma	0,99	19	2	38
prep. e mont. de forma	0,99	19	2	38
SOMATÓRIA	3,96			162

Tabela A.9: Anotações sobre a preparação e montagem da forma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 4;

OBRA: Residência				
LOCAL: Distrito de Souza, Campinas				
DATA:				2003
Atividade	Área (m2)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
prep. e mont. de forma	0,99	19	2	38
prep. e mont. de forma	0,99	21	2	42
prep. e mont. de forma	0,99	19	2	38
prep. e mont. de forma	0,99	23	2	46
SOMATÓRIA	3,96			164

Tabela A.10: Anotações sobre a preparação e montagem da forma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 5;

OBRA: Do Barro ao Barro - SESC Pompéia				
LOCAL: São Paulo				
DATA:				2003
Atividade	Área (m2)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
prep. e mont. de forma	2,2	55	4	220
prep. e mont. de forma	2,2	42	4	168
prep. e mont. de forma	2,2	50	4	200
prep. e mont. de forma	2,2	40	4	160
prep. e mont. de forma	2,2	38	4	152
prep. e mont. de forma	2,2	41	4	164
prep. e mont. de forma	2,2	42	4	168
prep. e mont. de forma	2,2	40	4	160
SOMATÓRIA	17,6			1392

Tabela A.11: Anotações sobre a compactação, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 1;

OBRA: Residência Piracicaba				
LOCAL: Piracicaba				
DATA:				1999
Atividade	Volume (m3)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
compactação	0,352	34	2	68
compactação	0,352	31	2	62
compactação	0,352	29	2	58
compactação	0,352	33	2	66
SOMATÓRIA	1,406			254

Tabela A.12: Anotações sobre a compactação, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 2;

OBRA: Residência Tere				
LOCAL: Piracicaba				
DATA:				2001
Atividade	Volume (m3)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
compactação	0,352	35	2	70
compactação	0,352	32	2	64
compactação	0,352	35	2	70
compactação	0,352	30	2	60
SOMATÓRIA	1,408			264

Tabela A.13: Anotações sobre a compactação, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 3;

OBRA: Residência				
LOCAL: Distrito de Souzas, Campinas				
DATA:				2003
Atividade	Volume (m3)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
compactação	0,32	31	2	62
compactação	0,32	29	2	58
compactação	0,32	30	2	60
compactação	0,32	30	2	60
SOMATÓRIA	1,28			240

Tabela A.14: Anotações sobre a compactação, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 4;

OBRA: Residência				
LOCAL: Distrito de Souzas, Campinas				
DATA:				2003
Atividade	Volume (m3)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
compactação	0,32	30	2	60
compactação	0,32	27	2	54
compactação	0,32	31	2	62
compactação	0,32	30	2	60
SOMATÓRIA	1,28			236

Tabela A.15: Anotações sobre a compactação, os volumes, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 5;

OBRA: Do Barro ao Barro - SESC Pompéia				
LOCAL: São Paulo				
DATA:				2003
Atividade	Volume (m3)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
compactação	1,76	80	3	240
compactação	1,76	70	3	210
compactação	1,76	60	3	180
compactação	1,76	65	3	195
compactação	1,76	50	3	150
compactação	1,76	55	3	165
compactação	1,76	57	3	171
compactação	1,76	67	3	201
SOMATÓRIA	14,08			1512

Tabela A.16: Anotações sobre a desforma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 1;

OBRA: Residência Piracicaba				
LOCAL: Piracicaba				
DATA:				1999
Atividade	Área (m2)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
desforma	1,1	23	2	46
desforma	1,1	21	2	42
desforma	1,1	21	2	42
desforma	1,1	24	2	48
SOMATÓRIA	4,4			178

Tabela A.17: Anotações sobre a desforma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 2;

OBRA: Residência Tere				
LOCAL: Piracicaba				
DATA:				2001
Atividade	Área (m2)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
desforma	1,1	28	2	56
desforma	1,1	26	2	52
desforma	1,1	26	2	52
desforma	1,1	25	2	50
SOMATÓRIA	4,4			210

Tabela A.18: Anotações sobre a desforma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 3;

OBRA: Residência				
LOCAL: Distrito de Souzas, Campinas				
DATA:				2003
Atividade	Área (m2)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
desforma	0,99	27	2	54
desforma	0,99	28	2	56
desforma	0,99	27	2	54
desforma	0,99	29	2	58
SOMATÓRIA	3,96			222

Tabela A.19: Anotações sobre a desforma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 4;

OBRA: Residência				
LOCAL: Distrito de Souzas, Campinas				
DATA:				2003
Atividade	Área (m2)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
desforma	0,99	22	2	44
desforma	0,99	20	2	40
desforma	0,99	20	2	40
desforma	0,99	24	2	48
SOMATÓRIA	3,96			172

Tabela A.20: Anotações sobre a desforma, as áreas, o tempo, o número de operários e o tempo ponderado, estudo de caso 5;

OBRA: Do Barro ao Barro - SESC Pompéia				
LOCAL: São Paulo				
DATA:				2003
Atividade	Área (m2)	Tempo (minutos)	Operário	Tempo ponderado
Desforma e cura	2,2	36	4	144
Desforma e cura	2,2	38	4	152
Desforma e cura	2,2	37	4	148
Desforma e cura	2,2	36	4	144
Desforma e cura	2,2	34	4	136
Desforma e cura	2,2	34	4	136
Desforma e cura	2,2	35	4	140
Desforma e cura	2,2	33	4	132
SOMATÓRIA	17,6			1132