

Madalena Osório Leite

A UTILIZAÇÃO DAS CURVAS DE  
APRENDIZAGEM NO  
PLANEJAMENTO DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Santa Catarina  
como requisito parcial para a obtenção  
do grau de Mestre em  
Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Osmar Possamai, Dr.

Florianópolis  
2002

Madalena Osório Leite

A UTILIZAÇÃO DAS CURVAS DE APRENDIZAGEM NO  
PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção** da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 23 de setembro de 2002

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.  
Coordenador do PPGEP

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Osmar Possamai, Dr.  
**Orientador**

---

Prof. Luiz Fernando Mählmann Heineck,  
Ph.D.

---

Prof. Antônio Edésio Jüngles, Dr.

Aos meus pais, irmã e  
marido pela confiança  
depositada no meu  
trabalho.

## **Agradecimentos**

À Universidade Federal de Santa Catarina.

Ao Prof. Osmar Possamai, pela orientação e paciência.

Ao meu marido Regis Rafael pelas opiniões e críticas construtivas ao trabalho.

Às construtoras IRB e Fibra, em especial os diretores Ivana Bezerra e Eugênio Montenegro, pela permissão da coleta de dados na obra de suas empresas.

À empresa M Informática, em especial o gerente Pedro Pereira e a engenheira civil Cristiane Pinheiro, pelas idéias de controle que auxiliaram a pesquisa.

Ao Prof. Luiz Fernando Mählmann Heineck pelo incentivo e colaboração.

A todas as pessoas que auxiliaram para a realização desta pesquisa.

## Resumo

LEITE, Madalena Osório. **A utilização das curvas de aprendizagem no planejamento da construção civil.** 2002. 87f Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

As empresas da indústria da construção civil estão cada vez mais se empenhando para continuar obtendo os mesmos lucros de épocas passadas. Com os índices de inflação estabilizados, os ganhos deixam de ser puramente financeiros e passam a ser consequência de um bom gerenciamento da execução das obras. O trabalho mostra o desenvolvimento de um modelo para a coleta de dados e a determinação das curvas de aprendizagem de seis serviços. Para cada serviço é determinado o índice de produtividade e são analisados os principais motivos das suas alterações durante a execução. Com isso, é fornecida uma ferramenta para a modelagem dos índices de produtividade dos serviços, que são coletados durante toda a sua execução, para diagnosticar suas performances. Assim, procura-se contribuir para tornar mais precisos os planejamentos de obras futuras de uma mesma empresa, considerando os índices de produtividade coletados em obras anteriores aplicados às curvas de aprendizagem dos serviços.

Palavras chave: curvas de aprendizagem, efeito aprendido, produtividade

## Abstract

LEITE, Madalena Osório. **A utilização das curvas de aprendizagem no planejamento da construção civil.** 2002. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

The civil construction industry companies are pawning to obtain the same profits of the past. With the stabilized inflation indexes, the gains stop being purely financial and became consequence of a good management of the execution of the sites. This paper shows the development of a model to collect data and determine the learning curves of six services. For each service, the productivity index is determined and the main reasons of its variations are analyzed during the execution. With that, a tool is supplied to model the productivity indexes of the services, that are collected during all the execution, to diagnoses their performances. Therefore, it is an attempt to contribute to turn more precise the planning of future sites of the same company, taking into consideration the productivity indexes collected in previous sites applied to the services learning curves.

Key-words: learning curves, learning effect, productivity

## Sumário

### Lista de Figuras

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivos do trabalho .....	13
1.2 Justificativa.....	14
1.3 Estrutura do trabalho .....	14
<b>CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>15</b>
2.1 As características intrínsecas das empresas da construção civil.....	15
2.2 A importância do planejamento.....	16
2.3 A necessidade da determinação dos índices de produtividade na construção civil .....	17
2.3.1 O melhor dimensionamento de recursos financeiros .....	18
2.3.2 A maior precisão na determinação de prazos .....	18
2.4 O planejamento e as curvas de aprendizagem .....	19
2.5 Setores de utilização das curvas de aprendizagem.....	19
2.6 Resultados obtidos com a utilização das curvas de aprendizagem .....	20

<b>2.7 A aplicação das curvas de aprendizagem nas empresas da construção civil .....</b>	<b>21</b>
<b>2.8 A importância do conhecimento das curvas de aprendizagem nas empresas de construção civil.....</b>	<b>22</b>
<b>2.9 O significado da curva de aprendizagem .....</b>	<b>23</b>
<b>2.10 Os principais fatores que influenciam a curva de aprendizagem .....</b>	<b>24</b>
<b>2.11 Os tipos de curva de aprendizagem.....</b>	<b>25</b>
2.11.1 Modelo linear .....	26
2.11.2 Modelo Standford B.....	27
2.11.3 Modelo cúbico .....	28
2.11.4 Modelo exponencial .....	29
2.11.5 Modelo segmentado.....	29
<b>2.12 A escolha do modelo para a aplicação na construção civil .....</b>	<b>30</b>
<b>3 MODELO PROPOSTO PARA A DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE APRENDIZAGEM.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1 Apresentação do modelo .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2 Etapa 1 - Determinação de critérios para a escolha dos serviços a serem estudados .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3 Etapa 2 - Determinação do método de execução do serviço .....</b>	<b>33</b>
<b>3.4 Etapa 3 - Critérios de escolha das equipes que serão acompanhadas.....</b>	<b>34</b>
<b>3.5 Etapa 4 - Critérios para a determinação da unidade de execução .....</b>	<b>34</b>



<b>3.6 Etapa 5 - Medição dos tempos de execução do serviço na unidade escolhida .....</b>	<b>35</b>
<b>3.7 Etapa 7 - Confeção dos gráficos a partir dos dados coletados .....</b>	<b>36</b>
<b>4 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 Caracterização da empresa escolhida .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2 Etapa 1 - Escolha dos serviços a serem estudados .....</b>	<b>39</b>
<b>4.3 Etapa 2 - Determinação dos método de execução do serviço .....</b>	<b>40</b>
4.3.1 Cimentado .....	40
4.3.2 Chapisco de teto.....	40
4.3.3 Reboco de teto .....	41
4.3.4 Alvenaria interna.....	41
4.3.5 Chapisco de parede .....	41
4.3.6 Reboco de parede .....	42
<b>4.4 Etapa 3 - Escolha das equipes que serão acompanhadas .....</b>	<b>42</b>
<b>4.5 Etapa 4 - Determinação da unidade de execução .....</b>	<b>42</b>
<b>4.6 Etapa 5 - Medição dos tempos de execução do serviço na unidade escolhida .....</b>	<b>42</b>
<b>4.7 Etapa 6 - Confeção dos gráficos a partir dos dados coletados .....</b>	<b>43</b>
4.7.1 Curvas de aprendizagem do serviço cimentado.....	43
4.7.2 Curvas de aprendizagem do serviço chapisco de teto .....	45

4.7.3	Curvas de aprendizagem do serviço reboco de teto .....	47
4.7.4	Curvas de aprendizagem do serviço alvenaria interna.....	49
4.7.5	Curvas de aprendizagem do serviço chapisco de parede.....	51
4.7.6	Curvas de aprendizagem do serviço reboco de parede .....	53
<b>4.8</b>	<b>Considerações sobre o modelo aplicado .....</b>	<b>55</b>
 <b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES.....</b>		<b>57</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>57</b>
<b>5.2</b>	<b>Sugestões para outros trabalhos .....</b>	<b>59</b>
 <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>61</b>
 <b>APÊNDICE A: Planilha de Acompanhamento de Turmas.....</b>		<b>66</b>
<b>APÊNDICE B: Lista de Turmas .....</b>		<b>72</b>
<b>APÊNDICE C: Planilha Resumo de Produção .....</b>		<b>78</b>
<b>APÊNDICE D: Fotos da obra estudada .....</b>		<b>84</b>
<b>APÊNDICE E: Plantas da obra estudada .....</b>		<b>86</b>
<b>APÊNDICE F: Fotos dos serviços analisados.....</b>		<b>88</b>
<b>APÊNDICE G: Gráficos atualizados .....</b>		<b>91</b>

## Lista de figuras

Figura 2.1: Tipos de Curvas de Aprendizagem – Escala logarítmica.....	26
Figura 3.1: Diagrama do modelo proposto.....	32
Figura 3.2: Exemplo de planilha de acompanhamento de turmas .....	35
Figura 3.3: Exemplo de planilha resumo de produção .....	37
Figura 3.4: Gráfico exemplo da curva de aprendizagem.....	38
Figura 4.1: Curva de aprendizagem do cimentado por dias de execução.....	44
Figura 4.2: Curva de aprendizagem do cimentado por HH/m <sup>2</sup> .....	44
Figura 4.3: Curva de aprendizagem do cimentado por turma .....	45
Figura 4.4: Curva de aprendizagem do chapisco de teto por dias de execução.....	46
Figura 4.5: Curva de aprendizagem do chapisco de teto por HH/m <sup>2</sup> .....	46
Figura 4.6: Curva de aprendizagem do chapisco de teto por turma .....	47
Figura 4.7: Curva de aprendizagem do reboco de teto por dias de execução.....	48
Figura 4.8: Curva de aprendizagem do reboco de teto por HH/m <sup>2</sup> .....	48
Figura 4.9: Curva de aprendizagem do reboco de teto por turma.....	49
Figura 4.10: Curva de aprendizagem de alvenaria interna por dias de execução.....	50

Figura 4.11: Curva de aprendizagem de alvenaria interna por HH/m <sup>2</sup> .....	50
Figura 4.12: Curva de aprendizagem de alvenaria interna por turma.....	51
Figura 4.13: Curva de aprendizagem do chapisco de parede por dias de execução.....	52
Figura 4.14: Curva de aprendizagem do chapisco de parede por HH/m <sup>2</sup> .....	52
Figura 4.15: Curva de aprendizagem do reboco de parede por dias de execução.....	53
Figura 4.16: Curva de aprendizagem do reboco de parede por HH/m <sup>2</sup> .....	54
Figura 4.17: Curva de aprendizagem do reboco de parede por turma.....	55

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

As empresas do ramo da construção civil estão cada vez mais se esforçando para continuar obtendo os mesmos lucros de épocas passadas. Com os índices de inflação controlados, os ganhos deixam de ser puramente financeiros e passam a ser conseqüência de um bom gerenciamento da execução das obras. Além disso, a concorrência entre as construtoras se mostra cada vez mais acirrada. As empresas estão à procura de ferramentas de planejamento que garantam o controle dos custos previstos e o cumprimento dos prazos pré-determinados.

Os índices de produtividade dos serviços em cada empresa têm um valor particular devido às suas características internas. Por isso, não se pode utilizar completamente os valores extraídos de publicações no planejamento de obras. Existe a necessidade de se saber com exatidão os tempos gastos para a execução dos serviços. Mais ainda, não só o valor absoluto dos tempos coletados em um dado período, mas também os valores no decorrer da execução desse serviço.

Nesse ponto, começa-se a utilizar as curvas de aprendizagem. Elas demonstram a evolução, ou seja, a diminuição do tempo gasto para a execução do mesmo serviço. Isso acontece em decorrência do sucessivo aperfeiçoamento na execução do trabalho e da familiarização da equipe no ambiente de operação, isto é, o efeito aprendido.

A utilização da curva de aprendizagem permite que haja um melhor dimensionamento de recursos financeiros e uma maior precisão na determinação dos prazos de execução dos empreendimentos. A determinação dos preços dos serviços fica precisa, sabendo-se quanto a produtividade desse serviço irá aumentar. A comparação dos valores absolutos de produtividade entre obras similares ou a simples determinação de parâmetros de aumento de produtividade não são suficientes no auxílio de planejamentos coerentes. Assim, a possibilidade de se determinar uma sistemática de cálculo do aumento da produtividade dos serviços possibilitará um planejamento real da execução dos mesmos.

### **1.1 Objetivos do trabalho**

O objetivo geral é desenvolver um modelo para a coleta de dados e determinar as curvas de aprendizagem.

Como objetivos específicos tem-se:

- A determinação das curvas de aprendizagem de serviços como cimentado, chapisco de teto, reboco de teto, alvenaria interna, chapisco de parede e reboco de parede;
- A determinação dos índices de produtividade dos mesmos serviços;
- A análise dos principais motivos das mudanças nos índices de produtividade ao longo da execução dos serviços.

## **1.2 Justificativa**

Procura-se tornar mais preciso o planejamento de algumas das etapas da construção de edificações, provendo uma melhor condição para a determinação de prazos e uma economia de custos, levando em consideração o efeito aprendido, atualmente desprezado pelas técnicas de planejamento.

## **1.3 Estrutura do trabalho**

No Capítulo 2 são abordadas as características das empresas da construção civil e os problemas decorrentes da falta de precisão no planejamento. O melhor dimensionamento de recursos financeiros e a maior precisão na determinação de prazos nos empreendimentos são apontados como consequência da determinação dos índices de produtividade. A aplicação e a importância das curvas de aprendizagem nas empresas de construção civil encerram o capítulo.

No Capítulo 3 é apresentado o modelo de coleta de dados para a confecção dos gráficos das curvas de aprendizagem com todas as suas etapas de execução.

No Capítulo 4 são apresentados os resultados das aplicações práticas na empresa. São descritos de forma sucinta os procedimentos de execução dos serviços analisados. São mostradas as curvas de aprendizagem dos serviços e analisadas as particularidades nas oscilações dos índices de produtividade.

No Capítulo 5 são registradas as conclusões sobre o presente trabalho e as sugestões para futuras pesquisas neste campo do conhecimento.

## **CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Este capítulo aborda as características das empresas da construção civil, os problemas decorrentes da falta de precisão no planejamento e a importância de um bom planejamento. A seguir são mostradas as aplicações e a importância das curvas de aprendizagem nas empresas de construção civil. São demonstrados sucintamente os cinco tipos de curvas de aprendizagem conhecidos. A decisão sobre o tipo de curva a ser utilizado neste trabalho encerra o capítulo.

### **2.1 As características intrínsecas das empresas da construção civil**

Grandes marcos da construção civil foram erguidos ao longo da história da humanidade, cada um em sua época e, certamente, com exigências de precisão e velocidade no processo de tomada de decisão bem distintos dos atuais. Há pouco mais de um século a maioria das atividades produtivas era artesanal. O planejamento, a execução e o controle dos empreendimentos eram informais e realizados através de encontros periódicos que, quando documentados, eram feitos em forma de rascunhos (COLENCI JÚNIOR et al., 1998).

O sub-setor de edificações é um dos que apresenta maiores índices de atraso gerencial e tecnológico, o que resulta em falta de qualidade de seus produtos. É caracterizado pela utilização de processos construtivos com grandes perdas de material, retrabalhos, baixa produtividade e, ainda, uma reação frente às mudanças (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 1999). Além disso, existe falta de planejamento antes do início dos projetos, o que acarreta a execução sem previsão inicial de custos quanto à utilização da mão de obra.

A crise econômica dos anos 80, a abertura do mercado brasileiro nos anos 90 e o surgimento de clientes exigentes e legalmente amparados, provocou nas construtoras uma procura por tecnologias mais atualizadas, métodos e processos construtivos racionalizados e um gerenciamento eficiente para permitir a redução dos desperdícios, da ociosidade de mão de obra e equipamentos, com isso, baixando os prazos e os custos e melhorando a qualidade. Em resumo, a construção se tornou mais eficiente (ZANFELICE, 1996).

Torna-se evidente a necessidade da redução dos custos das empresas sob pena de não continuarem no mercado. Inevitavelmente, a tentativa de redução de custos conduz a uma preocupação com a produtividade, de modo a assegurar que os

recursos disponíveis sejam usados com o máximo de eficiência. Para tanto, os processos de construção devem ser executados de acordo com o previsto pelo planejamento e controlados em conformidade com os prazos e com a qualidade estabelecida (MARCHIORI, 1998).

## **2.2 A importância do planejamento**

O planejamento é considerado um processo que resulta num conjunto de ações necessárias para transformar o estágio inicial de um empreendimento em um desejado estágio final. Estas ações fixam padrões de desempenho contra o qual o progresso do empreendimento é mensurado e analisado durante o controle da fase de construção (SYAL et al. apud MENDES JÚNIOR, 1999).

Segundo Vargas et al. (1996), o planejamento da programação de obras de engenharia implica, inicialmente, numa previsão das atividades a serem realizadas, da ordem com que elas serão arranjadas, dos recursos necessários, dos custos estimados, dos prazos e de outros elementos importantes para a execução e para o acompanhamento da obra.

O aumento da complexidade dos projetos, a diminuição das margens de lucros e a adoção de novas técnicas de construção não permitem mais o erro nos planejamentos dos empreendimentos. As empresas estão a procura de ferramentas de planejamento que garantam o controle dos custos previstos e o cumprimento de prazos pré-determinados.

Segundo Santos e Moccellini (1999), o planejamento é um instrumento de apoio à decisão que permite soluções sempre mais eficientes. Como orientador da produção, o planejamento define a programação e a controla. O planejamento na construção civil tem um caráter dinâmico, trabalhando com informações e diretrizes e definindo políticas e estratégias. Associa-se o planejamento adequado à boa qualidade, produtividade e racionalização dos processos.

Além disso, a manutenção de uma imagem sólida perante a sociedade consumidora é importante para a sobrevivência das empresas construtoras. Os usuários estão cada vez mais exigentes e conscientes de seu papel, coletiva e individualmente, de influenciar a indústria da construção. Eles fornecem incentivo ou desmotivação para a inovação, eficiência e qualidade na construção. As pessoas, hoje em dia, levam muito em consideração a organização da empresa na hora de



escolher onde comprar. Um planejamento bem feito e transparente funciona como um marketing eficiente para a empresa.

### **2.3 A necessidade da determinação dos índices de produtividade na construção civil**

A medição de indicadores constitui elemento imprescindível ao gerenciamento de obras. No caso específico deste trabalho, as medições de índices de produtividade e as análises dos seus crescimentos, demonstrados nas curvas de aprendizagem, servirão de instrumento de controle da produção, de elemento para avaliação de melhorias e de parâmetro para o planejamento de futuras obras.

Segundo Lordsleem Júnior e Souza (1999), a partir de indicadores de produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria de vedação, é possível realizar uma previsão do consumo da mão de obra, uma determinação da duração do serviço e uma análise de desempenho do pessoal envolvido com essa tarefa.

A produtividade, aliada à qualidade, torna-se fundamental para a sobrevivência das construtoras, exigindo do setor busca pelos melhores índices de desempenho, racionalizando e otimizando o uso de recursos físicos, financeiros e humanos. Neste sentido, a quantificação da produtividade, passo inicial de qualquer processo de gestão da produtividade, se apresenta como uma ferramenta imprescindível para a melhoria do processo, auxiliando as decisões gerenciais e facilitando a detecção de gargalos (MARUOKA e SOUZA, 1999).

Segundo Póvoas (1999), o estudo da produtividade oferece condições para melhorar a execução dos serviços, seja na racionalização do uso da mão de obra, dos materiais e dos equipamentos, como na organização do canteiro e na estrutura organizacional adotada. A influência da produtividade nos custos e prazos de uma obra é fator determinante na competitividade de uma empresa.

O setor de construção de edifícios se depara frequentemente com um mau indicador de desempenho: os resultados obtidos não atendem o que é esperado. Este fato se dá tanto na execução de etapas de uma obra, individualmente, como no resultado global da mesma. As conseqüências disso se apresentam de diversas formas, como o aumento dos custos de execução, o não cumprimento das especificações, o não cumprimento de prazos e a perda de competitividade da empresa (LEÃO, 1997).

### 2.3.1 O melhor dimensionamento de recursos financeiros

De acordo com o relatório da ONU (1965), na maioria dos casos, o aumento da produtividade dos trabalhos, decorrente das repetições das operações de um edifício, é acompanhado por uma redução dos custos operacionais.

Segundo Silva apud Maruoka e Souza (1999), a produtividade está ligada intrinsecamente ao lucro. A empresa com alto índice de produtividade terá custos de produção mais baixos que seus concorrentes ou irá trabalhar com maiores margens de lucro.

Os efeitos econômicos da repetição das operações na construção resultam em dois importantes fatores: diminuição dos custos operacionais, devido a uma eficiente organização e execução dos trabalhos, melhorando a produtividade e aperfeiçoando os equipamentos e economia do custo indireto, devido à redução de tempo de construção, alcançada pelo aumento da produtividade dos operários (ONU, 1965).

Fica mais fácil, então, determinar os preços de serviços em uma construção, sabendo-se o quanto a produtividade desse serviço irá aumentar com o passar do tempo, de acordo com a análise da sua curva de aprendizagem. O que acontece, geralmente, é que alguns serviços têm os seus preços ditados altos demais devido a uma baixa produtividade inicial, que foi a base para a determinação do valor a ser pago pelo serviço aos funcionários. Com o passar do tempo, o efeito aprendido torna esses serviços caros. Na construção civil, não se costuma baixar os preços já acertados previamente com os funcionários (pedreiros, carpinteiros, ferreiros e serventes). Ao final da atividade, os operários estarão ganhando bem além do valor médio estipulado para eles.

### 2.3.2 A maior precisão na determinação de prazos

Para a determinação dos prazos de execução dos serviços muitas vezes são utilizados valores de produtividade que não correspondem à realidade. Às vezes, se usa um valor de produtividade do serviço observado no final de sua execução em outros empreendimentos da empresa, acarretando assim uma falsa idéia de prazo. Quando isso acontece, o serviço é executado fora do cronograma previsto, ou então, a produtividade utilizada é superestimada, tendo sido coletada no início da atividade em alguma outra obra da mesma empresa, tornando assim o prazo previsto para a execução da tarefa longo.

## **2.4 O planejamento e as curvas de aprendizagem**

Quaisquer que sejam as técnicas utilizadas pelas construtoras para executarem os seus planejamentos, os valores da produtividade dos serviços têm de ser conhecidos para a obtenção dos prazos das atividades e dos tamanhos das equipes que irão executar essas tarefas. O que ocorre, na maioria dos casos, é a falta de informação desses índices, acarretando previsões de prazos e de custos equivocadas. O período de execução de uma atividade é, geralmente, determinado de acordo com a experiência de quem está executando o planejamento. Algumas empresas consideram, para seus planejamentos, índices de produtividade divulgados em publicações nacionais, por exemplo a PINI, para suas obras, que têm características particulares. Em alguns outros casos, os índices de produtividade são coletados de outros empreendimentos da empresa, em uma data qualquer, não sendo considerado o nível de aprendizado da equipe observada, ou seja, se a execução do serviço se encontra na sua fase inicial, intermediária ou final.

O que se pretende com esse trabalho é, juntamente com as técnicas de planejamento mais utilizadas hoje em dia, melhorar a determinação das informações que servem de dados de entrada para os planejamentos. Dessa forma, os valores de produtividade, até então considerados absolutos, serão, de agora em diante, tratados como valores que podem crescer de acordo com o efeito aprendizado das equipes executoras dos serviços.

## **2.5 Setores de utilização das curvas de aprendizagem**

As curvas de aprendizagem estão em toda parte onde há a melhoria contínua. Os gerentes e pesquisadores perceberam que os processos estáveis tendem a melhorar ao longo do tempo em lugar de permanecerem os mesmos. Várias são as atividades profissionais que utilizam as curvas de aprendizagem, tais como: medicina, indústria de aeronaves, educação física e construção civil.

Segundo Staffelbach e Schüpfer (2000), no desenvolvimento de treinamento adequado na área de anestesia, há a necessidade de se definir o número de execução de procedimentos necessários para se alcançar uma taxa alta de sucesso futuro. As curvas de aprendizagem podem ser uma ferramenta útil para monitorar o processo de aprendizagem em uma instituição e entre indivíduos. A carga de

treinamento necessária por procedimento durante os programas de residência de anestesia pode ser calculada, assim, por um meio científico.

Segundo a NASA (1999), o conceito da curva de aprendizagem foi apresentado à indústria de aeronaves, quando a T. P. Wright publicou um artigo no Diário da Ciência Aeronáutica em fevereiro de 1936. Foi descrita uma teoria básica para se obter uma estimativa de custo baseada na produção repetitiva da montagem de aviões. Desde então, as curvas de aprendizagem foram aplicadas para todos os tipos de trabalho, das tarefas simples à trabalhos complexos, necessários à fabricação de uma nave espacial.

Segundo Santos (1999), até o final da década de 70 surgiram teorias objetivando explicar o processo de aprendizagem e a retenção de informações, ou seja, a aprendizagem motora foi delimitada como sendo a área de estudo preocupada com a investigação dos mecanismos variáveis responsáveis pela mudança no comportamento motor de um indivíduo (SCHIMIDT apud SANTOS, 1999) ou, de forma mais simples, a área que estuda os fatores que influenciam a aquisição e a manutenção de movimentos habilidosos (MAGILL apud SANTOS, 1999). Um marco importante dentro do processo histórico de desenvolvimento da área da aprendizagem motora foi o trabalho de Thorndike apud Santos (1999) que, preocupado em mensurar os processos que embasam a aprendizagem de habilidades e outros comportamentos, formula a lei do efeito, na qual afirma que as respostas seguidas de recompensa tendem a se repetir, ao passo que as que não o são ou as que são punidas tendem a se extinguir.

## **2.6 Resultados obtidos com a utilização das curvas de aprendizagem**

Segundo Verschuren apud Marchiori (1998), nas últimas décadas o desenvolvimento dos métodos de produção ocorreu nas indústrias de manufatura, baseado nas séries idênticas de produtos. Isso torna possível produzir grandes quantidades com boa qualidade e custo baixo.

A construção civil apresenta ganhos com o efeito aprendido mais brandos que os da indústria da manufatura, da ordem de reduções de 10% no consumo médio de mão de obra ao dobrar-se o lote de produção (PANZETER apud MARCHIORI, 1998).

## **2.7 A aplicação das curvas de aprendizagem nas empresas da construção civil**

Segundo Gates e Scarpa (1972), a aplicação mais óbvia das curvas de aprendizagem é a relacionada a problemas de alocação de mão de obra. Alguns exemplos específicos para a construção civil: estabelecer previamente preços para projetos residenciais, onde o lucro dependerá do custo da construção; estimar o aumento da produtividade para obter um preço competitivo; negociar contratos com empreiteiros e planejar o suporte logístico prevendo um aumento da produtividade.

Haneiko e Henry apud Souza (1996), analisando dados de produtividade relativos a uma grande construção industrial, concluíram que o efeito aprendido esteve presente em atividades de longa duração e que consumiram mão de obra significativamente.

Segundo Heineck apud Marchiori (1998), se o trabalho for apresentado em grandes quantidades, de forma repetitiva e livre de interrupções, acompanhado do desenvolvimento de máquinas, ferramentas e de algum sistema de retribuição do esforço do trabalhador, a produtividade na atividade de alvenaria pode chegar a ter ganhos da ordem de 50% com os efeitos aprendido, continuidade e concentração.

O conhecimento aprimorado dos índices de produtividade da mão de obra, bem como o entendimento das razões que os fazem crescer ou diminuir, constituem ferramentas importantes para o planejamento das obras de construção civil. Esta preocupação está presente em todas as categorias de serviços da construção em geral.

Em um estudo de Thomas et al. (1986), para analisar quais dos modelos de curvas de aprendizagem melhor se adequavam aos serviços de construção civil, foram analisadas as produtividades de sessenta e cinco serviços nas áreas de fabricação e montagem de pré-moldados para pontes e execução de habitações residenciais.

Farghal e Everett (1997) mostram dados históricos de sessenta atividades relacionadas com construção coletadas de algumas fontes ("EFFECT", 1965; EVERETT e SLOCUM, 1993; MCCLURE et al., 1980 e OGLESBY et al., 1989). Os serviços relacionados fazem parte das mais variadas atividades, tais como construções residenciais, operações com guindaste, fabricação de pré-moldados de concreto, construções de pontes e escavações de túneis.

## **2.8 A importância do conhecimento das curvas de aprendizagem nas empresas da construção civil**

Muitos fatores afetam a maneira como a produtividade é interpretada e definida. Pessoas em áreas tais como contabilidade, economia, engenharia e psicologia industrial interpretam a produtividade de maneiras diferentes. O objetivo comum de ser competitivo e de manter lucros requer monitoramento constante de esforços humanos e organizacionais. Em outras palavras, sucesso requer medição da produtividade (SMITH, 1993).

De acordo com Lutz (1994), o desenvolvimento do aprendizado é a melhor realização do desempenho da produção durante os ciclos subsequentes, devido ao aumento do conhecimento sobre a tarefa que será executada e ao aumento da familiaridade com o local de trabalho. O impacto do desenvolvimento da aprendizagem é percebido quando se modelam os processos em construções repetitivas. Modelando-se este fenômeno, se obtém tempos e estimativas de custos mais realistas, que podem ocasionar uma disputa mais competitiva.

Cheetam apud Marchiori (1998) apresenta um caso de alocação de mão de obra onde o gerente da obra se utiliza do efeito aprendizado, representado na curva de aprendizagem, para reduzir o número de homens na equipe quanto mais a obra se aproxima do final.

Segundo Farghal e Everett (1997), juntamente com outras técnicas de controle de custos e tempo, a curva de aprendizagem pode ser uma ferramenta útil predizendo o desempenho futuro de atividades repetitivas onde o efeito aprendizado está presente.

Segundo Bios Publications (2000), as empresas normalmente executam ineficientemente uma nova tarefa quando as estão enfrentando pela primeira vez ou quando mudam de um velho procedimento para um modo radicalmente diferente de executá-lo. As melhorias esperadas em velocidade e eficiência provocadas pela experiência acumulada têm sido representadas utilizando-se as curvas de aprendizagem.

## 2.9 O significado da curva de aprendizagem

As curvas de aprendizagem analisam um fenômeno bem conhecido e facilmente observado: seres humanos ficam crescentemente eficientes com a experiência. Por exemplo, a primeira vez em que um pedreiro executa uma alvenaria, ele é, indubitavelmente, ineficiente no seu trabalho. Como ele ganha experiência com o passar do tempo, provavelmente melhora suas paredes, executando-as com as seguintes características: de modo mais rápido, com melhor qualidade, com menor desperdício e com custos reduzidos. O mesmo fenômeno é observado, regularmente, no setor da indústria e de negócios. Na primeira vez em que um produto é fabricado ou um serviço é executado, os custos são altos, o trabalho é ineficiente, a qualidade é baixa e o tempo é desperdiçado. Com a experiência adquirida, há um declínio de custos e a eficiência e a qualidade melhoram.

Lawrence (1996) afirma que, em muitas situações, este padrão de melhoria segue um caminho previsível: em todo dobro de produção, o custo de produção (medido em dinheiro, horas ou em outra unidade) decai para alguma fração do custo anterior. Por exemplo, suponha que um fabricante de eletrônica comece a produção de um novo tipo de osciloscópio. Se a primeira unidade leva 1.000 horas de trabalho para ser fabricada, a segunda leva 900 horas, e a quarta leva 810 horas, então o fabricante está aprendendo a uma taxa de 90%. O dobro de produção da primeira unidade (de uma unidade para duas) teve o seu tempo de produção igual a 90% do tempo inicial ( $900/1000 = 90\%$ ). O dobro de produção da segunda unidade (de duas unidades para quatro) teve seu tempo de produção reduzido de 900 horas para 810 horas em uma taxa de aprendizagem de 90% ( $810/900 = 90\%$ ). Assumindo que a taxa de aprendizagem de 90% continue, o fabricante pode prever que a oitava unidade será produzida com 729 horas ( $0,90 \times 810 = 729$ ) para ser fabricada, a décima sexta unidade 610 horas ( $0,90 \times 729 = 610$ ), a trigésima segunda unidade levará aproximadamente 590 horas ( $0,90 \times 610 = 590$ ) e assim sucessivamente, até o limite máximo permitido.

Segundo Schmidt apud Santos (1999), a aprendizagem motora é um conjunto de processos associados com a prática ou a experiência, conduzindo a mudanças relativamente permanentes na capacidade de se executar uma performance habilidosa. Esse aumento da aprendizagem é representado pela curva de aprendizagem.

## **2.10 Os principais fatores que influenciam as curvas de aprendizagem**

Diversos são os aspectos abordados sobre fatores que afetam a produtividade ou que causam a baixa ou alta produtividade. É necessário detectar quais os fatores que a fazem variar e quantificar tal influência. Muitos desses fatores apresentam dificuldade em termos de controle ou possibilidade de influência. Outros podem ser escolhidos e manipulados pelos encarregados da concepção e execução das obras.

Os fatores que afetam a produtividade podem ser organizados em grupos, tais como mão de obra, aspectos de projeto e conteúdo do trabalho, condições ambientais, práticas gerenciais de controle, métodos de execução e estrutura organizacional do projeto (Thomas et al. apud Oliveira e Oliveira, 1999).

Através do gerenciamento desses fatores, pode-se controlar os índices de produtividade e o seu crescimento com o passar do tempo e demonstrá-los na curva de aprendizagem. Alguns fatores influenciadores desses índices são muito difíceis de ser controlados, porém, o seu conhecimento é importante para se agir previamente. No entanto, boa parte dos fatores que influenciam o aumento da produtividade pode sofrer ações positivas, tais como: treinamento, qualificação e motivação de pessoal, utilização de equipamentos mais adequados, organização dos locais de trabalho, planejamento e controle da produção, fluxo de materiais, fluxo de informações e adoção de práticas gerenciais que visem o aumento da produtividade.

Entre os fatores citados anteriormente, nos trabalhos de caráter repetitivo, surge o efeito aprendizagem, representado graficamente pela curva de aprendizagem, onde, após o operário já ter executado várias vezes uma tarefa, ele adquire maior confiança e agilidade em sua execução. Porém, esse fenômeno só é possível se o trabalho for contínuo e repetitivo, ou seja, não ocorrerem interrupções nos processos e nem alterações do método executivo do serviço analisado, sendo este executado por uma mesma equipe de funcionários.

Segundo Heineck apud Oliveira et al. (1999), a repetição de uma tarefa, o treinamento e a aprendizagem na sua execução, enfim, a experiência, conduzem a um melhor desempenho, ou seja, a um aumento da produtividade. Várias são as razões que explicam o efeito aprendido: familiarização com o trabalho, melhoria da coordenação da equipe e dos equipamentos, melhoria da coordenação do



trabalho, melhor gerenciamento e supervisão no dia a dia, desenvolvimento de melhores métodos de execução, melhores formas de suprimento às tarefas e menores alterações nos trabalhos e redução de retrabalho (THOMAS apud OLIVEIRA et al., 1999).

## **2.11 Os tipos de curva de aprendizagem**

A maioria das pesquisas em aprendizagem tem focado o estudo dos modelos matemáticos. Segundo Farghal e Everett (1997), os mais famosos modelos de curvas de aprendizagem incluem o modelo linear (WHIGTH, 1936), o modelo Stanford B (AN IMPROVED, 1949), o modelo cúbico (CARLSON, 1973), o modelo exponencial (“EFFECT”, 1965) e o modelo segmentado (THOMAS et al., 1986).

Segundo Thomas et al. (1986), pesquisadores informaram que esses modelos de curva de aprendizagem são aplicáveis a um tipo de produto específico ou classe de atividades e que não existe um modelo satisfatório da curva de aprendizagem para todos os produtos ou atividades de grandes indústrias.

Adicionalmente, a teoria das curvas de aprendizagem só pode ser aplicada onde as atividades de trabalho são redundantes, contínuas e essencialmente idênticas. Os tipos de curvas de aprendizagem estão demonstrados na Figura 2.1.

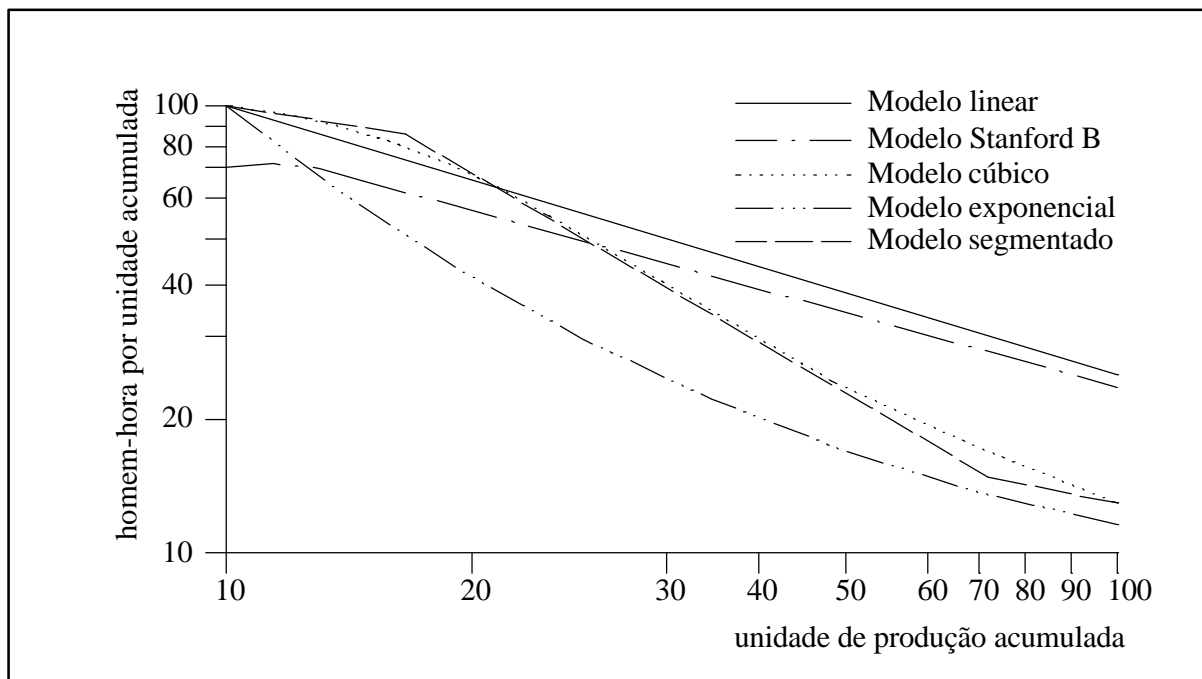


Figura 2.1: Tipos de Curvas de Aprendizagem - Escala logarítmica

FONTE: THOMAS, H. Randolph; MATHEWS, Cody T.; WARD, James G. Learning curve models of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 112, n. 2, p. 245-257, June 1986.

### 2.11.1 Modelo linear

O modelo linear de curva de aprendizagem, segundo Thomas et al. (1986), é o modelo mais usado para a análise das atividades em construção civil. O modelo linear é nomeado assim porque forma uma linha reta quando desenhado em uma escala logarítmica. A suposição do modelo linear é que a taxa de aprendizagem permanece constante ao longo da duração da atividade.

Segundo Farghal e Everett (1997), os dados da curva de aprendizagem são representados tradicionalmente de duas formas: com dados unitários e com dados médios cumulativos. Os representados com dados unitários mostram o tempo ou os custos necessários para completar um determinado ciclo versus o número do ciclo. Os representados por dados médios cumulativos mostram o tempo ou o custo médio necessário para completar todos os ciclos anteriores versus o número do ciclo. Segundo Marchiori (1998), os dados unitários apresentam o desempenho atual de atividades repetitivas exatamente como aconteceu e quando aconteceu. Isto é o dado bruto na sua forma mais simples. Contudo, para muitas atividades de construção pode existir uma alta dispersão desses dados.

A média cumulativa ajuda a diminuir a dispersão dos dados por meio da média de vários ciclos juntos. Uma maior vantagem dos dados médios cumulativos é que eles proporcionam ao gerente o controle do custo e do cronograma físico (FARGHAL e EVERETT apud MARCHIORI, 1998).

Segundo Thomas et al. (1986), a curva de aprendizagem original foi desenvolvida em 1936 pela T. P. WRIGHT. A fórmula do modelo linear é representada na equação (1):

$$Y_x = A X^{-n} \quad (1)$$

Onde  $Y_x$  é o custo, quantidade de homens-hora ou tempo necessário para a  $x$ ésima operação,  $A$  é o custo, quantidade de homens-hora ou tempo necessário para a primeira operação,  $X$  é o número de ordem da operação e  $n$  o parâmetro que caracteriza a curva de aprendizagem.

A equação (1) também pode ser apresentada de forma logarítmica, conforme representada na equação (2):

$$\log Y_x = \log A - n \log X \quad (2)$$

O aumento da produtividade, ganho devido ao efeito aprendizagem, é uma função da taxa de aprendizagem,  $S$ , mostrada na equação (3):

$$S = 2^{-n} \quad (3)$$

### 2.11.2 Modelo Stanford B

O modelo Stanford B assume que o modelo linear é a situação normal dado que os operários não têm nenhuma experiência adquirida. Experiência adquirida é definida como o know how ou a experiência resultante da execução de atividades similares ou da construção de unidades idênticas em um passado recente. O modelo Stanford B é uma modificação do modelo linear para considerar o ganho de experiência. Esta experiência resulta em ganho de produtividade que será cada vez menor durante a fase de aprendizagem. Depois disso, a taxa de aprendizagem diminuirá, resultando numa menor melhoria global da produtividade (THOMAS et al., 1986).

A representação do modelo Stanford B é dada pela equação (5):

$$Y_x = A (X + B)^{-n} \quad (5)$$

Onde  $Y_x$  é o custo, quantidade de homens-hora ou tempo necessário para a  $x$ ésima operação,  $A$  é o custo, quantidade de homens-hora ou tempo necessário

para a primeira operação,  $X$  é o número de ordem da operação e  $n$  o parâmetro que caracteriza a curva de aprendizagem,  $B$  é um fator que descreve a experiência adquirida pela equipe.

Uma equipe sem experiência anterior terá um fator  $B$  igual a zero, enquanto uma equipe experiente pode ter um fator de experiência igual ou maior do que quatro, por exemplo. Segundo Mcneill e Clark apud Thomas (1986), o fator  $B$  é definido como o número equivalente ao preço de unidades de experiência.

### 2.11.3 Modelo cúbico

De acordo com Thomas et al. (1986), o modelo cúbico assume que a taxa de aprendizagem não é uma variável constante, devido a combinação entre a prévia experiência e o nivelamento da produtividade em atividades que se aproximam da sua conclusão.

A representação do modelo cúbico é dada pela equação (6):

$$\log Y = \log A - n_1 (\log X) + C (\log X)^2 + D (\log X)^3 \quad (6)$$

Onde  $Y$  é o custo unitário ou cumulativo ou quantidade homem-hora,  $A$  é o custo para a primeira unidade,  $n$  é o parâmetro logarítmico inicial para a primeira unidade,  $X$  é o número de ordem da operação,  $C$  é o fator quadrático e  $D$  o fator cúbico. Os fatores  $C$  e  $D$  são desconhecidos. Porém, os valores desses fatores podem ser determinados como se segue. Uma segunda incógnita da equação (6) passa a ser determinada. Carlson apud Thomas (1986) definiu este ponto como a quantidade padrão representada por  $X_{sp}$ . O parâmetro logarítmico,  $n_{sp}$ , deve ser conhecido neste momento também. Então, a equação (6) passa a ser expressa em termos da quantidade padrão como apresenta a equação (7):

$$\log Y_{sp} = \log A - n_1 (\log X_{sp}) + C (\log X_{sp})^2 + D (\log X_{sp})^3 \quad (7)$$

Onde  $X_{sp}$  é o ponto da quantidade padrão, um número padrão para unidades produzidas, 100 ou 1000, por exemplo,  $Y_{sp}$  é o custo unitário ou cumulativo no ponto da quantidade padrão, um valor conhecido, e  $n_{sp}$  é o parâmetro logarítmico no ponto da quantidade padrão, também um valor conhecido. O parâmetro logarítmico,  $n_{sp}$ , pode ser expresso como a derivada da equação (7), como é mostrado na equação (8):

$$\frac{dy}{dx_{sp}} = n_{sp} = n_1 + 2C (\log X_{sp}) + 3D (\log X_{sp})^2 \quad (8)$$

Os valores dos fatores C e D podem ser calculados com a resolução do sistemas das equações (7) e (8).

#### 2.11.4 Modelo exponencial

Segundo a ONU (1965), o Instituto de Pesquisa de Construção Norueguês desenvolveu um modelo exponencial para a curva de aprendizagem. Este modelo está baseado na regra que parte do custo, homem-hora ou tempo por unidade, que pode ser diminuído pelo efeito aprendizagem, será reduzido pela metade depois de um número constante de repetições. A fórmula proposta é representada na equação(9):

$$Y_x = Y_{ult} + \frac{A - Y_{ult}}{2^{(X/H)}} \quad (9)$$

Onde  $Y_x$  é o custo, quantidade de homens-hora ou tempo necessário para a xésima operação,  $Y_{ult}$  é o custo, quantidade homem-hora ou tempo da última operação (é o valor extremo da função,  $Y_x$  quando  $X$  tende ao infinito),  $A$  é o custo, quantidade homem-hora ou tempo necessário para a primeira operação,  $X$  é o número de ordem da operação e  $H$  uma constante que é o custo, quantidade homem-hora ou tempo necessário para que a unidade inicial possa ser reduzida pela metade, devido ao efeito aprendido.

#### 2.11.5 Modelo segmentado

O modelo segmentado é a aproximação linear do modelo cúbico. A representação do modelo segmentado é dada pela equação (10):

$$\log Y = \log A - n_1 \log X - n_2 J_1 (\log X - \log x_{p1}) - n_3 J_2 (\log X - \log x_{p2}) \quad (10)$$

$Y$  é a unidade unitária ou cumulativa de custo, homem-hora ou tempo,  $X$  é o número de ordem da operação,  $n_1$  é a inclinação do primeiro segmento da curva,  $J_1$  é igual a 1 quando  $X > X_{p1}$ , caso contrário  $J_1$  é igual a zero,  $n_2$  é a inclinação adicional do segundo segmento da curva (total =  $n_1 + n_2$ ),  $J_2$  é igual a 1 quando  $X > X_{p2}$ , caso contrário  $J_2$  é igual a zero,  $n_3$  é a inclinação adicional do terceiro segmento da curva (total =  $n_1 + n_2 + n_3$ ),  $X_{p1}$  é o primeiro ponto onde a inclinação da curva muda e  $X_{p2}$  o segundo ponto onde a inclinação da curva muda, representando o final da fase da aquisição do aprendido. Esse ponto é chamado de ponto padrão de produção.

## 2.12 A escolha do modelo para a aplicação na construção civil

Segundo Thomas et al. (1986) os principais problemas dos modelos de curvas de aprendizagem são: determinar o melhor modelo, entender os fatores que afetam a taxa de aprendizagem, calcular os parâmetros do modelo da curva de aprendizagem e quantificar o efeito de baixos desempenhos.

Thomas et al. (1986) exemplifica três pesquisas realizadas para determinar o melhor modelo das curvas de aprendizagem. Taxas de produtividade e dados de produção foram coletados de construções residenciais (ONU, 1965); de um prédio de apartamentos de seis pavimentos (THOMAS, 1984) e da pré-fabricação e montagem de uma ponte (MCCLURE, 1980).

Dados de sessenta e cinco atividades foram usados para desenvolver os vários modelos de curva de aprendizagem. O modelo exponencial, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa de Construção Norueguês, era insatisfatório na maioria dos casos. Para os dados cumulativos comuns, o modelo linear foi comparado ao modelo cúbico. O valor de  $r^2$  para o modelo cúbico excedeu o do modelo linear para todos os serviços, exceto em cinco atividades.

O modelo segmentado e o modelo Stanford B foram estudados em 1984, utilizando-se dados da tabela de produtividade de serviços de um edifício de seis pavimentos. Apesar do valor do  $r^2$  do modelo segmentado ter sido satisfatório, igual a 0,961, esse modelo é mais difícil de ser utilizado e não foi calculado para todas as atividades.

O modelo cúbico é o que tem a melhor capacidade de representar variações causadas pelo efeito aprendido inicial e pelo nivelamento da produtividade ao final dos serviços. Mesmo que o modelo cúbico tenha sido mostrado como sendo um bom modelo para a representação da curva de aprendizagem, ele requer a determinação dos fatores C e D de sua equação matemática. Estes dados são fáceis de se calcular uma vez que os dados estão colecionados, mas a questão mais abordada é como calcular estes parâmetros antes que o trabalho tenha começado (THOMAS et al., 1986).

Segundo Farghal e Everett (1997), o modelo linear provê a melhor correlação entre desempenhos atuais e passados para os modelos e atividades testados. Além disso, é o modelo mais usado na maioria dos artigos publicados sobre o assunto. Em uma publicação de Everett e Farghal (1994) mostra-se que em dados de

sessenta serviços selecionados no setor da construção, o modelo linear é o mais fidedigno na previsão de desempenho futuro. Os dois autores ainda lembram que este modelo é a curva de aprendizagem original primeiramente descrita nos anos trinta.

Portanto, neste trabalho será utilizado o modelo linear por ser o mais recomendado para aplicação no setor da construção civil.

## CAPÍTULO 3 - MODELO PROPOSTO PARA A DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE APRENDIZAGEM

### 3.1 Apresentação do modelo

Neste capítulo será apresentado um modelo para a determinação das curvas de aprendizagem de alguns dos serviços de uma empresa selecionada. O diagrama representado na Figura 3.1 mostra as etapas da pesquisa.

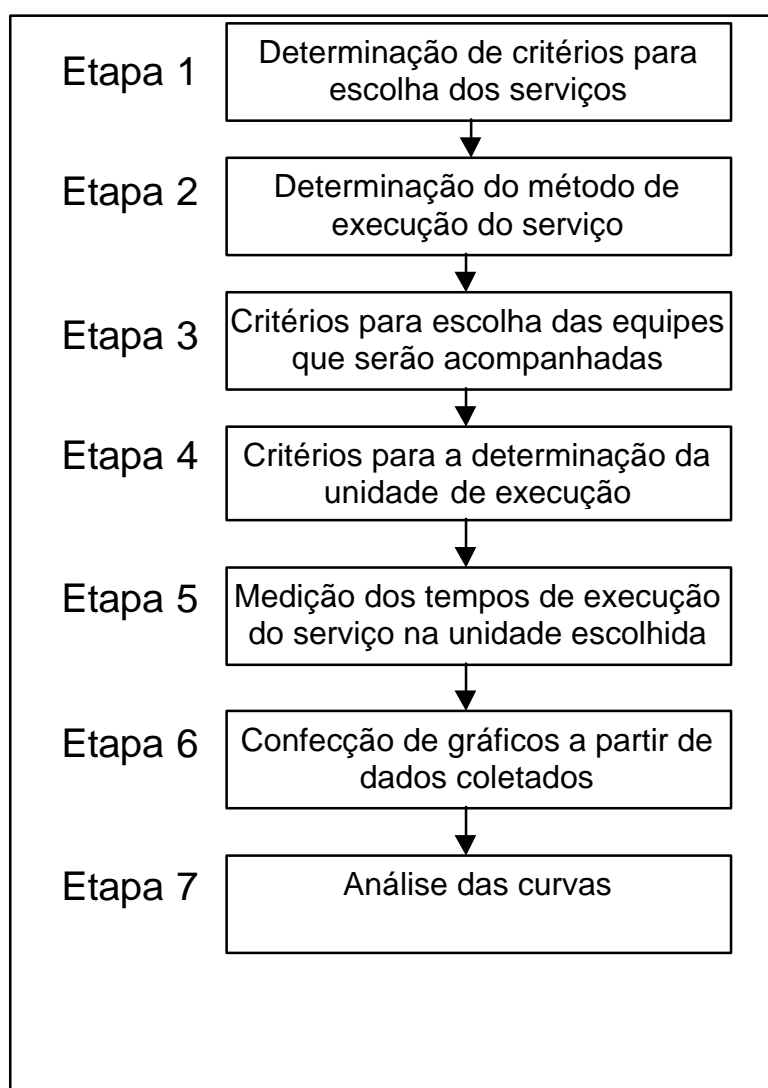


Figura 3.1: Diagrama do modelo proposto



### **3.2 Etapa 1 – Determinação de critérios para a escolha dos serviços a serem estudados**

A determinação da escolha dos serviços deve ser feita levando-se em consideração a importância do serviço na obra como um todo e a sua repetição no decorrer da execução da obra. Este trabalho se aplica a obras repetitivas que propiciem o estudo do aumento e da variação da produtividade ao longo de sua execução.

A decisão correta de quais serviços serão analisados é de fundamental importância para todo o processo. O ganho a partir do crescimento de produtividade pressupõe a repetitividade do serviço na obra, onde a ocorrência do efeito aprendido seja possível. Deve-se também analisar os itens do orçamento da obra para a verificação dos serviços de maior custo.

Serviços que ocorrem em todos os pavimentos e que são conhecidos como tradicionais, como por exemplo alvenaria, reboco, assentamento de cerâmica, devem ser estudados. A quantidade de material e o tempo gasto com mão de obra são significativos na indicação que devam ser estudados. Serviços como colocação de tufos e execução de portadas são rápidos e não tem muita repercussão no custo da obra.

### **3.3 Etapa 2 - Determinação do método de execução do serviço**

O método de execução do serviço é escolhido pela equipe técnica da empresa. São analisadas as atividades pertencentes ao serviço a ser realizado. São discutidos os materiais a serem utilizados com as suas quantidades, ferramentas necessárias, serviços antecedentes e a seqüência das atividades do serviço.

A partir daí tem-se uma homogeneização na execução do serviço por parte dos operários. Isto é necessário para que a medição da produtividade seja um fator apenas decorrente da velocidade da mão de obra e não leve em consideração diferentes formas de execução do serviço, facilidade no recebimento dos materiais ou utilização de ferramentas mais modernas, por exemplo.

Para a determinação do procedimento de execução do serviço, deve-se fazer um acompanhamento de campo para se examinar as primeiras execuções. Então, deve-se fiscalizar os procedimentos e fazer com que todas as equipes executem o serviço

de uma forma padronizada e contínua. Essas observações devem ser feitas no próprio canteiro de obras e com as equipes que realizarão o serviço.

### **3.4 Etapa 3 - Critérios de escolha das equipes que serão acompanhadas**

De acordo com Parker e Oglesby (1972), para trabalharem adequadamente, os operários da construção civil necessitam de alguns fatores como remuneração adequada, segurança no trabalho, entrosamento entre companheiros, reconhecimento por parte da empresa e possibilidade de realização profissional. A escolha do local de trabalho para a coleta de dados deve ser baseada nesses fatores, para que a produtividade não seja influenciada pela insatisfação dos operários.

Para que haja uma boa escolha das turmas, deve-se analisar as principais características dos componentes de cada equipe. As características da vida profissional dos operários como a participação em treinamentos, o grau de escolaridade, o tempo de trabalho no serviço analisado e o tempo de trabalho na empresa devem ser anotadas. Deve-se ter a preocupação de escolher operários com menos possibilidade de demissão ou mudança de turma para garantir equipes ininterruptas.

### **3.5 Etapa 4 - Critérios para a determinação da unidade de execução**

A produtividade do serviço será medida de acordo com a unidade de execução escolhida. Em uma obra de edificações pode-se admitir como unidade os pavimentos, apartamentos, compartimentos ou paredes, por exemplo. A unidade ideal deve ser escolhida de acordo com cada serviço. Deve-se tomar o cuidado para que a quantidade do serviço na sua unidade não seja grande ou pequena demais. A determinação de onde termina uma unidade e onde começa outra é necessária para que não existam intercessões, como por exemplo, na determinação de quem pertence à parede divisória de dois apartamentos, no caso do apartamento ser a unidade. Essas determinações já são praticamente tradicionais e não são de difícil escolha.

No caso de prédio com apartamentos idênticos em todos os pavimentos pode ser usada a unidade de execução pavimento. Para edificações com apartamentos

diferentes em mesmos pavimentos a unidade de execução deve ser a nível de apartamento para ser analisada a quantidade do serviço executada em cada uma dessas unidades.

### 3.6 Etapa 5 - Medição dos tempos de execução do serviço na unidade escolhida

Nessa etapa começa-se a medir, na prática, os tempos de execução dos serviços. O acompanhamento deve ser diário com uma observação ao final do dia de trabalho. Deve-se considerar a quantidade média de horas diárias de trabalho. Caso a turma seja formada por pedreiros e serventes, a quantidade de horas de serventes deverá ser desconsiderada. No caso de serviços executados somente por serventes, a quantidade de horas dos serventes é que será considerada.

Diariamente a planilha de acompanhamento de turmas deve ser preenchida para cada serviço. O modelo da planilha é apresentado na Figura 3.2.

<b>Planilha de Acompanhamento de Turmas</b>						
<b>Obra:</b> (1)						
<b>Serviço:</b> (2)						
<b>Unidade de execução:</b> (3)						
<b>Quantidade do serviço por unidade de execução:</b> (4)						
<b>Ordem da unidade de execução</b>	<b>Código da turma</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Data final</b>	<b>Quantidade total de dias úteis</b>	<b>Quantidade de profissionais na turma</b>	<b>Quantidade de HH (x8,5h)</b>
(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)

Figura 3.2: Exemplo de planilha de acompanhamento de turmas

A planilha de acompanhamento de turmas contém campos para o preenchimento de acordo com as seguintes orientações:

- (1) Nome da obra;
- (2) Identificação do serviço analisado;

- (3) Identificação da unidade de execução do serviço, como por exemplo pavimento;
- (4) Quantidade do serviço por unidade de execução, como por exemplo a quantidade em metros quadrados de cimentado em um pavimento;
- (5) Indicação do número ordinal referente à unidade de execução do serviço, como por exemplo a unidade 2 se refere ao segundo pavimento;
- (6) Código da turma para cada serviço, levando em consideração a lista de turmas;
- (7) Data inicial da execução do serviço na unidade;
- (8) Data final da execução do serviço na unidade;
- (9) Quantidade de dias reais de execução (não devem ser considerados sábados, domingos e feriados);
- (10) Quantidade de profissionais da turma;
- (11) Campo onde a quantidade de dias úteis deve se multiplicada pela quantidade de profissionais e pela quantidade de homem-hora por dia. Foi considerada uma quantidade média de 8,5 horas por dia.

A planilha de acompanhamento de turmas fornecerá os dados para a tabela que gerará as curvas de aprendizagem dos serviços.

### **3.7 Etapa 6 - Confecção dos gráficos a partir dos dados coletados**

Após a obtenção dos dados, com o preenchimento das planilhas para cada serviço analisado, inicia-se a fase de organização dos dados que irão dar origem às curvas de aprendizagem. Para o resumo dos dados obtidos nas observações, deve-se utilizar a planilha resumo de produção representada na Figura 3.3.

Planilha Resumo de Produção				
Obra: (1)				
Turma: (2)				
Serviço: (3)				
Unidade de execução: (4)				
Quantidade do serviço por unidade de execução: (5)				
Ordem da unidade de execução	Código da turma	Quantidade em m <sup>2</sup>	Quantidade total de	
			Dias por unidade	HH/m <sup>2</sup>
(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

Figura 3.3: Exemplo de planilha resumo de produção

A planilha resumo de produção contém campos para o preenchimento de acordo com as seguintes orientações:

- (1) Nome da obra;
- (2) Descrição do tipo de função dos operários da turma, como por exemplo 2 pedreiros e 1 servente;
- (3) Identificação do serviço analisado;
- (4) Identificação da unidade de execução do serviço, como por exemplo pavimento;
- (5) Quantidade do serviço por unidade de execução, como por exemplo a quantidade em metros quadrados de cimentado em um pavimento;
- (6) Indicação do número ordinal referente à unidade de execução do serviço, como por exemplo a unidade 2 se refere ao segundo pavimento;
- (7) Código da turma para cada serviço, levando em consideração a lista de turmas;
- (8) Repetição da quantidade presente no campo 5 desta planilha;
- (9) Quantidade de dias úteis obtida com a aplicação da planilha de acompanhamento de turmas (campo 9);

(10) Quantidade de homem-hora por unidade escolhida. No caso de todos os serviços analisados nesta dissertação, a unidade utilizada é o metro quadrado. Pode-se utilizar outras unidades. Este campo indica a produtividade por unidade de execução.

O gráfico que representa a curva de aprendizagem pode ser apresentado de três formas. Nas três formas de apresentação das curvas de aprendizagem, no eixo das ordenadas (eixo x) é mostrada a unidade de execução. O eixo das abscissas (eixo y), por sua vez, pode ser apresentado por dias por unidade de execução, homem-hora por unidade de execução ou por dias por unidade de execução por turma.

A representação gráfica será baseada nos pontos marcados no eixo cartesiano. Pode-se utilizar uma planilha eletrônica que permita a confecção do gráfico e a linha de tendência de acordo com os pontos.

No gráfico exemplo, mostrado na Figura 3.4, o eixo x (unidades de produção), representado pelas letras de A a J, está relacionado ao preenchimento do campo ordem da unidade de execução da planilha resumo de produção (6) e o eixo y (dias por unidade de execução ou homem-hora por unidade), representado pelos números 0 a 16, está relacionado com o preenchimento do campo quantidade total de dias por unidade ou HH/m<sup>2</sup> (homem-hora por metro quadrado).

Após a representação gráfica dos dados, deve-se adicionar a linha de tendência. No caso da utilização da planilha eletrônica pode-se escolher a modelagem do tipo Potência. Desta maneira a curva de aprendizagem do tipo linear é obtida, como se pode observar na Figura 3.4.

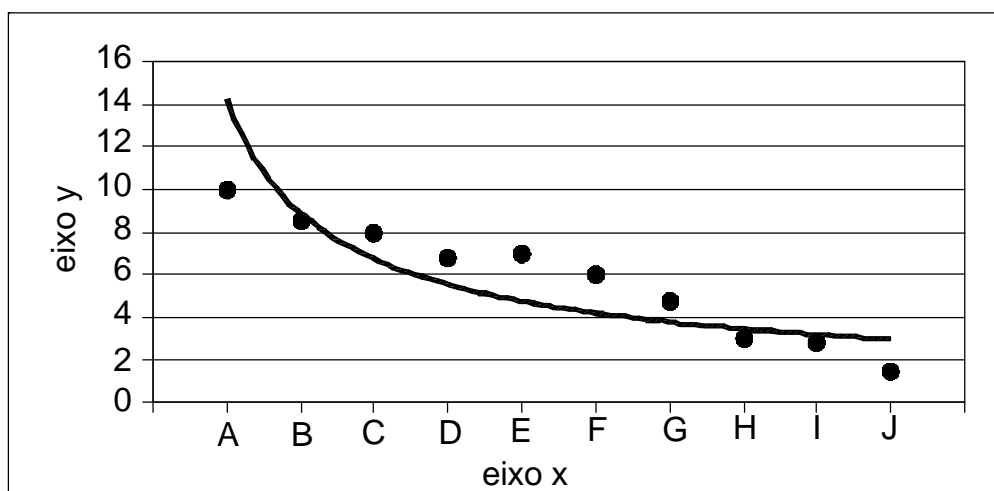


Figura 3.4: Gráfico exemplo da curva de aprendizagem

## **CAPÍTULO 4 - APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO**

Neste capítulo será apresentada a aplicação do modelo proposto para a determinação das curvas de aprendizagem dos serviços em uma obra de uma empresa de construção civil.

### **4.1 Caracterização da empresa escolhida**

A empresa utiliza um sistema de gerenciamento integrado que permite a programação das tarefas diárias das turmas que executam os serviços em seqüências previamente analisadas. Não foi caracterizada em nenhum dos serviços analisados a descontinuidade na execução, o que prejudicaria a análise das curvas de aprendizagem. A distribuição organizada de suprimentos, como por exemplo argamassa e tijolos, garantiram a não paralisação dos serviços durante os estudos. Os equipamentos utilizados pelos operários como nível a laser, adensadores de concreto, andaimes, réguas de alumínio e recipientes plásticos para argamassa facilitam o trabalho dos operários. No Apêndice

A obra onde foram coletados os dados tem algumas características diferentes de outras obras da cidade de Fortaleza. Algumas dessas características facilitaram o bom andamento da pesquisa. A preocupação da empresa com o planejamento das etapas construtivas, com a qualidade na execução dos serviços, com a distribuição racional das turmas de produção, com as boas condições de trabalho dos operários e com a aquisição de insumos de qualidade tornaram o ambiente favorável para a pesquisa.

A obra está localizada na cidade de Fortaleza-CE. O edifício é constituído por vinte e três pavimentos, com cinco apartamentos cada, totalizando cento e quinze unidades. O início da construção foi no mês de novembro de 2000 e o prazo final para a conclusão das obras é no mês de outubro de 2003. Atualmente a obra possui 110 operários e está encerrando os serviços de concretagem da estrutura. Pode-se observar algumas plantas da edificação no Apêndice E.

### **4.2 Etapa 1 - Escolha dos serviços a serem estudados**

Foram escolhidos os serviços considerados de maior repetição na obra e que apresentavam uma duração pelo menos maior do que cinco dias. Todos os serviços tem quantidade iguais de execução em todos os pavimentos tipo.

### **4.3 Etapa 2 - Determinação do método de execução do serviço**

A seguir descreve-se de forma sucinta os processos dos serviços de cimentado, chapisco de teto, reboco de teto, alvenaria interna, chapisco de parede e reboco de parede. No Apêndice F são mostradas fotos dos serviços analisados nesta dissertação.

#### **4.3.1 Cimentado**

O cimentado do piso da laje foi executado de duas maneiras no decorrer da obra. Até o 12º (décimo segundo) pavimento tipo foi executado de forma tradicional e a partir do 13º (décimo terceiro) pavimento tipo em conjunto com a concretagem da laje, quando foi realizada uma experiência para tentar diminuir o consumo de argamassa. Na forma tradicional, o cimentado apresenta uma espessura média de seis centímetros. A argamassa é aplicada no piso e depois nivelada com a régua de alumínio. Ainda com a argamassa do cimentado fresca, a marcação da alvenaria era riscada no piso com o auxílio da colher de pedreiro. A partir da laje do 13º (décimo terceiro) pavimento tipo, o cimentado foi executado concomitantemente com a concretagem da laje. Isso proporcionou a redução da espessura do cimentado de 5 (cinco) centímetros para 3 (três) centímetros em média. Observa-se que nas duas maneiras de execução a laje é cimentada antes da execução da alvenaria interna, tornando a área da laje totalmente livre, sem obstáculos.

#### **4.3.2 Chapisco de teto**

O chapisco de teto é iniciado com a retirada de partes soltas de concreto originadas pelo escorrimento da nata de cimento durante a execução da concretagem. A argamassa do chapisco é projetada com o auxílio da colher de pedreiro. Para a execução do serviço, a laje, que já está com o cimentado pronto, é coberta por uma lona plástica para a garantia da limpeza e a não deterioração do cimentado. Acima da lona são distribuídos cavaletes e plataformas para formar um tablado com a altura ideal para o trabalho do operário. Todos esses preparativos estão incluídos no serviço de chapisco. Esse serviço é realizado por um servente, inclusive a arrumação do tablado. A partir do 8º (oitavo) pavimento houve a necessidade de colocação de tela nos vãos de janelas externas. Tentou-se garantir



que a argamassa projetada para o teto não causasse transtorno ao sujar casas vizinhas e carros estacionados na rua.

#### 4.3.3 Reboco de teto

O reboco de teto é realizado utilizando um tablado semelhante ao do chapisco de teto. Os profissionais da turma arrumam outro tablado, pois o utilizado no serviço do chapisco já está em outro pavimento. A argamassa é projetada para o teto, nivelada com o auxílio da régua de alumínio e alisada com uma esponja molhada. A realização do reboco de teto antes da execução da alvenaria interna proporcionou uma maior área de trabalho para a equipe.

#### 4.3.4 Alvenaria interna

A alvenaria interna é executada com tijolos cerâmicos de dimensão de 20x20x7 centímetros. A argamassa é colocada também na junta vertical e os eletrodutos para a instalação elétrica também já ficam embutidos nos tijolos. As contra-vergas das janelas são confeccionadas diretamente sob as alvenarias. As vergas são pré-fabricadas por outra equipe e levadas ao pavimento para serem colocadas nos locais, de acordo com os seus diferentes tamanhos. São utilizados equipamentos como o escantilhão que auxilia no prumo de portas e cantos da alvenaria. A alvenaria é executada juntamente com o serviço de emestramento utilizando-se tijolos previamente emestrados.

#### 4.3.5 Chapisco de parede

O chapisco de parede é executado com o auxílio de um rolo de pintura para textura. Para isso a argamassa deve ser especialmente dosada. O piso deve ser coberto com lona plástica. Nos locais onde o chapisco é aplicado sobre peças de concreto é utilizado um aditivo. As vantagens dessa forma de aplicação do chapisco são o menor consumo e desperdício de argamassa, o aumento na produtividade e a garantia de menor espessura para permitir que o reboco seja de 01 (um) centímetro.

#### 4.3.6 Reboco de parede

O reboco de parede é executado respeitando o emestramento dos tijolos previamente emestrados. O reboco tem uma espessura média de 01 (um) centímetro. Todas as paredes têm largura de 09 (nove) centímetros. A argamassa é projetada com a colher de pedreiro para a parede. Depois é nivelada com a régua de alumínio, alisada com a desempenadeira de madeira e finalizada com a utilização da esponja molhada.

#### 4.4 Etapa 3 – Escolha das equipes que serão acompanhadas

O processo de seleção para novos funcionários da obra é baseado na indicação feita por pessoas conhecidas. É dada a preferência para profissionais que já trabalharam na empresa em obras anteriores. Com esses critérios fica mais fácil garantir uma maior permanência do operário na empresa.

Procura-se, então, tomar todas as precauções para que o serviço seja executado do início ao fim pela mesma equipe. No apêndice B mostra-se as listas de turmas com os nomes dos operários que compõem as turmas executoras dos serviços analisados.

#### 4.5 Etapa 4 - Determinação da unidade de execução

Para a obra estudada a unidade de execução dos serviços mais adequada é o pavimento. No caso da unidade de execução ser o apartamento, a curva de aprendizagem teria cento e quinze pontos de duração para cada quantidade de serviço executado. Para a maioria dos serviços a unidade pavimento é ideal porque engloba os cinco apartamentos e a circulação. Além disso o edifício possui vinte e três pavimentos o que faz com que a curva de aprendizagem seja construída a partir de 23 pontos quando os serviços chegarem ao final.

#### 4.6 Etapa 5 - Medição dos tempos de execução do serviço na unidade escolhida

Diariamente as medições são feitas no final do expediente da tarde. A planilha acompanhamento de turmas é preenchida a medida que a execução dos serviços nas unidades de execução é finalizada. No apêndice A apresenta-se as planilhas

preenchidas para os serviços escolhidos. São anotadas as datas iniciais e finais da execução e a quantidade de dias úteis. A quantidade média de horas considerada por dia foi de 8,5h (oito horas e meia por dia).

## **4.7 Etapa 6 - Confeção dos gráficos a partir dos dados coletados**

Para o preenchimento das Planilhas de Acompanhamento de Turmas foram necessários nove meses de observação, de outubro de 2001 a junho de 2002. No Apêndice C são apresentadas as planilhas de acompanhamento de turmas do serviços analisados.

### **4.7.1 Curvas de aprendizagem do serviço cimentado**

O cimentado para nivelamento das lajes foi inicialmente executado de uma forma tradicional. Após a retirada das escoras da forma da laje, iniciava-se esse serviço. A argamassa era aplicada na laje com idade aproximada de 42 dias. A marcação das paredes já era executada ao mesmo tempo que o cimentado. Nesta fase de execução a turma era composta por um pedreiro e um servente. Após a decisão de modificação no processo construtivo, a turma passou a ser composta por dois pedreiros e um servente. O cimentado, a partir do 13º (décimo terceiro) pavimento tipo, é executado ao mesmo tempo que a laje. Para isso, alguns procedimentos na concretagem da laje são alterados, como por exemplo a confecção do concreto na obra ao invés da aquisição de concreto pronto. A quantidade de dias para a execução do cimentado passa a ser totalmente dependente do andamento do concreto da laje.

A Figura 4.1 mostra a curva de aprendizagem considerando os dias por unidade de execução do cimentado. Pode-se observar que inicialmente a quantidade de dias oscilava em até três dias. Isso ocorria pela inconstância na espessura do cimentado devido a problemas como o mau nivelamento do concreto na laje. Com a mudança no processo, a quantidade de dias gastos para a execução do cimentado diminuiu e ficou estabilizada em cinco dias. A explicação para isso está na garantia da espessura do cimentado. A concretagem da laje, com o concreto feito na obra, permite um controle com o nível a laser dos níveis de piso.

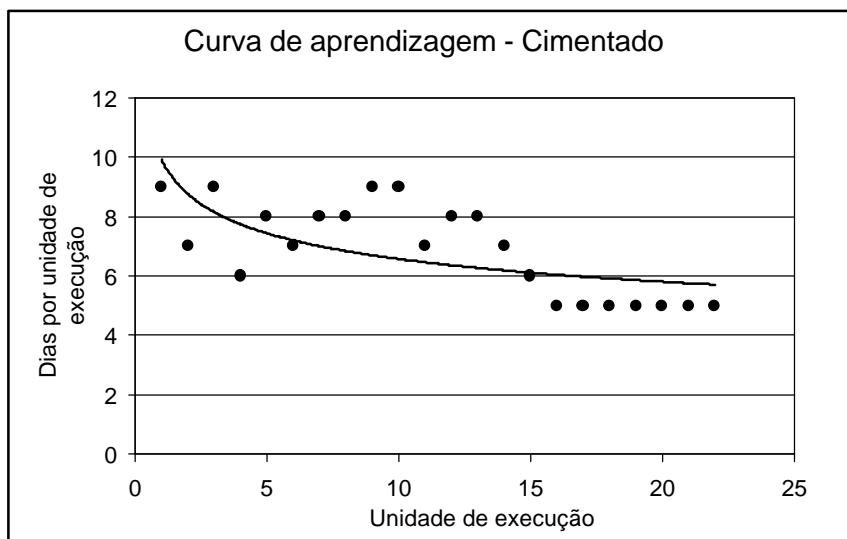


Figura 4.1: Curva de aprendizagem do cimento por dias de execução

Na Figura 4.2 pode-se observar a curva de aprendizagem, considerando a quantidade de homem-hora (HH) gasta por pavimento. A curva cresce devido ao aumento de homens-hora depois da mudança no processo. Nesse caso, constata-se que a curva de aprendizagem por dias, por unidade de execução, não é adequada quando a quantidade de operários da turma é modificada.

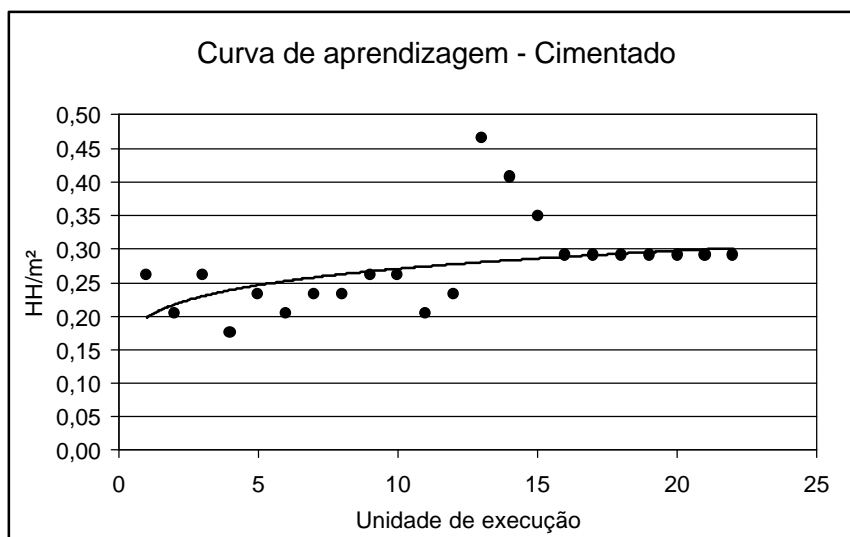


Figura 4.2: Curva de aprendizagem do cimento por HH/m²

Na Figura 4.3 é demonstrada a curva de aprendizagem por dias por unidade de execução agora com as duas turmas, A e B, executoras do serviço nas suas duas fases distintas. Pode-se observar que no caso da turma A, a curva é praticamente uma reta, o que comprova a falta de aprendizagem devido ao método de concretagem da laje. Para cada pavimento, o cimento tem uma espessura

diferente, o que torna atípicos todos os pavimentos. Na turma B o que acontece é o contrário. Apenas nas duas primeiras observações nota-se o efeito aprendizagem com a diminuição de um dia em cada unidade de execução. A partir da terceira execução pelo novo método, a quantidade de cinco dias torna-se constante, demonstrando que a estabilidade no processo de execução do serviço.

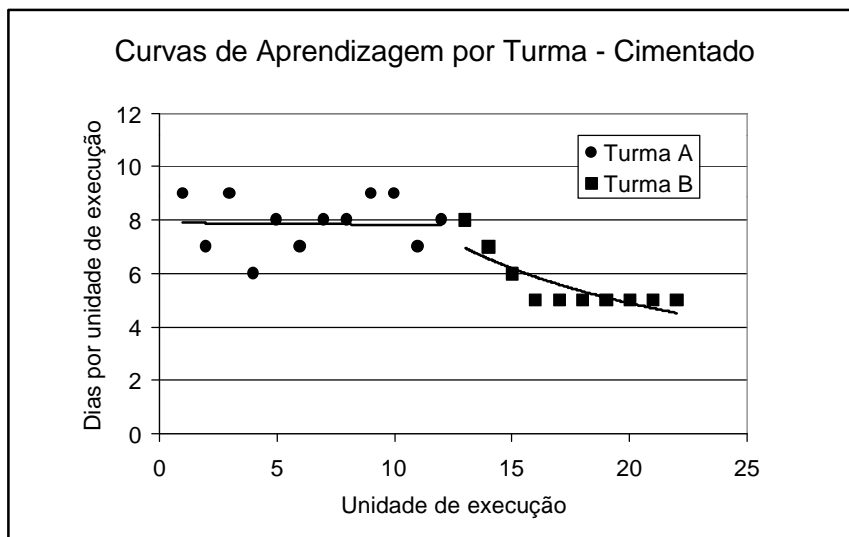


Figura 4.3: Curva de aprendizagem do cimentado por turma

No caso do cimentado executado na forma tradicional, o índice médio de produtividade é de 0,23 HH/m<sup>2</sup> (média aritmética dos índices de produtividade de cada pavimento até o 12º pavimento considerando os profissionais, ou seja, o servente está excluído) e no caso do cimentado executado concomitante a laje, índice médio de produtividade é de 0,33 HH/m<sup>2</sup> (média aritmética dos índices de produtividade de cada pavimento a partir do 13º pavimento considerando os profissionais, ou seja, o servente está excluído).

#### 4.7.2 Curvas de aprendizagem do serviço chapisco de teto

O chapisco de teto, além do serviço propriamente dito, inclui também as tarefas de colocação de lona no piso, armação de andaimes, verificação de partes soltas de concreto e limpeza do pavimento. Nesse serviço, o profissional considerado para a medição de produtividade é o servente, já que é o único componente da turma.

Na Figura 4.4 é demonstrada a curva de aprendizagem por dias de execução. Ela demonstra que ao longo das unidades de execução, ou seja, ao longo dos pavimentos, o tempo para a realização do serviço aumentou. Isso se deve ao fato de que a partir do 8º (oitavo pavimento) foi adicionada a tarefa de colocação de tela nos

vãos de janelas e varandas. Isto foi necessário para evitar a queda de argamassa nos vizinhos e nos carros estacionados nas proximidades.

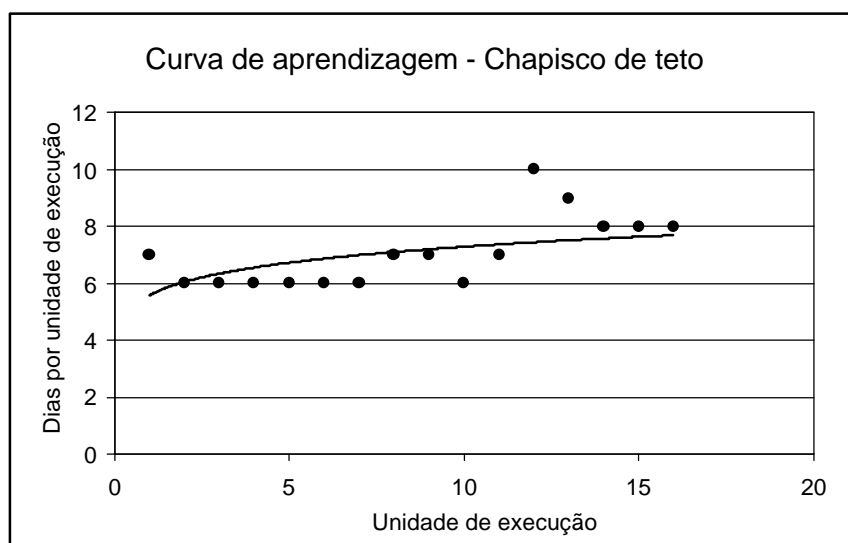


Figura 4.4: Curva de aprendizagem do chapisco de teto por dias de execução

A partir do 12º (décimo segundo) pavimento, o operário que executava o chapisco de teto passou para a turma de chapisco de parede. Pode-se observar na Figura 4.5, que mostra a curva de aprendizagem por HH/m² do chapisco, que a quantidade de HH/m² aumentou de 0,25HH/m² para 0,36HH/m². No decorrer dos pavimentos, porém, o efeito aprendido se apresenta com a diminuição de um dia nos pavimentos 13 (treze) e 14 (quatorze), mantendo a produtividade constante e igual a 0,28HH/m².

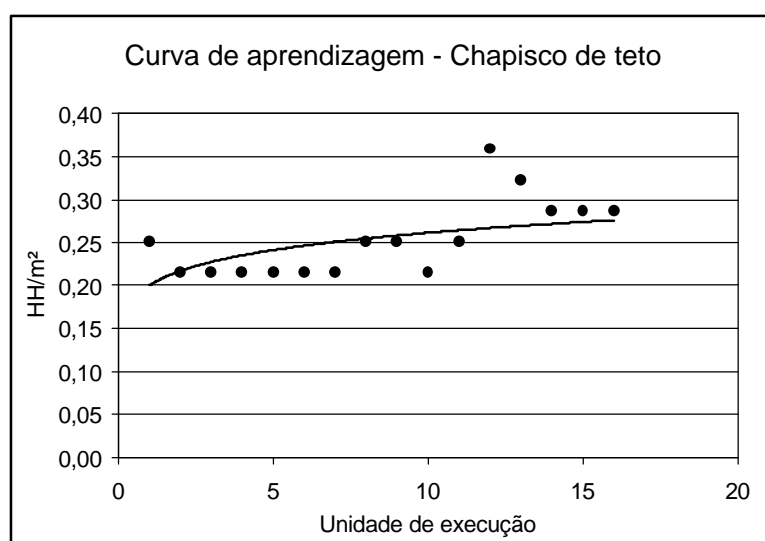


Figura 4.5: Curva de aprendizagem do chapisco de teto por HH/m²

Na Figura 4.6 são apresentadas as curvas de aprendizagem das duas turmas executoras do serviço. Percebe-se que, apesar do mesmo servente pertencente a

turma A ter realizado o serviço, a sua curva de aprendizagem foi crescente, o que mostra que o incremento da colocação de telas nos vãos não gerou uma diminuição na quantidade de execução. A curva de aprendizagem da turma B se apresentou da forma normal, com a quantidade de dias se reduzindo ao longo da execução. Ao iniciar os serviços, o servente da turma B, que nunca tinha realizado o mesmo anteriormente, já teve que colocar a tela.

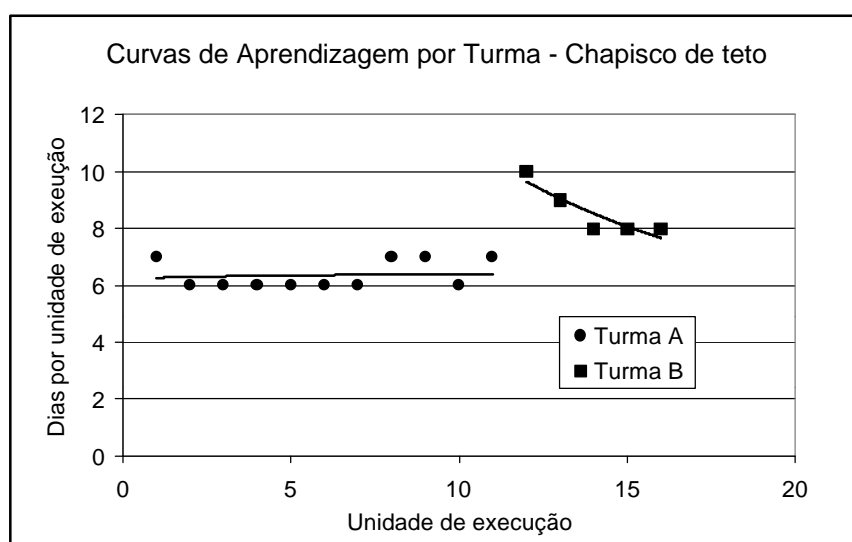


Figura 4.6: Curva de aprendizagem do chapisco de teto por turma

#### 4.7.3 Curvas de aprendizagem do serviço reboco de teto

O serviço reboco de teto é executado em uma fase diferente da usual. Geralmente, o reboco de teto é executado após a alvenaria. No caso da obra estudada, o reboco é executado com a área total do pavimento livre. Para a realização do serviço é necessária a armação de um tablado, que é montado pela própria turma.

A Figura 4.7 mostra a curva de aprendizagem por dias de execução do reboco de teto. Pode-se perceber que a curva não é muito acentuada, o que mostra que a condição inicial de execução do serviço propiciava uma boa produtividade. Durante o decorrer do serviço, nenhuma modificação foi aplicada para proporcionar um aumento ou uma diminuição na quantidade de dias.

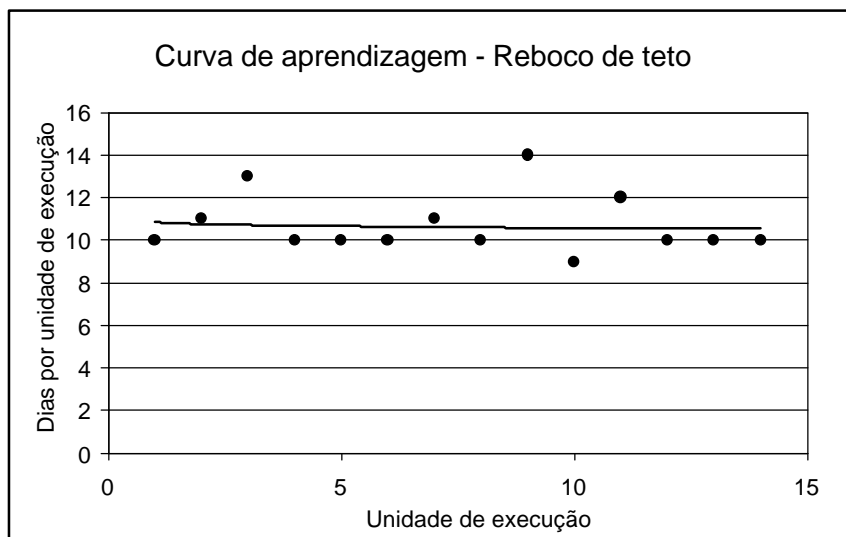


Figura 4.7: Curva de aprendizagem do reboco de teto por dias de execução

Na Figura 4.8 mostra-se a curva de aprendizagem por HH/m<sup>2</sup> do reboco de teto. Pode-se constatar que é de 0,68 HH/m<sup>2</sup>.

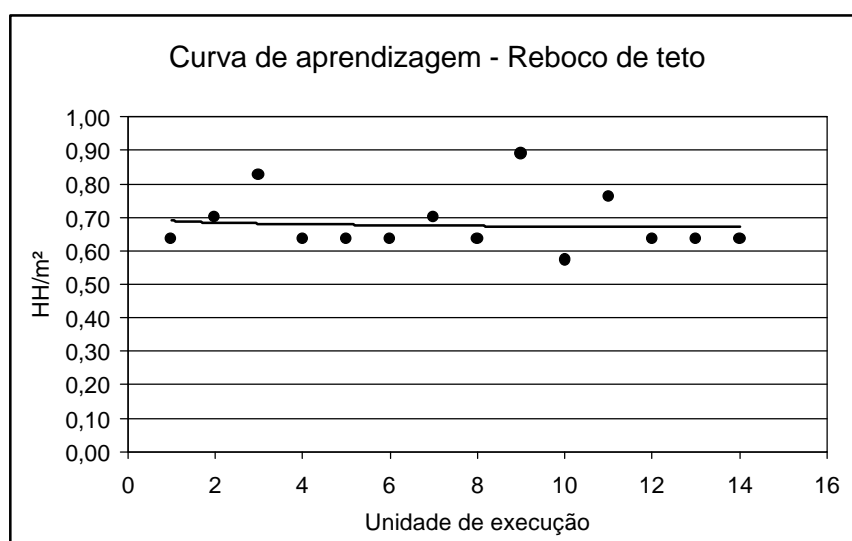


Figura 4.8: Curva de aprendizagem do reboco de teto por HH/m<sup>2</sup>

A turma A mantém uma oscilação de apenas um dia em relação a média de dez dias. Isso não ocorre apenas no terceiro pavimento, onde a laje, por problemas estruturais, apresentou uma deformação maior que o padrão. Isso fez com que a espessura do reboco fosse maior, aumentando, conseqüentemente, a quantidade de argamassa projetada para o teto, necessitando de 13 (treze) dias para a sua execução. Durante os oito pavimentos iniciais, o reboco de teto foi executado apenas por uma turma. A partir do 9º (nono) pavimento, a turma B inicia os serviços,



sendo necessários quatorze dias para a sua execução. Pode-se observar, porém, que a redução na execução do segundo pavimento da turma é de dois dias, o que é mostrado na Figura 4.9.

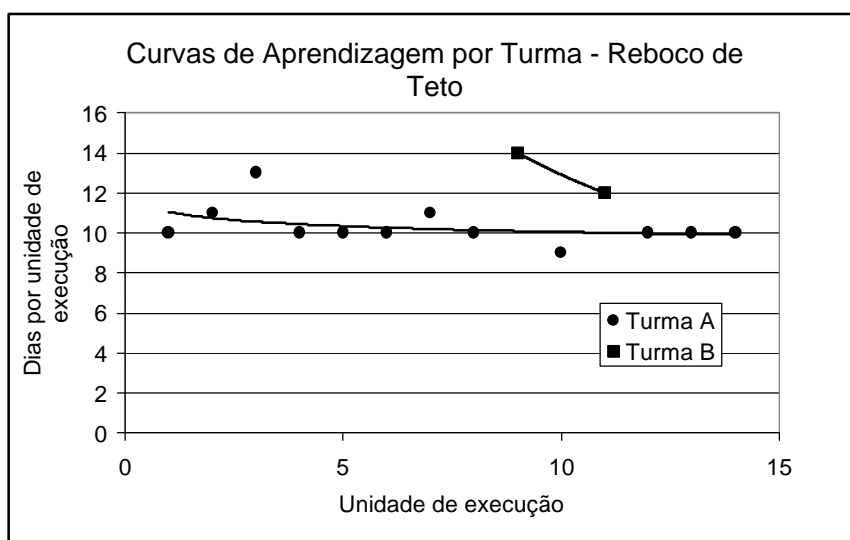


Figura 4.9: Curva de aprendizagem do reboco de teto por turma

#### 4.7.4 Curvas de aprendizagem do serviço alvenaria interna

A alvenaria interna sofreu uma adaptação inicial devido a modificação de alguns procedimentos. Algumas atividades, antes realizadas após a alvenaria, foram incluídas no serviço. As atividades são a colocação de eletrodutos flexíveis para a instalação elétrica e a colocação de tijolos-mestra acabando com a fase posterior de emestramento. Os tijolos-mestra são tijolos comuns que são rebocados previamente dos dois lados. O tijolo utilizado tem a espessura de 7 centímetros e a espessura da argamassa do reboco é de 1 centímetro de cada lado tornando a espessura total do tijolo-mestra de 9 centímetros. As inovações, nesse caso, inicialmente não foram aceitas pelos operários que não concordavam em abolir a etapa do emestramento. A perseverança da equipe técnica fez com que os pedreiros percebessem que o melhor caminho era a colaboração, a criação e a aceitação de idéias. Surgiu, então, uma maneira de confeccionar os tijolos-mestra. Os tijolos são rebocados dos dois lados e colocados na alvenaria em duas alturas diferentes. Ao final da alvenaria, as paredes estão alinhadas e no esquadro, preparadas para receber o reboco.

Na Figura 4.10 mostra-se a curva de aprendizagem por dias de execução da alvenaria interna. Observa-se a diferença de doze dias entre a execução dos 1º

(primeiro) e 4º (quarto) pavimentos, com trinta e três dias para a execução, e entre o 12º (décimo segundo) pavimento, com vinte e um dias para a execução.

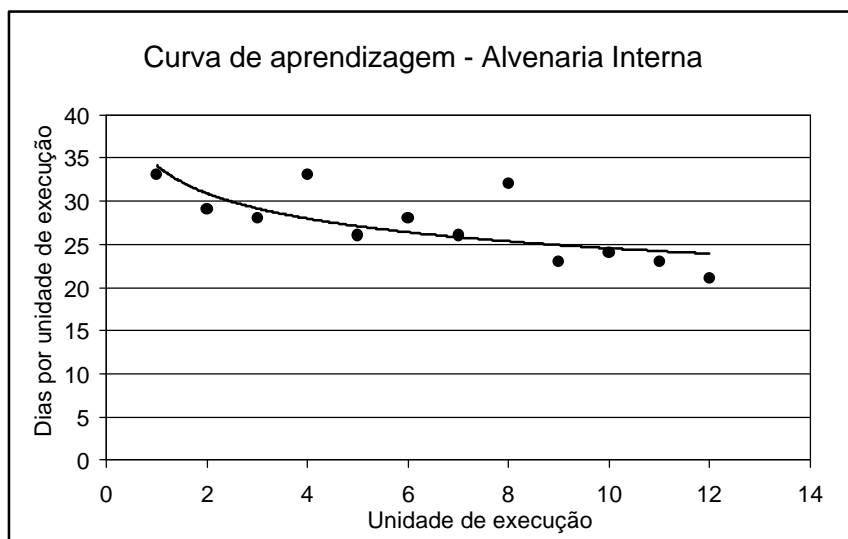


Figura 4.10: Curva de aprendizagem da alvenaria interna por dias de execução

Os índices de produtividade são apresentados na Figura 4.11. A média de produtividade da alvenaria interna é de 0,82 HH/m<sup>2</sup>. Esse índice não pode ser comparado com índices que representam a produtividade da alvenaria tradicional pois agrega outros serviços.

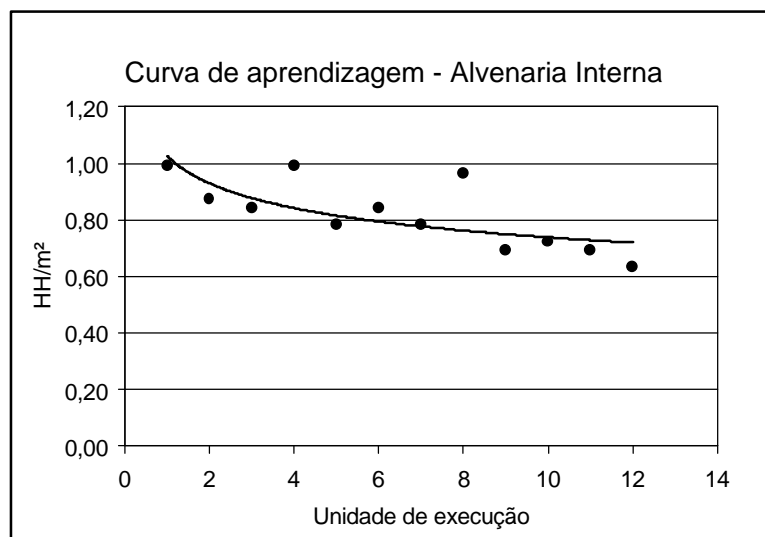


Figura 4.11: Curva de aprendizagem da alvenaria interna por HH/m<sup>2</sup>

Para o cumprimento do cronograma da obra, a execução da alvenaria interna conta com a participação de cinco turmas. Observa-se na Figura 4.12 a diferença de dias de execução entre o primeiro e o segundo pavimento da cada turma. A turma A,

primeira a assimilar as inovações, iniciou os serviços com a utilização de trinta e três dias no primeiro pavimento. Depois foram gastos vinte e nove e vinte e oito dias no segundo e sexto pavimentos respectivamente e finalmente executou o décimo primeiro pavimento em vinte e três dias. A turma B iniciou os trabalhos com vinte e oito dias no terceiro pavimento, gastou dois dias a menos no quinto pavimento e necessitou de vinte e três para a conclusão do nono pavimento. A turma C passou trinta e três dias no quarto pavimento e não conseguiu ter o mesmo desempenho diminuindo apenas um dia no oitavo pavimento. A turma D, que só foi admitida quando as outras turmas já tinham resolvido a maioria das dificuldades, gastou vinte e seis dias no sétimo pavimento e vinte e um no décimo segundo. Por fim, a turma E, que infelizmente não tem a sua curva analisada por ter executado apenas um pavimento, o décimo, até a finalização parcial da coleta dos dados. As curvas de aprendizagem de cada turma da alvenaria interna pode ser vista na Figura 4.12.

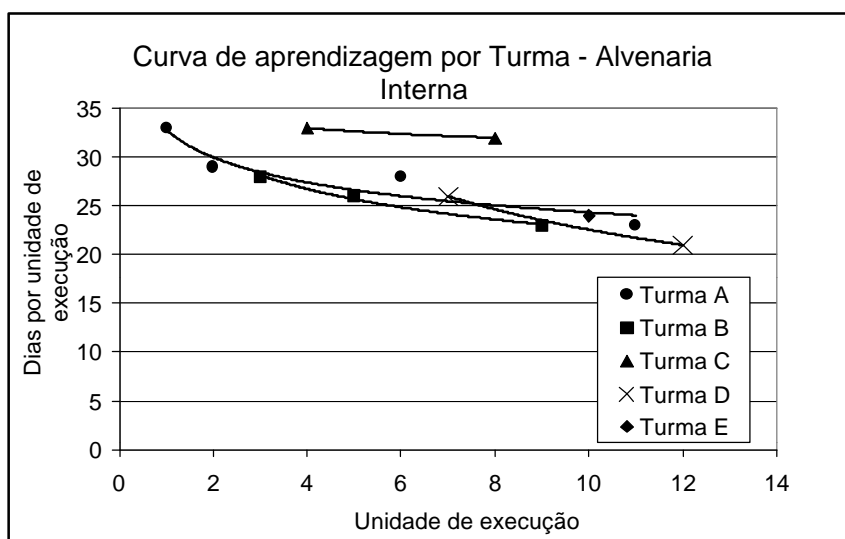


Figura 4.12: Curva de aprendizagem da alvenaria interna por turma

#### 4.7.5 Curvas de aprendizagem do serviço chapisco de parede

O chapisco de parede também tem a sua particularidade no caso da obra analisada. Um rolo para aplicação de textura é utilizado na aplicação da argamassa. O chapisco é iniciado com aplicação somente nas paredes de tijolo cerâmico. Os pilares e as vigas da estrutura são chapiscados posteriormente com a adição de aditivo para uma melhor aderência da argamassa.

O chapisco de parede foi executado por uma única turma composta por um servente desde o primeiro pavimento. Pode-se observar a curva de aprendizagem

na Figura 4.13. No primeiro pavimento foram gastos onze dias, do segundo ao quinto pavimento foram necessários oito dias e do sexto ao sétimo pavimento sete dias.

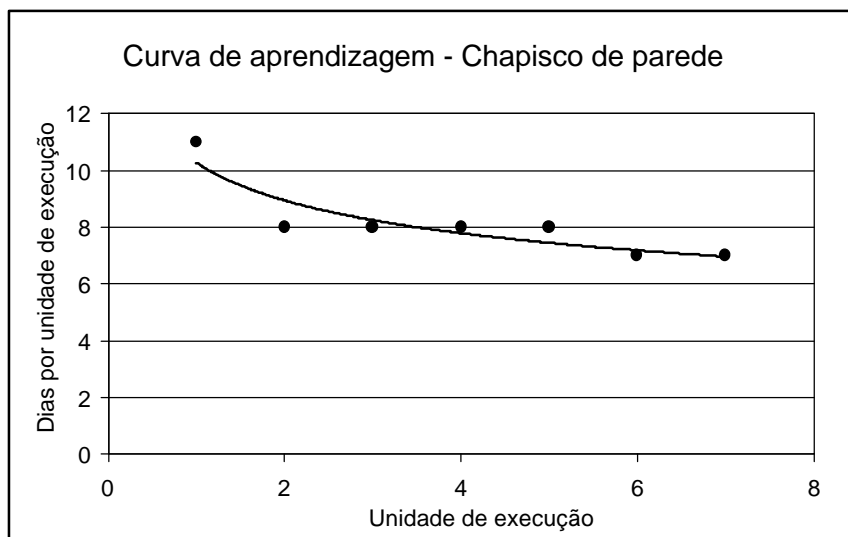


Figura 4.13: Curva de aprendizagem do chapisco de parede por dias de execução

Os índices de produtividade do chapisco de parede são apresentados na Figura 4.14. A média de produtividade do chapisco de parede é de 0,07 HH/m<sup>2</sup>. Esse índice não pode ser comparado com índices que representam a produtividade do chapisco de parede executado de forma tradicional utilizando a colher de pedreiro para a projeção da argamassa para as paredes.

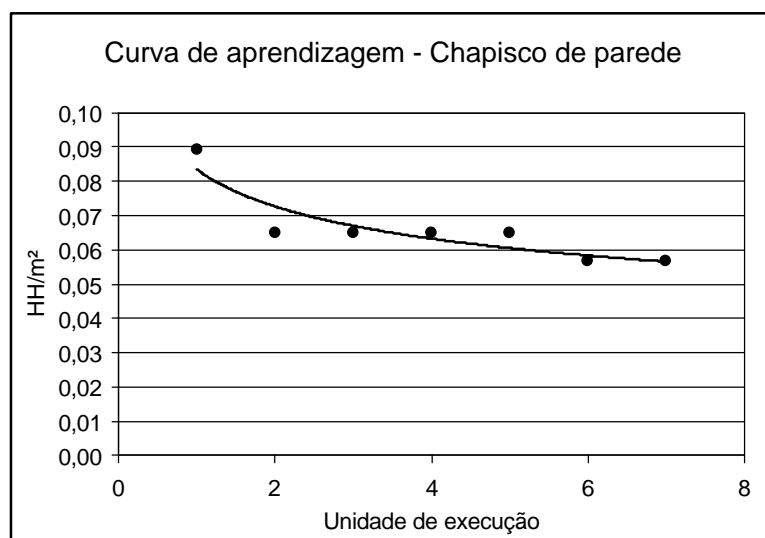


Figura 4.14: Curva de aprendizagem do chapisco de parede por HH/m<sup>2</sup>

#### 4.7.6 Curvas de aprendizagem do serviço reboco de parede

O reboco de parede é executado de forma tradicional. A particularidade, nesse caso, é a pré-determinação da espessura do reboco com a utilização dos tijolos mestra na alvenaria. O reboco de parede não tem a variável espessura devido a utilização do tijolo-mestra colocado antecipadamente durante a alvenaria. Com isso a quantidade de argamassa utilizada em cada pavimento deve se manter constante. Isso pode ser visto no reboco de teto onde a maior ou menor espessura depende da boa execução da estrutura.

Na Figura 4.15 apresenta-se a curva de aprendizagem por dias de execução. Para a execução do reboco foram realizadas modificações na argamassa, o que fez com que as turmas aumentassem o seu período de execução.

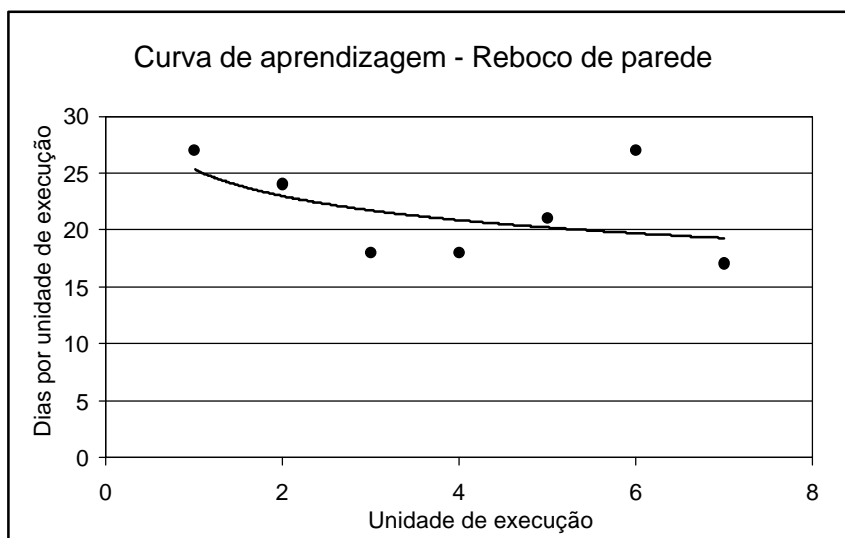


Figura 4.15: Curva de aprendizagem do reboco de parede por dias de execução

Os índices de produtividade do reboco de parede são apresentados na Figura 4.16.

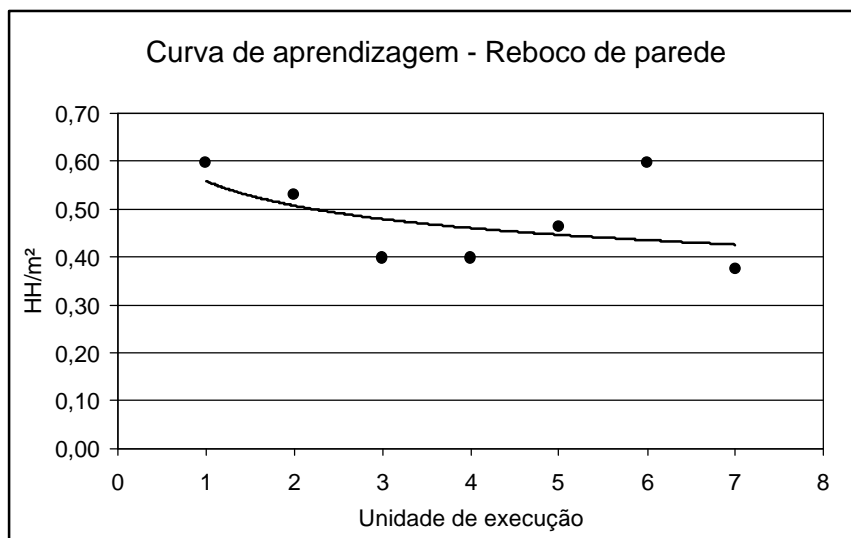


Figura 4.16: Curva de aprendizagem do reboco de parede por HH/m<sup>2</sup>

Finalmente, apresenta-se a Figura 4.17, onde se constata a acentuada diferença entre as equipes. A turma A iniciou o primeiro pavimento necessitando de vinte e sete dias para a execução do reboco de parede, gastou dezoito dias no terceiro pavimento e no sexto voltou a gastar os vinte e sete dias iniciais. Nesse período houve uma nova adaptação para a utilização da argamassa. O fornecedor de areia vermelha foi substituído e a trabalhabilidade foi afetada. Atualmente o problema já foi resolvido. A turma B diminuiu em três dias o período de execução do pavimento, que passou de vinte e quatro dias no segundo para vinte e um dias na quinta unidade de execução. A turma C tem uma particularidade a respeito de seus pedreiros. Os dois componentes dessa equipe já tinham realizado serviços de reboco em outra obra da mesma construtora e são considerados os melhores. Nada disso tinha sido comprovado por medições de produtividade, mas os seus salários, que são baseados na quantidade em metros quadrados executada durante a quinzena, sempre superaram os das outras turmas. A turma gastou dezoito dias no quarto pavimento, superando as demais. No sétimo pavimento houve uma redução de um dia, passando a dezessete dias a duração do serviço realizado pela turma C.

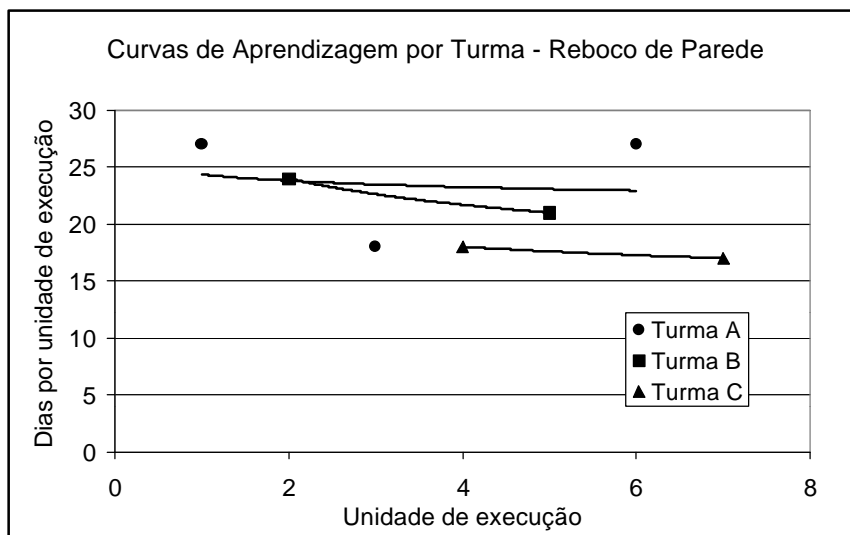


Figura 4.17: Curva de aprendizagem do reboco de parede por turma

#### 4.8 Considerações sobre o modelo aplicado

As curvas de aprendizagem são um termômetro da atuação das equipes no desenvolvimento dos seus trabalhos. Elas mostram, além das durações das execuções dos serviços, o seu desempenho no decorrer das unidades de produção. Tem-se, então, uma produtividade baseada na execução completa do serviço.

Os índices de produtividade não são coletados de forma instantânea. Dessa forma, os números levantados pelas observações para as curvas de aprendizagem contemplam o serviço como um todo, fazendo uma espécie de média que inclui as dificuldades e as facilidades na execução completa de um serviço.

A partir da estabilidade da curva, pode ser determinado o índice de produtividade que deverá ser considerado para o planejamento de outras obras. Deve-se ressaltar, porém, que em obras de uma mesma empresa, mas de porte e características diferentes, não se terá a mesma precisão. Outro ponto importante é que os índices de produtividade de uma obra de uma certa empresa não devem ser considerados para uma obra de outra empresa mesmo que sejam similares. Isso se deve ao fato de que, mesmo parecidas, as formas de execução dos serviços são diferentes. Cada empresa tem a sua maneira de gerenciar e executar uma obra. Outro ponto importante é a documentação dos processos produtivos dos serviços na empresa para a transferência de tecnologia para outras obras. Numa próxima obra em que se utilizarão as curvas de aprendizagem para a determinação dos tempos de execução

dos serviços para a execução do cronograma e das quantidades de horas gastas para a execução do orçamento se tem que executar o serviço da mesma forma.

Pode-se também observar que juntamente com o aprendizado propriamente dito, os gráficos das curvas de aprendizagem estimulam a busca por melhores maneiras de execução dos serviços. O próprio acompanhamento das durações das execuções e as análises dinâmicas das durações fazem com que as pessoas envolvidas no processo pensem.

O cuidado mais importante que deve ser tomado na coleta de dados para os gráficos das curvas é a observação diária infalível. Deve-se observar as faltas dos funcionários e a execução correta do serviço. As observações têm a necessidade de ser feitas todos os dias para garantir que as informações sejam reais. A partir daí as planilhas devem ser preenchidas. No Apêndice G mostra-se as curvas de aprendizagem dos serviços pesquisados atualizadas com os dados coletados após a conclusão da versão apresentada na defesa da dissertação.



## **CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES**

### **5.1 Conclusões**

A revisão bibliográfica mostra que os cinco modelos de curvas de aprendizagem são apresentados pelos seus autores como equações matemáticas. Não foi encontrada na literatura justificativa para a escolha do modelo linear para a confecção dos gráficos das curvas de aprendizagem. O modelo escolhido é o mais recomendado para aplicação no setor da construção civil. Os outros quatro tipos de curvas apresentados servem para ilustrar todos os modelos de curvas existentes. Após a escolha do tipo de curva, a elaboração do modelo para a coleta de dados para a confecção das curvas de aprendizagem fez com que o objetivo geral do trabalho fosse atingido.

As curvas de aprendizagem são o retrato da atuação das equipes no desenvolvimento dos seus trabalhos. Elas mostram, além da duração da execução dos serviços, o seu desempenho no decorrer das unidades de produção. Tem-se, então, uma produtividade baseada na execução completa do serviço. Dessa forma, os números levantados pelas observações para as curvas de aprendizagem contemplam o serviço como um todo, fazendo uma espécie de média que inclui as dificuldades e as facilidades na execução completa de um serviço.

A partir de então, com as curvas de aprendizagem, a utilização de índices pesquisados em revistas ou em outras empresas do setor será desnecessária. As curvas de aprendizagem apontaram os índices que devem ser utilizados para o planejamento e orçamento de obras futuras com processos de execução dos serviços similares.

A empresa onde foram coletados os dados tem algumas características que facilitaram o bom andamento da pesquisa. A preocupação da empresa com o planejamento das etapas construtivas, com a qualidade na execução dos serviços, com a distribuição racional das turmas de produção, com as boas condições de trabalho dos operários e com a aquisição de insumos de qualidade tornaram o ambiente favorável para a pesquisa.

Não foi caracterizada, em nenhum dos serviços analisados, a descontinuidade na execução, o que prejudicaria a análise das curvas de aprendizagem. A distribuição

organizada de suprimentos, como, por exemplo, argamassa e tijolos, garantiu a não paralisação dos serviços durante os estudos.

Juntamente com a análise do efeito aprendido propriamente dito, as curvas de aprendizagem estimularam a busca por melhores formas de execução dos serviços. O próprio acompanhamento da duração dos serviços faz com que as pessoas envolvidas no processo tenham novas idéias de melhoria para a sua execução. Observa-se, em alguns dos serviços, a modificação da tecnologia utilizada a partir de uma certa unidade de execução. A documentação dos processos produtivos dos serviços da empresa é fundamental para a transferência de tecnologia de obra para obra.

Um dos cuidados que deve ser tomado na coleta de dados para os gráficos das curvas é a observação diária sem falhas. As observações têm que ser feitas todos os dias para garantir que as informações sejam reais.

A ordem de execução dos serviços deve seguir uma seqüência lógica e padronizada, como por exemplo, de baixo para cima ou de cima para baixo. A quantidade de componentes das equipes deve ser a mesma quando o serviço é executado por mais de uma turma em unidades de execução diferentes. Os pacotes de serviços das unidades de execução devem ser bem definidos. No presente trabalho, a unidade escolhida para todos os serviços foi o pavimento.

As curvas de aprendizagem do cimentado são influenciadas pela mudança de tecnologia. Também foi alterada a quantidade de profissionais na turma e aumentado o índice de produtividade da equipe após essa modificação. A estabilidade da quantidade de dias de execução existiu no segundo tipo de execução, onde a espessura do cimentado se tornou igual para todos os pavimentos. Conclui-se então que a padronização do serviço torna mais visível o efeito aprendido no serviço.

As curvas de aprendizagem do chapisco de teto apontam duas fases distintas. A primeira com a execução do chapisco sem a colocação de proteção e a segunda com a colocação da proteção para evitar a queda de argamassa pelas janelas. Nota-se que o efeito aprendido aparece apenas na segunda turma que executou o serviço desde o início com a colocação da proteção. Conclui-se então que o incremento de atividades no serviço faz com que a curva de aprendizagem se apresente de forma contrária ao usual, ou seja, com a quantidade de dias de execução crescente.

As curvas de aprendizagem do reboco de teto apresentam-se pouco acentuadas, o que mostra que a condição inicial de execução do serviço propiciava uma boa produtividade. Durante o decorrer do serviço, nenhuma modificação foi aplicada para proporcionar um aumento ou uma diminuição da quantidade de dias por outros fatores que não fossem a aprendizagem.

As curvas de aprendizagem da alvenaria interna apresentaram efeito aprendido em todas as cinco turmas. Como a alvenaria interna sofreu uma adaptação inicial, devido à modificação de alguns procedimentos, a quantidade de dias para execução do primeiro pavimento de cada turma foi considerada alto. Após a adaptação às novas técnicas, nunca antes executadas pelos operários, os períodos de execução iniciam a diminuição na sua quantidade de dias.

As curvas de aprendizagem do serviço de chapisco de parede demonstraram o efeito aprendizagem. A turma inicialmente executou o serviço em onze dias e no último pavimento da curva executou o serviço em sete dias. O serviço de chapisco de parede foi executado, desde o primeiro pavimento, com a utilização de um rolo para aplicação de textura para aplicação da argamassa.

As curvas de aprendizagem do reboco de parede também retratam o efeito aprendido. O reboco de parede teve sua quantidade de argamassa uniforme devido ao emestramento igual para todos os pavimentos. Percebe-se que a curva que considera as turmas com um todo também retratam o efeito aprendido. A primeira turma gastou mais tempo no seu primeiro pavimento do que a segunda turma também no seu primeiro pavimento.

Observa-se que na maioria das curvas de aprendizagem dos serviços existe um trecho de estabilidade apresentado a partir de uma dada unidade de execução. O índice de produtividade desse trecho é o número que deve ser considerado como o valor da produtividade de cada serviço.

## **5.2 Sugestões para outros trabalhos**

O presente trabalho caracteriza-se pela abordagem qualitativa das durações da execução dos serviços para a confecção das suas respectivas curvas de aprendizagem. Para aprofundar melhor o assunto e tentar perceber mais nitidamente o efeito aprendido nas turmas, tem-se como recomendações para trabalhos futuros:

- Aplicar as curvas de aprendizagem em obras diferentes para verificação do efeito aprendizagem;
- Aplicar as curvas de aprendizagem em serviços com turmas com quantidades diferentes de profissionais para análise das diferenças dos índices de produtividade;
- Aplicar as curvas de aprendizagem com a análise pessoal dos operários para associação com a participação em cursos e treinamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIOS GROUP INC. **Learning curves**. Obtida via internet. <http://www.biosgroup.com/research/curves/curves.html>, 2000.

**BLAK, Gisele; SÉLLOS, Lysio; QUALHARINI, Eduardo Linhares. Uso de técnica de line of balance - LOB - em empreendimentos com grande repetividade estudo de caso: Parque Gráfico – O Globo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1998, Niterói. Anais do XVIII ENEGEP. Niterói, 1998.**

ELIAS, Sérgio José Barbosa; SILVA, Regis Rafael Tavares da; LEITE, Madalena Osório; ARAÚJO FILHO, Carlos F. de. Procedimento de distribuição de argamassa em obras verticais: sistema de previsão de entrega - estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis. **Anais do VII ENTAC**. Florianópolis, 1998.

ESCRIVÃO FILHO, Edmundo. **Gerenciamento na construção civil**. São Carlos: EESC-USP, 1998.

EVERETT, John G.; FARGHAL, Sherif H. Data representation for predicting performance with learning curves. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1997. V. 123, p. 46-52.

FARGHAL, Sherif H.; EVERETT, John G. Learning curves: accuracy in predicting future performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1997. V. 123, p. 41-45.

GATES, Marvin F.; SCARPA, M. Amerigo. Learning and experience curves. **Journal of the Construction Division**, 1972. V.98, n.CO1, p.79-99.

LAWRENCE, Stephen R. **Learning curves**, Obtida via internet. <http://bus.colorado.edu/faculty/lawrence/TOOLS/Learn/LTheory.htm>, 2000.

LEÃO, Sandra Maria Carneiro. Medição de indicadores para o serviço de alvenaria. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1997, Gramado. **Anais do XVII ENEGEP**. Gramado, 1997.

LOBÃO, Elídio de Carvalho; PORTO, Arthur José Vieira. Evolução das técnicas de simulação em acordo com a tecnologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1996, Piracicaba. **Anais do XVI ENEGEP**. Piracicaba, 1996.

LORDSLEEM JÚNIOR, Alberto Casado; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. Produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria de vedação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais do I SIBRAGEQ**. Recife, 1999.

LUTZ, James D.; HALPIN, Daniel W.; WILSON, James R. Simulation of learning development in repetitive construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1994. V.120, n.44.

MCKINSEY. Produtividade no Brasil: a chave do desenvolvimento acelerado. São Paulo: Campus, 2000.

MARCHIORI, Fernanda Fernandes. **Estudo da produtividade e da descontinuidade no processo produtivo da construção civil**: um estudo de caso para edifícios altos. Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Centro de Tecnologia, Pós graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1998.

MARUOKA, Luz Marina Andrade; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. Avaliação da produtividade da mão de obra na produção de contrapiso: um estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais do I SIBRAGEQ**. Recife, 1999.

MENDES JÚNIOR, Ricardo. **Programação da produção de edifícios de múltiplos pavimentos**. Florianópolis, 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro de tecnologia, Pós graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1999.

NASA JOHNSON SPACE CENTER. **Learning curve calculator**. Obtida via internet. <http://www.jsc.nasa.gov/bu2/learn.html>, 2000.

NASCIMENTO, Adriana Maria de Sá; MACEDO-SOARES, T. Diana L.v. A. de. A competitividade no setor de construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1996, Piracicaba. **Anais do XVI ENEGEP**. Piracicaba, 1996.

OLIVEIRA, Ricardo Rocha. Repetição e produtividade na construção civil: estudo da execução de estruturas de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1997, Gramado. **Anais do XVII ENEGEP**. Gramado, 1997.

OLIVEIRA, Ricardo Rocha. Para além da produtividade: organização do tempo e forma de execução de obras repetitivas a partir dos conceitos de lean construction. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais do I SIBRAGEQ**. Recife, 1999.

OLIVEIRA, Ricardo Rocha; OLIVEIRA, Ana Maria Santana; HAMERSKI, Aracelli; MARTINI, Carlos Edebrando; DALL'OGGIO, Simone. **Metodologia para melhoria da qualidade e produtividade em obras de carácter repetitivo**. Cascavel : UNIOESTE, 1999.

PARKER, H.; OGLESBY, C. Methods Improvement for Construction Managers. Nova York : McGraw Hill, 1972. 1ª ed., cap.6.

PÓVOAS, Yêda Vieira; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de; JOHN, Vanderley M. Produtividade no assentamento dos revestimentos cerâmicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais do I SIBRAGEQ**. Recife, 1999.

SANTOS, Emilene Coco dos. **Apontamentos de Aprendizagem Motora**. Obtida via internet. <http://www.ufes.br/~petcefed/emilene.htm>, 2000.

SANTOS, Myrian Tizuko Sasaki; MOCCELLIN, João Vitor. O projeto da produção e a programação integrados a um sistema de administração da produção voltado para a construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1999, Rio de Janeiro). **Anais do XIX ENEGEP**. Rio de Janeiro, 1999.

SMITH, Elizabeth A. **Manual da produtividade**: métodos e atividades para envolver os funcionários na melhoria da produtividade. Rio de Janeiro : Qualitymark, 1993.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão de obra no serviço de formas para estruturas de concreto armado**. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996.

STAFFELBACH, Bruno; SCHÜPFER, G. **Learning curves for manual skills in anaesthesiology**. Obtida via internet: [www.research-projects.unizh.ch/oek/unit30200/area319/p864.htm](http://www.research-projects.unizh.ch/oek/unit30200/area319/p864.htm), 2000.

THOMAS, H. Randolph; MATHEWS, Cody T.; WARD, James G. Learning curve models of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1986. V.112, n.2, p.245-257.

UNITED NATIONS COMMITTEE ON HOUSING, BUILDING AND PLANNING. Effect of repetition on building operations and processes on site. New York, 1965.

VARGAS, Carlos Luciano Sant'Ana; COELHO, Renato de Quadros; HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann. Utilizando programas de computador de gerenciamento de projetos para estruturar a programação de atividades repetitivas em obras de construção civil com a técnica da linha de balanço. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1996, Piracicaba. **Anais do XVI ENEGEP**. Piracicaba, 1996.

VERSCHUREN, C. Peter. Effect of repetition on the programming and design of buildings. **CIB W-65**, 1984. p.561-661.

ZANFELICE, José Carlos. Uso de métodos da engenharia de produção na modernização da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1996, Piracicaba. **Anais do XVI ENEGEP**. Piracicaba, 1996.



## APÊNDICES

## Apêndice A1

---

**Planilha de Acompanhamento de Turmas**


---

**Obra:** *Ed. Terra Brasilis*


---

**Serviço:** *Cimentado*


---

**Unidade de execução:** *Pavimento*


---

**Quantidade do serviço por unidade de execução:** *302,39m<sup>2</sup>*


---

Ordem da unidade de execução	Código da turma	Data inicial	Data final	Quantidade total de dias úteis	Quantidade de profissionais na turma	Quantidade de HH (x8,5h)
1	A	02/10/01	15/10/01	9	1	76,50
2	A	16/10/01	24/10/01	7	1	59,50
3	A	25/10/01	06/10/01	9	1	76,50
4	A	06/11/01	13/11/01	6	1	51,00
5	A	14/11/01	26/11/01	8	1	68,00
6	A	27/11/01	06/12/01	7	1	59,50
7	A	07/12/01	18/12/01	8	1	68,00
8	A	19/12/01	02/01/02	8	1	68,00
9	A	03/01/02	15/01/02	9	1	76,50
10	A	16/01/02	28/01/02	9	1	76,50
11	A	29/01/02	06/02/02	7	1	59,50
12	A	18/02/02	07/03/02	8	1	68,00
13	B	08/03/02	03/04/02	8	2	136,00
14	B	04/04/02	19/04/02	7	2	119,00
15	B	07/02/02	14/02/02	6	2	102,00
16	B	25/02/02	04/03/02	5	2	85,00
17	B	12/03/02	18/03/02	5	2	85,00
18	B	26/03/02	02/04/02	5	2	85,00
19	B	10/04/02	16/04/02	5	2	85,00
20	B	24/04/02	30/04/02	5	2	85,00
21	B	09/05/02	15/05/02	5	2	85,00
22	B	27/05/02	03/06/02	5	2	85,00
23	B	04/06/02	10/06/02	5	2	85,00

## Apêndice A2

---

**Planilha de Acompanhamento de Turmas**


---

**Obra:** *Ed. Terra Brasilis*


---

**Serviço:** *Chapisco de teto*


---

**Unidade de execução:** *Pavimento*


---

**Quantidade do serviço por unidade de execução:** *276,75 m<sup>2</sup>*


---

Ordem da unidade de execução	Código da turma	Data inicial	Data final	Quantidade total de dias úteis	Quantidade de profissionais na turma	Quantidade de HH (x8,5h)
1	A	19/11/01	27/11/01	7	1	59,50
2	A	28/11/01	05/12/01	6	1	51,00
3	A	06/12/01	13/12/01	6	1	51,00
4	A	14/12/01	21/12/01	6	1	51,00
5	A	24/12/01	02/01/02	6	1	51,00
6	A	03/01/02	10/01/02	6	1	51,00
7	A	11/01/02	18/01/02	6	1	51,00
8	A	21/01/02	29/01/02	7	1	59,50
9	A	30/01/02	07/02/02	7	1	59,50
10	A	08/02/02	18/02/02	6	1	51,00
11	A	19/02/02	27/02/02	7	1	59,50
12	B	28/02/02	13/03/02	10	1	85,00
13	B	14/03/02	26/03/02	9	1	76,50
14	B	27/03/02	08/04/02	8	1	68,00
15	B	09/04/02	18/04/02	8	1	68,00
16	B	19/04/02	30/04/02	8	1	68,00
17	B	21/06/02	02/07/02	8	1	68,00
18	B	03/07/02	12/07/02	8	1	68,00
19	B	15/07/02	24/07/02	8	1	68,00
20	B	25/07/02	05/08/02	8	1	68,00
21	C	06/08/02	13/08/02	6	2	102,00
22	C	14/08/02	20/08/02	5	2	85,00
23	C	21/08/02	28/08/02	6	2	102,00

## Apêndice A3

---

**Planilha de Acompanhamento de Turmas**


---

**Obra:** *Ed. Terra Brasilis*


---

**Serviço:** *Reboco de teto*


---

**Unidade de execução:** *Pavimento*


---

**Quantidade do serviço por unidade de execução:** *276,75 m<sup>2</sup>*


---

Ordem da unidade de execução	Código da turma	Data inicial	Data final	Quantidade total de dias úteis	Quantidade de profissionais na turma	Quantidade de HH (x8,5h)
1	A	03/12/01	14/12/01	10	2	170,00
2	A	17/12/01	02/01/02	11	2	187,00
3	A	03/01/02	21/01/02	13	2	221,00
4	A	22/01/02	04/02/02	10	2	170,00
5	A	05/02/02	18/02/02	10	2	170,00
6	A	19/02/02	04/03/02	10	2	170,00
7	A	05/03/02	19/03/02	11	2	187,00
8	A	20/03/02	03/04/02	10	2	170,00
9	B	02/04/02	19/04/02	14	2	238,00
10	A	04/04/02	16/04/02	9	2	153,00
11	B	22/04/02	08/05/02	12	2	204,00
12	A	17/04/02	30/04/02	10	2	170,00
13	A	02/05/02	15/05/02	10	2	170,00
14	A	16/05/02	29/05/02	10	2	170,00
15	B	15/05	29/05/02	10	2	170,00
16	A	30/05/02	18/06/02	14	2	238,00
17	B	30/05/02	12/06/02	10	2	170,00
18	A	19/06/02	28/06/02	8	2	136,00
19	B	13/06/02	27/06/02	11	2	187,00
20	A	01/07/02	11/07/02	9	2	153,00
21	B	28/06/02	15/07/02	12	2	204,00
22	A	12/07/02	24/07/02	9	2	153,00
23	B	16/07/02	29/07/02	10	2	170,00

## Apêndice A4

---

**Planilha de Acompanhamento de Turmas**


---

**Obra:** *Ed. Terra Brasilis*


---

**Serviço:** *Alvenaria interna*


---

**Unidade de execução:** *Pavimento*


---

**Quantidade do serviço por unidade de execução:** *584,81 m<sup>2</sup>*


---

Ordem da unidade de execução	Código da turma	Data inicial	Data final	Quantidade total de dias úteis	Quantidade de profissionais na turma	Quantidade de HH (x8,5h)
1	A	20/12/01	06/02/02	33	2	561,00
2	A	07/02/02	19/03/02	29	2	493,00
3	B	14/02/02	25/03/02	28	2	476,00
4	C	05/03/02	22/04/02	33	2	561,00
5	B	26/03/02	02/05/02	26	2	442,00
6	A	20/03/02	29/04/02	28	2	476,00
7	D	01/04/02	07/05/02	26	2	442,00
8	C	23/04/02	07/06/02	32	2	544,00
9	B	03/05/02	05/06/02	23	2	391,00
10	E	16/05/02	19/06/02	24	2	408,00
11	A	30/04/02	03/06/02	23	2	391,00
12	D	08/05/02	06/06/02	21	2	357,00
13	C	10/06/02	15/07/02	26	2	442,00
14	B	06/06/02	17/07/02	30	2	510,00
15	A	04/06/02	11/07/02	28	2	476,00
16	D	07/06/02	12/07/02	26	2	442,00
17	E	20/06/02	29/07/02	28	2	476,00
18	C	16/07/02	19/08/02	25	2	425,00
19	D	15/07/02	15/08/02	24	2	408,00
20	A	12/07/02	20/08/02	28	2	476,00
21	B	18/07/02	26/08/02	28	2	476,00
22	E	30/07/02	05/09/02	28	2	476,00
23	C	20/08/02	23/09/02	25	2	425,00

## Apêndice A5

---

**Planilha de Acompanhamento de Turmas**


---

**Obra:** *Ed. Terra Brasilis*


---

**Serviço:** *Chapisco de parede*


---

**Unidade de execução:** *Pavimento*


---

**Quantidade do serviço por unidade de execução:** *1084,00 m<sup>2</sup>*


---

Ordem da unidade de execução	Código da turma	Data inicial	Data final	Quantidade total de dias úteis	Quantidade de profissionais na turma	Quantidade de HH (x8,5h)
1	A	05/02/02	19/02/02	11	1	93,50
2	A	20/02/02	01/03/02	8	1	68,00
3	A	04/03/02	13/03/02	8	1	68,00
4	A	14/03/02	25/03/02	8	1	68,00
5	A	26/03/02	05/04/02	8	1	68,00
6	A	08/04/02	16/04/02	7	1	59,50
7	A	17/04/02	26/04/02	7	1	59,50
8	A	29/04/02	02/05/02	4	2	68,00
9	A	03/05/02	09/05/02	5	3	127,50
10	A	10/05/02	16/05/02	5	4	170,00
11	A	17/05/02	23/05/02	5	5	212,50
12	B	24/05/02	03/06/02	7	6	357,00
13	B	04/06/02	12/06/02	7	7	416,50
14	B	13/06/02	20/06/02	6	8	408,00
15	B	21/06/02	01/07/02	8	9	612,00
16	B	02/07/02	08/07/02	5	10	425,00
17	B	09/07/02	15/07/02	5	11	467,50
18	B	16/07/02	19/07/02	4	12	408,00
19	B	22/07/02	29/07/02	6	13	663,00
20	B	30/07/02	05/08/02	5	14	595,00
21	B	06/08/02	12/08/02	5	15	637,50
22	B	13/08/02	20/08/02	6	16	816,00
23	B	21/08/02	28/08/02	6	17	867,00











## Apêndice B4

<b>Lista de Turmas</b>		
<b>Obra:</b> <i>Ed. Terra Brasilis</i>		
<b>Serviço:</b> <i>Alvenaria interna</i>		
Turma	Operário	Função
A	Francisco de Souza Ferreira	Pedreiro
	João Batista da Silva	Pedreiro
	Eduardo Batista da Silva	Servente
B	José Iran Ferreira dos Santos	Pedreiro
	Manoel Benizo Coelho da Silva	Pedreiro
	Francisco Ednardo Farias Soares	Servente
C	José Milton Souza Barreto	Pedreiro
	Pedro Pereira Dutra	Pedreiro
	Paulo Sérgio Costa Souza	Servente
D	Francisco Guilherme de Neto	Pedreiro
	Fernando Teófilo Calisto	Pedreiro
	Coraci Ferreira Alves	Servente
E	Antônio Braga Valentim	Pedreiro
	Mário Alezandro dos Santos Barbosa	Pedreiro
	Luis Alves	Servente





## Apêndice C1

---

**Planilha Resumo de Produção**


---

**Obra:** *Ed. Terra Brasilis*


---

**Turma:** *1 pedreiro e 1 serv. (até unid. 12) e 2 pedreiros e 1 serv. (a partir unid. 13)*


---

**Serviço:** *Cimentado*


---

**Unidade de execução:** *Pavimento*


---

**Quantidade de contrapiso por pavimento:** 302,39 m<sup>2</sup>


---

Ordem da unidade de execução	Código da Turma	Quantidade em m <sup>2</sup>	Quantidade total de horas de profissionais	
			Dias por unidade	HH/m <sup>2</sup>
1	A	302,39	9	0,26
2	A	302,39	7	0,20
3	A	302,39	9	0,26
4	A	302,39	6	0,17
5	A	302,39	8	0,23
6	A	302,39	7	0,20
7	A	302,39	8	0,23
8	A	302,39	8	0,23
9	A	302,39	9	0,26
10	A	302,39	9	0,26
11	A	302,39	7	0,20
12	A	302,39	8	0,23
13	B	302,39	8	0,47
14	B	302,39	7	0,41
15	B	302,39	6	0,35
16	B	302,39	5	0,29
17	B	302,39	5	0,29
18	B	302,39	5	0,29
19	B	302,39	5	0,29
20	B	302,39	5	0,29
21	B	302,39	5	0,29
22	B	302,39	5	0,29
23	B	302,39	5	0,29

## Apêndice C2

<b>Planilha Resumo de Produção</b>				
<b>Obra:</b> <i>Ed. Terra Brasilis</i>				
<b>Turma:</b> <i>1 servente</i>				
<b>Serviço:</b> <i>Chapisco de teto</i>				
<b>Unidade de execução:</b> <i>Pavimento</i>				
<b>Quantidade de chapisco por pavimento:</b> <i>245,40 m<sup>2</sup></i>				
Ordem da unidade de execução	Código da Turma	Quantidade em m <sup>2</sup>	Quantidade total de horas de profissionais	
			Dias por unidade	HH/m <sup>2</sup>
1	A	245,40	7	0,25
2	A	245,40	6	0,22
3	A	245,40	6	0,22
4	A	245,40	6	0,22
5	A	245,40	6	0,22
6	A	245,40	6	0,22
7	A	245,40	6	0,22
8	A	245,40	7	0,25
9	A	245,40	7	0,25
10	A	245,40	6	0,22
11	A	245,40	7	0,25
12	B	245,40	10	0,36
13	B	245,40	9	0,32
14	B	245,40	8	0,29
15	B	245,40	8	0,29
16	B	245,40	8	0,29
17	B	245,40	8	0,29
18	B	245,40	8	0,29
19	B	245,40	8	0,29
20	B	245,40	8	0,29
21	C	245,40	6	0,43
22	C	245,40	5	0,36
23	C	245,40	6	0,43

## Apêndice C3

<b>Planilha Resumo de Produção</b>				
<b>Obra:</b> <i>Ed. Terra Brasilis</i>				
<b>Turma:</b> <i>2 pedreiros e 1 servente</i>				
<b>Serviço:</b> <i>Reboco de teto</i>				
<b>Unidade de execução:</b> <i>Pavimento</i>				
<b>Quantidade de reboco por pavimento:</b> <i>276,75 m<sup>2</sup></i>				
Ordem da unidade de execução	Código da Turma	Quantidade em m <sup>2</sup>	Quantidade total de horas de profissionais	
			Dias por unidade	HH/m <sup>2</sup>
1	A	276,75	10	0,64
2	A	276,75	11	0,70
3	A	276,75	13	0,83
4	A	276,75	10	0,64
5	A	276,75	10	0,64
6	A	276,75	10	0,64
7	A	276,75	11	0,70
8	A	276,75	10	0,64
9	B	276,75	14	0,89
10	A	276,75	9	0,57
11	B	276,75	12	0,76
12	A	276,75	10	0,64
13	A	276,75	10	0,64
14	A	276,75	10	0,64
15	B	276,75	10	0,64
16	A	276,75	14	0,890
17	B	276,75	10	0,636
18	A	276,75	8	0,509
19	B	276,75	11	0,700
20	A	276,75	9	0,572
21	B	276,75	12	0,763
22	A	276,75	9	0,572
23	B	276,75	10	0,636



## Apêndice C4

---

**Planilha Resumo da Produção**


---

**Obra:** *Ed. Terra Brasilis*


---

**Turma:** *2 pedreiros e 1 servente*


---

**Serviço:** *Alvenaria Interna*


---

**Unidade de execução:** *Pavimento*


---

**Quantidade de alvenaria por pavimento:** *584,81 m<sup>2</sup>*


---

Ordem da unidade de execução	Código da turma	Quantidade em m <sup>2</sup>	Quantidade total de horas de profissionais	
			Dias por unidade	HH/m <sup>2</sup>
1	A	584,81	33	0,99
2	A	584,81	29	0,87
3	B	584,81	28	0,84
4	C	584,81	33	0,99
5	B	584,81	26	0,78
6	A	584,81	28	0,84
7	D	584,81	26	0,78
8	C	584,81	32	0,96
9	B	584,81	23	0,69
10	E	584,81	24	0,72
11	A	584,81	23	0,69
12	D	584,81	21	0,63
13	C	584,81	26	0,78
14	B	584,81	30	0,90
15	A	584,81	28	0,84
16	D	584,81	26	0,78
17	E	584,81	28	0,84
18	C	584,81	25	0,75
19	D	584,81	24	0,72
20	A	584,81	28	0,84
21	B	584,81	28	0,84
22	E	584,81	28	0,84
23	C	584,81	25	0,75

## Apêndice C5

<b>Planilha Resumo de Produção</b>					
<b>Obra:</b> <i>Ed. Terra Brasilis</i>					
<b>Turma:</b> <i>1 servente</i>					
<b>Serviço:</b> <i>Chapisco de parede</i>					
<b>Unidade de execução:</b> <i>Pavimento</i>					
<b>Quantidade de chapisco por pavimento:</b> <i>1084 m<sup>2</sup></i>					
Ordem da unidade de execução	Código da Turma	Quantidade em m <sup>2</sup>	Quantidade total de horas de servente		
			Dias por unidade	HH/m <sup>2</sup>	
1	A	1084	11	0,09	
2	A	1084	8	0,06	
3	A	1084	8	0,06	
4	A	1084	8	0,06	
5	A	1084	8	0,06	
6	A	1084	7	0,06	
7	A	1084	7	0,06	
8	A	1084	4	0,03	
9	A	1084	5	0,04	
10	A	1084	5	0,04	
11	A	1084	5	0,04	
12	B	1084	7	0,06	
13	B	1084	7	0,06	
14	B	1084	6	0,05	
15	B	1084	8	0,06	
16	B	1084	5	0,04	
17	B	1084	5	0,04	
18	B	1084	4	0,03	
19	B	1084	6	0,05	
20	B	1084	5	0,04	
21	B	1084	5	0,04	
22	B	1084	6	0,05	
23	B	1084	6	0,05	



## Apêndice D1



Edifício Terra Brasília

## Apêndice D2



Carro porta-pallet



Condutor de entulho

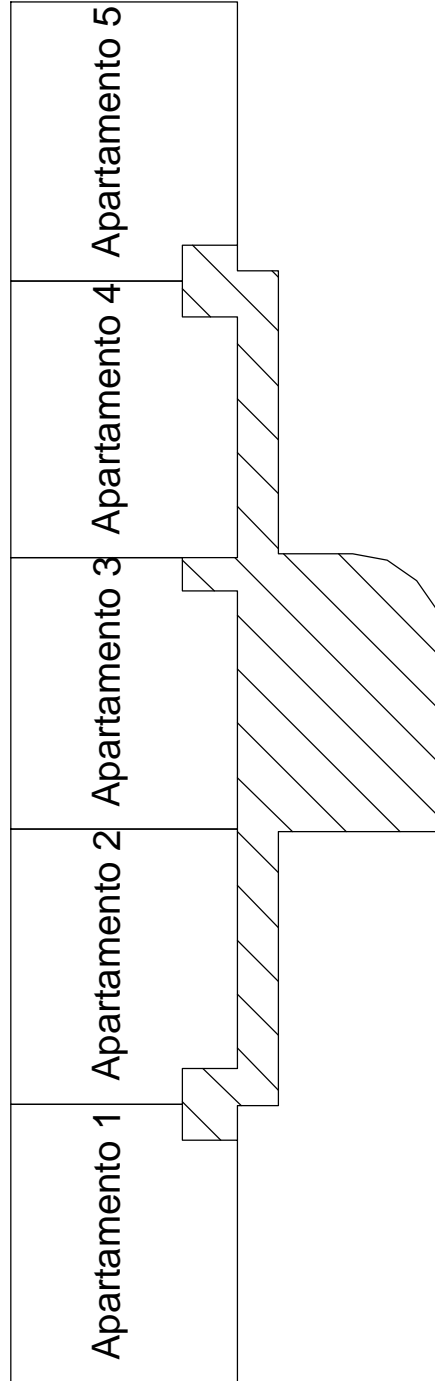


Câmera no guincho



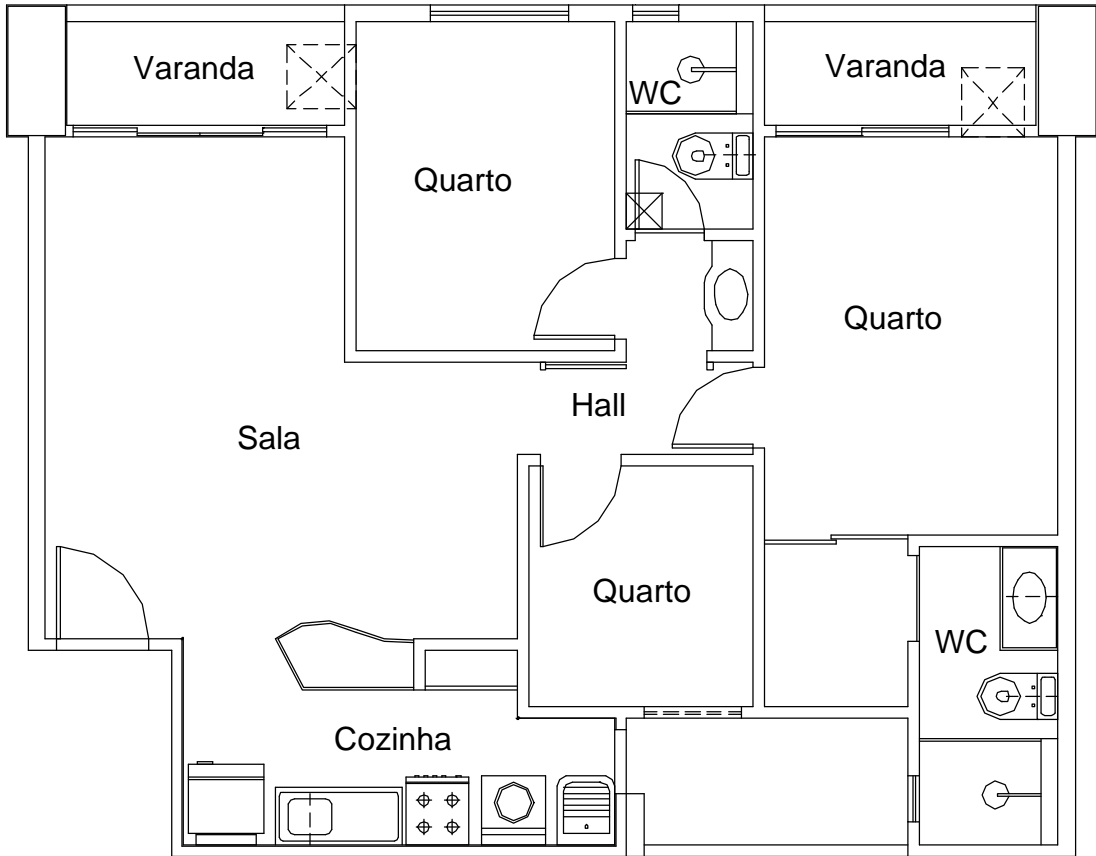
Nível a laser

Apêndice E1



Distribuição dos apartamentos no pavimento

Apêndice E2



Planta baixa apartamento

## Apêndice F1



Cimentado



Chapisco de teto



## Apêndice F2



Reboco de teto



Alvenaria interna

## Apêndice F3



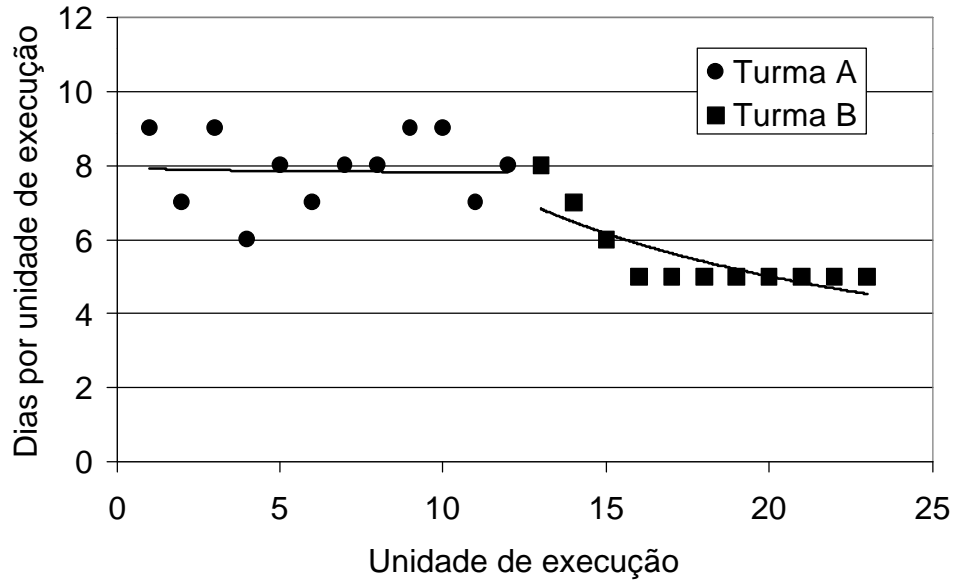
Chapisco de parede



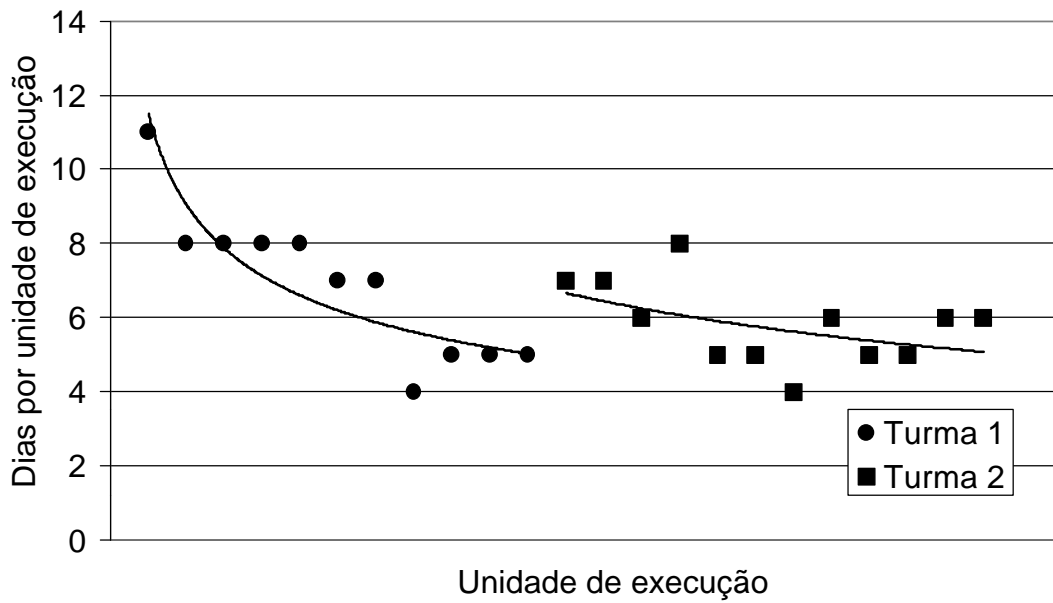
Reboco de teto

Apêndice G1

Curvas de Aprendizagem por Turma - Cimentado

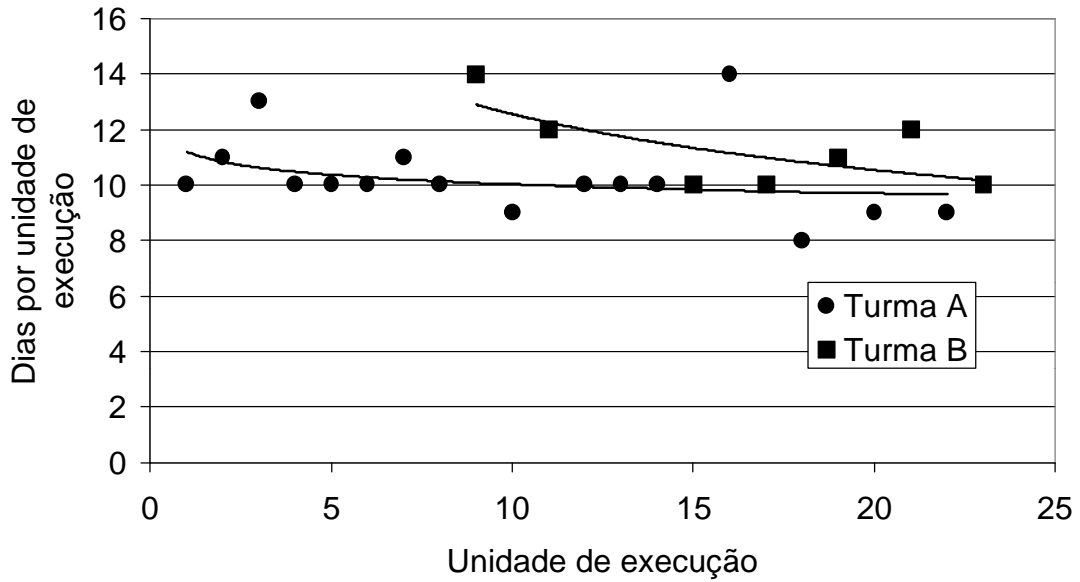


Curva de aprendizagem - Chapisco de parede

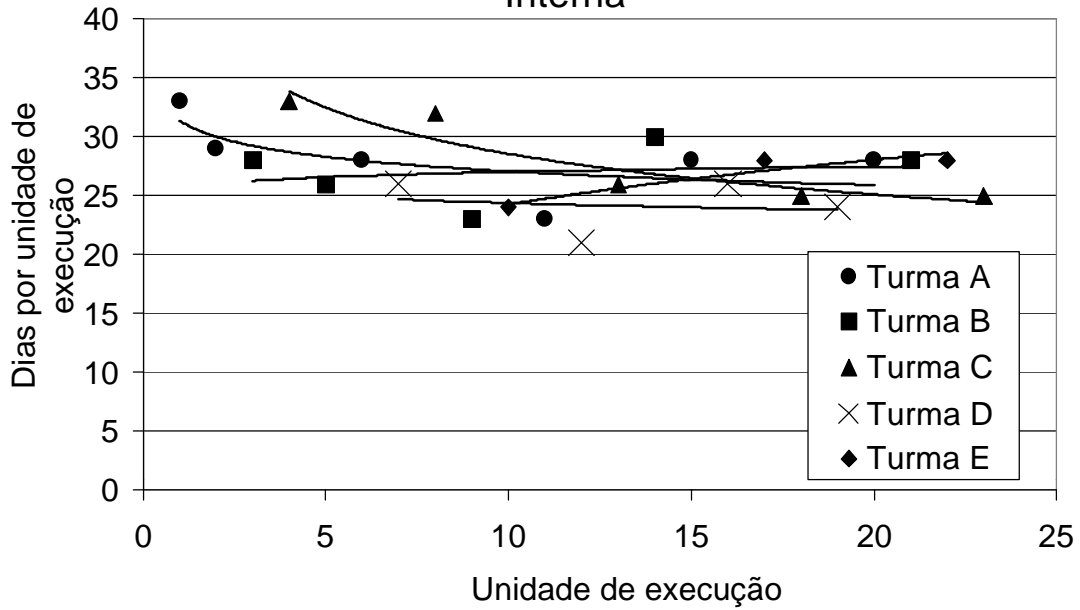


Apêndice G2

Curvas de Aprendizagem por Turma - Reboco de Teto

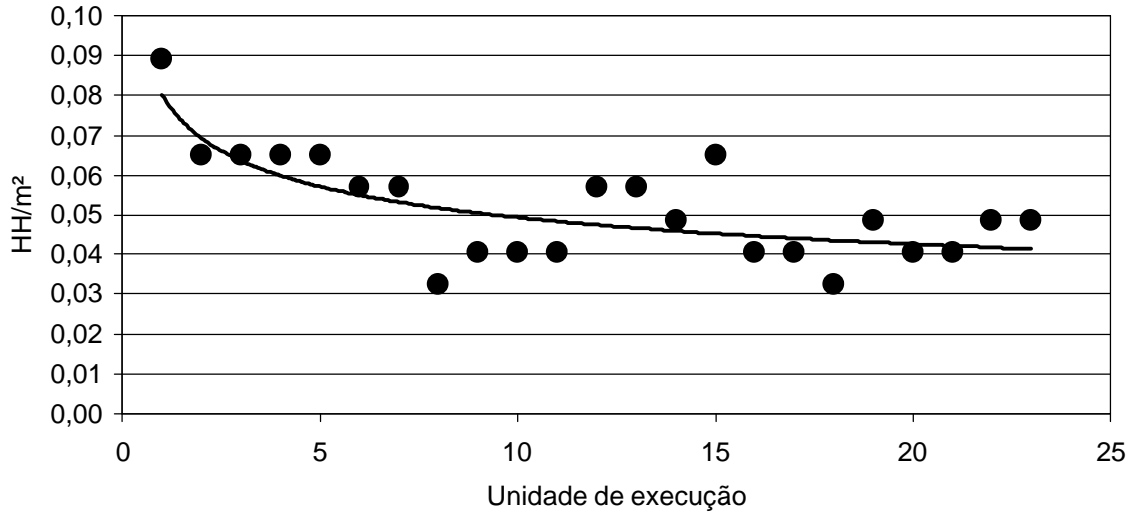


Curva de aprendizagem por Turma - Alvenaria Interna



Apêndice G3

Curva de aprendizagem - Chapisco de parede



Curvas de Aprendizagem por Turma - Reboco de Parede

