



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Vanessa da Silva de Azevedo

**Planejamento de atividades da construção predial visando a  
redução de perdas de processo na ótica da construção enxuta**

Orientador: Prof. Dr. Cyro Alves Borges Junior

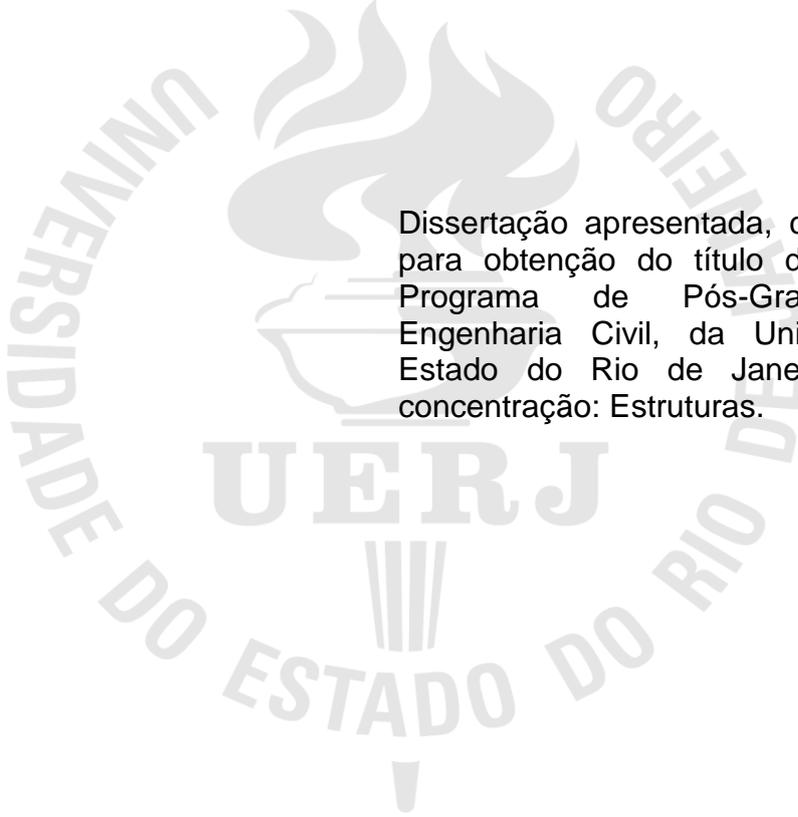
Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Myashita

Rio de Janeiro

2010

Vanessa da Silva de Azevedo

**Planejamento de atividades da construção predial visando a redução de perdas de processo na ótica da construção enxuta**



Dissertação apresentada, como requisito para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Estruturas.

Orientador: Prof. Dr. Cyro Alves Borges Junior

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Myashita

Rio de Janeiro

2010

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / RESE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

A994 Azevedo, Vanessa da Silva de.  
Planejamento de atividades da construção predial visando a redução de perdas de processo na ótica da construção enxuta / Vanessa da Silva de Azevedo. – 2010.  
185f.

Orientador: Cyro Alves Borges Junior.  
Coorientador: Ricardo Myashita.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Civil. 2. Construção civil - planejamento - Dissertações. I. Borges Jr., Cyro Alves. II. Myashita, Ricardo. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. IV. Título.

CDU 721

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Vanessa da Silva de Azevedo

**Planejamento de atividades da construção predial visando a redução de perdas de processo na ótica da construção enxuta**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Estruturas.

Aprovada em: 30 de junho de 2010.

Banca Examinadora:

---

Prof. Cyro Alves Borges Junior (Orientador)  
Faculdade de Engenharia – UERJ

---

Prof. Dr. Ricardo Myashita (Coorientador)  
Faculdade de Engenharia – UERJ

---

Prof. Dr. Pedro C.G.da S. Vellasco  
Faculdade de Engenharia – UERJ

---

Prof. Dr. Giuseppe Barbosa Guimarães  
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-RJ

---

Prof. Dr. Vinícius Carvalho Cardoso  
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ  
Faculdade de Engenharia

Rio de Janeiro

2010

## DEDICATÓRIA

As pessoas dizem que três coisas completam o homem: ter um filho, plantar uma árvore e escrever um livro. É verdade, me sinto completa agora.

Dedico este “livro” à família que formei, agradecendo sua compreensão, atenção e amor. Agradeço pela paciência em me perder durante algumas noites e finais de semana, agradeço também pelo esforço que fizeram em entender um universo particular que lhes parece até hoje muito engraçado e cheio de números.

Aos meus filhos Jorge Miguel e Maria Isabel por serem o meu porto seguro e minha principal fonte de idéias, vocês são a minha maior obra.

Aos meus pais pela primeira caixa de lápis de cor, iluminadora de idéias e estímulo para toda a vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A todos os professores membros do PGECIV, pela oportunidade e incentivo durante todo o programa. Aos meus colegas mestrandos, por compartilharem das dúvidas e certezas de nosso futuro, juntos alcançamos um patamar mais alto.

Ao meu orientador Prof. Cyro Borges, pela confiança, generosidade, pelo encorajamento e principalmente pela paciência. Obrigada por acreditar neste trabalho e fazer dele uma grande realização para mim.

A Deus, que permitiu que tudo isso fosse possível.

As pessoas grandes têm a mania de querer, a qualquer preço, explicar o inexplicável. Ficam irritadas com tudo que as surpreende. E, logo que acontece no mundo algo de novo, obstinam-se em querer provar que essa coisa nova se parece com outra que já conheciam há muito tempo.

## RESUMO

Azevedo, Vanessa da Silva de. *Planejamento de atividades da construção predial visando a redução de perdas de processo na ótica da construção enxuta*. 2010. 185f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

Adaptada dos conceitos da produção enxuta, a construção enxuta é uma filosofia de gestão da produção voltada à construção civil. Dos cinco princípios enxutos em que se baseia, o que mais tem se estudado desde a publicação do Relatório Técnico nº72 – Aplicação da Nova Filosofia de Produção à Construção (publicado pelo CIFE – Center for Integrated Facility Engineering, ligado à Universidade de Stanford, EUA) é o Fluxo Contínuo. A idéia de manter o fluxo contínuo está diretamente ligada à continuidade da produtividade, ou seja, manter a produtividade em uma taxa constante. Aplicar o conceito enxuto de fluxo contínuo através da manutenção das taxas de produtividade significa gerenciar o empreendimento de modo que a execução das atividades se mantenha de acordo com os parâmetros estabelecidos durante a fase de planejamento. Por meio de ferramentas enxutas de gerenciamento é feita a simulação em Excel de três atividades pertencentes ao processo de execução de lajes prediais de edifícios construídos em estruturas metálicas: *steel deck*, armação e concretagem. A elaboração da planilha possibilita a avaliação das perdas ocorridas durante a execução das atividades sob a ótica do conceito de atrasos e esperas. A soma destas perdas resulta ainda em dois efeitos distintos considerados como perdas acumuladas e perdas compensadas, proporcionando ao gerente do empreendimento dados consistentes para traçar estratégias para eliminação do desperdício ou uma antevisão dos desperdícios que podem estar associados à execução das atividades se estas forem mal planejadas.

Palavras-chave: Construção civil; Construção enxuta; Fluxo contínuo; Planejamento e gerenciamento; Produtividade.

## ABSTRACT

Adapted from the concepts of lean production, lean construction is a management philosophy of the production directed to construction. Of the five lean principles what else has been studied since the publication of Technical Report No. 72 - Application of New Production Philosophy to Construction (published by CIFE - Center for Integrated Facility Engineering, connected to Stanford University, USA) is the continuous flow. The idea of maintaining the continuous flow is directly linked to continued productivity, ie keep productivity at a constant rate. Apply the concept of lean stream by maintaining productivity rates means managing the project so that the execution of activities is maintained in accordance with the guidelines established during the planning phase. Through lean management tools is done in Excel simulation of three activities from the implementation process of building slabs of buildings constructed in steel structures, steel deck, frame and concrete. The elaboration of the sheet allows the evaluation of the losses occurred during the execution of activities from the perspective of the concept of delays and waits. The total of these losses still result in two distinct effects considered to accumulated losses and offset losses, providing the manager of the project consistent data to plot strategy for disposal of waste or a preview of wastes that may be associated with the implementation of the activities if they are badly planned .

Keywords: Civil construction; Lean construction; Continuous flow; Planning and management; Productivity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1:	Redução de <i>inputs</i> através do fluxo.....	22
Figura 1.2:	Cinco princípios do pensamento enxuto.....	23
Figura 1.3:	Integração do sistema: análise de perdas.....	24
Figura 1.4:	Ciclo de redução de desperdício ( <i>muda</i> ).....	26
Figura 1.5:	Características: Indústria da Construção x Indústria Automobilística.....	28
Figura 1.6:	Eliminação de desperdício: dependente direto da relação entre confiabilidade x variabilidade.....	41
Figura 2.1:	Origem do referencial teórico.....	47
Figura 2.2:	Diretrizes estabelecidas por Koskela (1998).....	48
Figura 2.3:	Diretrizes estabelecidas por Ballard e Howell (1998).....	49
Figura 2.4:	Corte transversal da estrutura utilizada na montagem do <i>steel</i> <i>deck</i> . .....	50
Figura 2.5:	Corte transversal da estrutura utilizada na montagem do <i>steel</i> <i>deck</i> .....	51
Figura 2.6:	Seqüência do Tempo de Ciclo (T/C) para SD, A e C.....	52
Figura 2.7:	Estrutura proposta por Azevedo (2007).....	53

Figura 2.8:	Seqüência das atividades.....	55
Figura 2.9:	Desdobramento de atrasos nas atividades.....	57
Figura 2.10:	Desdobramento de esperas nas atividades.....	59
Figura 2.11:	Compensação de perdas – atrasos.....	60
Figura 2.12:	Compensação de perdas – esperas.....	61
Figura 2.13:	Perdas acumuladas = atrasos + esperas.....	62
Figura 2.14:	Turno diário de trabalho: 8 (oito) horas – Modelo de construção convencional.....	63
Figura 2.15:	Interligação entre o tempo de ciclo e equipes para realização da atividade em 1 (um) pavimento.....	64
Figura 2.16:	Tempo de conclusão das atividades. Produtividade ideal.....	66
Figura 2.17:	Curva normal típica.....	69
Figura 2.18:	Curva normal típica. Distribuição de probabilidade.....	71
Figura 2.19:	Curva qui-quadrado típica.....	72
Figura 2.20	Curva qui-quadrado. Graus de liberdade.....	73
Figura 4.1:	Tempo de ciclo ideal <i>Steel Deck</i> .....	116
Figura 4.2:	Tempo de ciclo ideal Armação.....	117
Figura 4.3:	Tempo de ciclo ideal Concretagem.....	119
Figura 4.4:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: <i>Steel Deck</i> .....	120
Figura 4.5:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: Armação.....	123

Figura 4.6:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: Concretagem.....	127
Figura 4.7:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: <i>Steel Deck</i> – Caso 01.	133
Figura 4.8:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: Armação – Caso 01....	134
Figura 4.9:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: Concretagem – Caso 01.....	137
Figura 4.10:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: <i>Steel Deck</i> – Caso 02.	140
Figura 4.11:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: Armação – Caso 02....	141
Figura 4.12:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: Concretagem – Caso 02.....	143
Figura 4.13:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: <i>Steel Deck</i> – Caso 03.	145
Figura 4.14:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: Armação – Caso 03....	146
Figura 4.15:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: Concretagem – Caso 03.....	147
Figura 4.16:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: <i>Steel Deck</i> – Caso 04.	149
Figura 4.17:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: Armação – Caso 04....	150
Figura 4.18:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: Concretagem – Caso 04.....	151
Figura 4.19:	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: <i>Steel Deck</i> – Caso 05.	153
Figura 4.20	Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: Armação – Caso 05....	154

Figura 4.21: Tempo de ciclo ideal x Hora de Término: Concretagem – Caso 05.....	155
Figura 4.22: Perdas diárias (atrasos) – Caso 01.....	163
Figura 4.23: Perdas diárias (esperas) – Caso 01.....	164
Figura 4.24: Perdas diárias (atrasos) – Caso 02.....	165
Figura 4.25: Perdas diárias (esperas) – Caso 02.....	165
Figura 4.26: Perdas diárias (atrasos) – Caso 03.....	166
Figura 4.27: Perdas diárias (esperas) – Caso 03.....	166
Figura 4.28: Perdas diárias (atrasos) – Caso 04.....	167
Figura 4.29: Perdas diárias (esperas) – Caso 04.....	167
Figura 4.30: Perdas diárias (atrasos) – Caso 05.....	168
Figura 4.31: Perdas diárias (esperas) – Caso 05.....	168

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1:	Cronologia dos principais argumentos utilizados para a concepção das idéias enxutas expostas no estudo.....	43
Quadro 3.1:	Tempo de Ciclo das Atividades: <i>steel deck</i> , armação e concretagem.....	74
Quadro 3.2:	Parâmetros de Distribuição.....	75
Quadro 3.3:	Identificação das células na tabela de Tempo de Ciclo das Atividades.....	76
Quadro 3.4:	Identificação das células na tabela de Parâmetros de Distribuição.....	76
Quadro 3.5:	Identificação das colunas A, B, C, D e E.....	77
Quadro 3.6:	Condição de execução do <i>steel deck</i> . Identificação das células na tabela.....	79
Quadro 3.7:	Condição de execução do <i>steel deck</i> . Identificação de Espera....	80
Quadro 3.8:	Identificação das células na tabela. Colunas H, I, J e K.....	83
Quadro 3.9:	Identificação das células na tabela. Colunas L, M, N e O.....	86
Quadro 3.10:	Dados gerados para a Atividade 1 – <i>Steel Deck</i> .....	90

Quadro 3.11:	Condição de execução da armação. Identificação das células na tabela.....	91
Quadro 3.12:	Condição de execução da armação. Identificação de Atraso.....	92
Quadro 3.13:	Identificação das células na tabela. Colunas R, S, T e U.....	95
Quadro 3.14:	Identificação das células na tabela. Colunas V, W, X e Y.....	98
Quadro 3.15:	Dados gerados para a Atividade 2 – Armação.....	101
Quadro 3.16:	Saldo: Atraso Acumulado total e Espera Acumulada total.....	102
Quadro 3.17:	Condição de execução da concretagem. Identificação das células na tabela.....	103
Quadro 3.18:	Condição de execução da concretagem. Identificação de Atraso.	104
Quadro 3.19:	Identificação das células na tabela. Colunas AE, AF, AG e AH....	107
Quadro 3.20:	Identificação das células na tabela. Colunas AI, AJ, AK e AL.....	110
Quadro 3.21:	Saldo: Atraso Acumulado total e Espera Acumulada total.....	114
Quadro 4.1:	Dados de referência do gráfico da Figura 5.4 – Tempo de ciclo ideal x Hora de término: <i>Steel Deck</i> .....	121
Quadro 4.2:	Dados de referência do gráfico da Figura 5.5 – Tempo de ciclo ideal x Hora de término: Armação.....	124

Quadro 4.3	Dados de referência do gráfico da Figura 5.6 – Tempo de ciclo ideal x Hora de término: Concretagem.....	128
Quadro 4.4:	Dados de referência do gráfico da Figura 5.7 – Caso 1.....	132
Quadro 4.5:	Dados de referência do gráfico da Figura 5.8 – Caso 1.....	134
Quadro 4.6:	Dados de referência do gráfico da Figura 5.9 – Caso 1.....	137

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AR	Armação
CC	Concretagem
CIFE	Center for Integrated Facility Engineering
COM	Critical Path Method
CVC	Cadeia de Valor da Construção
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NFPC	Nova Filosofia de Produção para a Construção
NVA	Non Value Added
PIB	Produto Interno Bruto
PVA	Process Value Analysis
SD	Steel Deck
VA	Value Added

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	19
1	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	22
1.1	<b>Fluxo</b> .....	22
1.2	<b>O fluxo e a nova filosofia de produção para a construção</b> .....	23
1.3	<b>A transição do processo construtivo</b> .....	26
1.3.1	<u>Redução de desperdício</u> .....	26
1.3.2	<u>Que tipo de produção é a construção?</u> .....	27
1.3.3	<u>Mapeamento do fluxo de valor na construção civil</u> .....	29
1.3.4	<u>Análise do valor do processo (PVA – <i>Process Value Analysis</i>)</u> .....	30
1.4	<b>Otimização</b> .....	32
1.4.1	<u>Identificação das atividades na construção enxuta</u> .....	33
1.5	<b>Variabilidade na construção</b> .....	36
1.5.1	<u>Simulação das atividades na construção enxuta</u> .....	37
1.5.2	<u>Modelos de simulação</u> .....	38
1.6	<b>Variabilidade x confiabilidade na construção</b> .....	40
1.7	<b>Fluxo de variabilidade em construção</b> .....	41
1.8	<b>Desperdício e ações mitigadoras</b> .....	42
2	<b>METODOLOGIA</b> .....	46
2.1	<b>Referencial teórico</b> .....	46
2.1.1	<u>Critérios de estruturação do estudo</u> .....	48
2.2	<b>Objeto de estudo</b> .....	54
2.2.1	<u>Redução de desperdício</u> .....	55
2.2.2	<u>Atrasos</u> .....	57
2.2.3	<u>Esperas</u> .....	58
2.3	<b>Fluxo x tipos de perdas</b> .....	59
2.3.1	<u>Perdas Compensadas</u> .....	60
2.3.2	<u>Perdas Acumuladas</u> .....	61

2.4	<b>Tempo de ciclo das atividades (<i>lead time</i>)</b> .....	62
2.4.1	<u>Limites Estabelecidos</u> .....	62
2.4.2	<u>Tempo de Ciclo Ideal</u> .....	64
2.5	<b>Produtividade ideal x produtividade real</b> .....	68
2.5.1	<u>Função normal</u> .....	69
2.5.2	<u>Função qui-quadrado</u> .....	71
3	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	74
3.1	<b>Crítérios estabelecidos</b> .....	74
3.2	<b>Identificação das células de <i>in put</i></b> .....	76
3.3	<b>Identificação das células de <i>out put</i></b> .....	78
3.3.1	<u>Colunas G a O – linha 27 a linha 62: atividade 1 <i>steel deck</i></u> .....	78
3.3.1.1	Coluna G – tempo de execução do <i>steel deck</i> .....	80
3.3.1.2	Colunas H, I, J e K – hora de início, dia de início, hora de término e dia de término.....	82
3.3.1.3	Colunas L e M – total de dias trabalhados (sem o resto), resto de 8 h.....	85
3.3.1.4	Colunas N e O – atraso acumulado <i>steel deck</i> e espera acumulada <i>steel deck</i> .....	87
3.3.2	<u>Colunas Q a Y – linha 27 a linha 62: atividade 2 armação</u> .....	90
3.3.2.1	Coluna Q – tempo de execução da armação.....	92
3.3.2.2	Colunas R, S, T e U – hora de início, dia de início, hora de término e dia de término.....	94
3.3.2.3	Colunas V e W – total de dias trabalhados (sem o resto), resto de 8 h.....	97
3.3.2.4	Colunas X e Y – atraso acumulado armação e espera acumulada armação.....	99
3.3.3	<u>Colunas AA e AB – linha 27 a linha 62: atraso acumulado total e espera acumulada total</u> .....	102
3.3.4	<u>Colunas AD a AL – linha 27 a linha 62: atividade 3 concretagem</u>	103
3.3.4.1	Coluna AD – tempo de execução da concretagem.....	105
3.3.4.2	Colunas AE, AF, AG e AH – hora de início, dia de início, hora de término e dia de término.....	107

3.3.4.3	Colunas AI e AJ – total de dias trabalhados (sem o resto), resto de 8 h.....	109
3.3.4.4	Colunas AK e AL – atraso acumulado concretagem e espera acumulada concretagem.....	111
3.3.5	<u>Colunas AN e AO – linha 27 a linha 62: atraso acumulado total e espera acumulada total</u> .....	114
4	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	115
4.1	<b>Tempo de ciclo ideal</b> .....	115
4.2	<b>Tempo de ciclo ideal x hora de término</b> .....	119
4.2.1	<u>Outras análises: tempo de ciclo ideal x hora de término</u> .....	132
4.2.2	<u>Análises de desperdício</u> .....	157
4.3	<b>Superposição de efeitos</b> .....	162
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	169
5.1	<b>Consistência</b> .....	170
5.2	<b>Sugestões para trabalhos futuros</b> .....	171
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	173
	<b>ANEXO A</b> .....	176
	<b>ANEXO B</b> .....	177
	<b>ANEXO C</b> .....	181