

Otimização de pavimentos de edifícios com estruturas de concreto pré-moldado utilizando algoritmos genéticos

Augusto Teixeira de Albuquerque

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Estruturas.

Orientador: Mounir K. El Debs
Co-orientador: Antonio Macário C. de Melo

São Carlos
2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

A345o Albuquerque, Augusto Teixeira de
 Otimização de pavimentos de edifícios com estruturas
de concreto pré-moldado utilizando algoritmos genéticos /
Augusto Teixeira de Albuquerque ; orientador Mounir K. el
Debs, co-orientador Antonio Macário C. de Melo. -- São
Carlos, 2007.


Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação e Área de
Concentração em Engenharia de Estruturas) -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2007.

1. Pavimentos de concreto pré-moldado. 2. Otimização.
3. Algoritmos genéticos. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **AUGUSTO TEIXEIRA DE ALBUQUERQUE**

Tese defendida e julgada em 20/12/2007 perante a Comissão Julgadora:



Prof. Titular **MOUNIR KHALIL EL DEBS (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) A PROVA DO

* _____
Prof. Dr. **ANTÔNIO MACÁRIO CARTAXO DE MELO (Co-orientador)**
(Universidade Federal do Ceará/UFC) *




Prof. Dr. **ROBERTO CHUST CARVALHO**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar) APROVADO

* _____
Prof.^a Dr.^a **SYLVIA REGINA MESQUITA DE ALMEIDA**
(Universidade Federal de Goiás/UFG) *



Prof. Dr. **JOSÉ ANTONIO HERNANDES**
(Instituto Tecnológico de Aeronáutica/ITA) APROVADO



Prof. Associado **MARCIO ANTONIO RAMALHO**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) e
Vice-Presidente da Comissão de Pós-Graduação
em Exercício

* Os Profs. Sylvia Regina Mesquita de Almeida e Antonio Macário Cartaxo de Melo participaram da defesa através de videoconferência.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1 Introdução.....	1
1.1 Preliminares.....	1
1.2 Justificativas.....	3
1.3 Objetivos.....	5
1.4 Metodologia.....	6
2 Revisão Bibliográfica.....	9
2.1 Otimização estrutural.....	9
2.2 Otimização estrutural utilizando AG's.....	11
2.3 Otimização Integrada.....	16
2.4 Análise da revisão bibliográfica.....	25
3 Sistema Estrutural Adotado no SATD.....	27
3.1 Preliminares.....	27
3.2 Levantamento ATLSS.....	27
3.2.1 Introdução.....	27
3.2.2 Sistemas estruturais utilizados.....	28
3.2.3 Sistemas estruturais emergentes.....	37
3.2.4 Conclusões relatório ATLSS.....	41
3.3 Levantamento dos sistemas estruturais PM utilizados no Brasil.....	43
3.3.1 Fabricantes.....	44
3.3.2 Projetistas de estrutura.....	47
3.3.3 Conclusões do levantamento Brasil e do banco ABCIC.....	49
3.4 Análise dos levantamentos (ATLSS e Brasil).....	54
3.5 Definição do sistema estrutural a ser utilizado no SATD.....	55
3.5.1 Estrutura modular.....	58
3.5.2 Características dos elementos estruturais.....	61
3.5.2.1 Lajes.....	61

3.5.2.2. Vigas.....	63
3.5.2.3 Pilares.....	65
3.5.3 Resistências à compressão dos concretos.....	66
3.6 Hipótese de cálculo adotada.....	66
4 Sistema de apoio à tomada de decisão (SATD).....	69
4.1 Preliminares.....	69
4.2 Diretrizes do programa SATD.....	70
4.2.1 Dados de entrada.....	71
4.2.2 Informações do fabricante.....	73
4.2.3 Resultados.....	74
4.2.4 Restrições analisadas.....	79
4.3 Função Custo.....	81
4.3.1 Fabricação.....	82
4.3.2 Custos indiretos.....	87
4.3.3 Transporte.....	87
4.3.4 Montagem.....	88
4.3.5 Custos finais.....	89
4.4 Características do AG implementado.....	90
4.4.1 Tamanho da população.....	90
4.4.2 Variáveis de projeto.....	94
4.4.3 Representação.....	96
4.4.4 Tamanho do cromossomo.....	97
4.4.4.1 Distância mínima entre pilares.....	98
4.4.4.2 Largura máxima das vigas.....	98
4.4.5 Função objetivo penalizada (aptidão).....	99
4.4.6 Operadores genéticos.....	101
4.4.7 Transgênico.....	103
4.4.8 Rotina dos gêmeos.....	106
4.4.9 Comentários finais sobre o AG adotado.....	107
5 Exemplos do SATD.....	109
5.1 Calibração do modelo.....	109
5.1.1 Exemplo ATLSS.....	109
5.1.2 Hotel Holliday-Inn.....	116

5.1.3 Conclusões da calibração do modelo.....	117
5.2 Validação do SATD	118
5.2.1 Wal Mart – Bonocô.....	118
5.2.2 Edifício Comercial Carvalho.....	121
5.3 Exemplos de utilização do SATD.....	131
5.3.1 ATLSS.....	132
5.3.2 Hotel Holliday-Inn.....	135
5.3.3 Estacionamento Super Mercado Nordesteão.....	137
5.4 Considerações adicionais sobre o SATD.....	151
6 Variantes do SATD.....	155
6.1 Otimização Local (SATDL).....	155
6.1.1 Validação do SATDL.....	157
6.1.2 Exemplos de utilização do SATDL.....	158
6.2 Variante restrita do SATD (SATDR).....	159
6.2.1 Validação do SATDR.....	161
6.2.2 Exemplos de utilização do SATDR.....	165
6.3 Considerações adicionais sobre as variantes do SATD.....	168
7 Considerações finais e conclusões.....	171
Referência Bibliográfica.....	177
Anexo I – Midwest Office System (MOS).....	183
Apêndice A – Questionários.....	201
Apêndice B – Otimização convencional viga “T” invertida.....	205
Apêndice C – Rotina para dimensionamento viga “T” invertida.....	213
Apêndice D – Lajes alveolares.....	225
Apêndice E – Fundamentos dos Algoritmos Genéticos.....	241

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 – Otimização da configuração estrutural de uma treliça [RAJEEV & KRISHNAMOORTHY (1997)].....	17
Figura 2-2 – Edifício utilizado como exemplo para a otimização [SARMA & ADELI (2005)].....	19
Figura 2-3 – Alternativas de posições para pilares e paredes [PULMMANN et al. (2003)].....	21
Figura 2-4 – Sistemas estruturais disponíveis [RAFIQ et al. (2003)].....	22
Figura 2-5 – Soluções apresentadas para um determinado problema [RAFIQ et al. (2003)].....	23
Figura 2-6 – Alternativas estruturais para um determinado problema [GRIERSON et al. (2002)].....	24
Figura 3-1 – Conventional System [adaptação EL DEBS, M. K. (2000)].....	29
Figura 3-2 – Duotek System [PRIOR et al. (1993)].....	30
Figura 3-3 – Dycore [adaptação EL DEBS, M. K. (2000)].....	30
Figura 3-4 – Dyna-frame System [PRIOR et al. (1993)].....	31
Figura 3-5 – PG Connection System [PRIOR et al. (1993)].....	32
Figura 3-6 – RPC System [PRIOR et al. (1993)].....	32
Figura 3-7 – <i>IMS system</i> [adaptação EL DEBS, M. K. (2000)].....	33
Figura 3-8 – <i>PD2 Frame System</i> [PRIOR et al. (1993)].....	34
Figura 3-9 – <i>Prestressed Joisty System</i> [PRIOR et al. (1993)].....	34
Figura 3-10 – <i>Quickfloor System</i> [PRIOR et al. (1993)].....	35
Figura 3-11 – <i>Triposite System</i> [PRIOR et al. (1993)].....	36
Figura 3-12 – <i>Thomas System</i> [PRIOR et al. (1993)].....	37
Figura 3-13 – <i>Contiframe System</i> [PRIOR et al. (1993)].....	38
Figura 3-14 – <i>Contiframe System</i> [PRIOR et al. (1993)].....	39
Figura 3-15 – <i>Spanlight System</i> [PRIOR et al. (1993)].....	40
Figura 3-16 – <i>University of Nebraska system</i>	41
Figura 3-17 – Distribuição das resistências do concreto pré-moldado.....	49
Figura 3-18 – Distribuição das resistências do concreto moldado <i>in loco</i>	50
Figura 3-19 – Pórticos posicionados na direção do maior lado do pavimento.....	50
Figura 3-20 – Pórticos posicionados na direção do menor lado do pavimento.....	51
Figura 3-21 – Distribuição dos sistemas estruturais no banco de dados dos questionários.....	52
Figura 3-22 – Distribuição dos sistemas no banco de obras da ABCIC.....	52

Figura 3-23 – Sistema Alúzio A. M. D’ávila.....	54
Figura 3-24 – <i>Conventional System</i>	56
Figura 3-25 – Shopping Center Midway	58
Figura 3-26 – Exemplo ATLSS report [PRIOR et al. (1993)].....	59
Figura 3-27 – Edifício exemplo PCI (2004).....	60
Figura 3-28 – Viga “T” invertida.....	62
Figura 3-29 – Viga “L”	63
Figura 3-30 – Viga “T” invertida seção composta	64
Figura 3-31 – Lajes alveolares disponíveis	65
Figura 4-1 – Número de vãos e direções das vigas e das lajes	72
Figura 4-2 – Direção assumida pelas lajes e vãos	75
Figura 4-3 – Disposição dos cabos de protensão das vigas.....	75
Figura 4-4 – Organograma da função Custo.....	78
Figura 4-4 – Consolo (medidas em “cm”).....	81
Figura 4-5 – Fluxograma geral do SATD.....	89
Figura 4-6 – Pseudo-código para a população inicial.....	90
Figura 4-7 – Exemplo de cruzamento uniforme.....	99
Figura 5-1 – Layout estrutural 1 <i>ATLSS report</i> [PRIOR, R. (1993)].....	105
Figura 5-2 – Layout estrutural 2 <i>ATLSS report</i> [PRIOR, R. (1993)].....	106
Figura 5-3 – Layout estrutural 3 <i>ATLSS report</i> [PRIOR, R. (1993)].....	107
Figura 5-4 – Aptidões em função número gerações e tamanho da população.....	109
Figura 5-5 – Aptidões em função número gerações e tamanho da população com suas curvas de tendência.....	109
Figura 5-6 – Valores das aptidões em função do tamanho da população (valores médios de 4 execuções).....	109
Figura 5-7 – Configuração estrutural <i>Holliday Inn</i>	110
Figura 5-8 – Região modulada do pavimento do Wal Mart – Bonocô	113
Figura 5-9 – Forma parcial da configuração estrutural da alternativa 2	114
Figura 5-10 – Seção de viga da alternativa 3	115
Figura 5-11 – Forma parcial do edifício Comercial Carvalho	116
Figura 5-12 – Configuração estrutural, parcial, das alternativas 1 e 3.....	117
Figura 5-13 - Viga adotada pelo SATD (alternativa 3).....	118
Figura 5-14 - Viga adotada pelo projeto.....	119
Figura 5-15 – Alvéolos preenchidos.....	120
Figura 5-16 - Viga adotada pelo pré-projeto	121
Figura 5-17 – Configuração estrutural da alternativa 5	124
Figura 5-18 - Arquitetura do estacionamento do supermercado Nordestão.....	132

Figura 5-19 - Config. estruturais da primeira série de processamentos.....	134
Figura 5-20 - Config. estruturais da segunda série de processamentos.....	136
Figura 5-21 – Config. estruturais da terceira série de processamentos	138
Figura 5-22 – Config. para o caso em que o aço é 25% mais caro.....	140
Figura 5-23 – Config. para o caso em que o concreto é 25% mais caro.....	141
Figura 5-24 – Custo estrutura acréscimos incrementais dos insumos.....	142
Figura 5-25 – Custo estrutura acréscimos incrementais dos insumos.....	143
Figura 5-26 – Fabricação para a alternativa 1 da tabela 5-16.....	145
Figura 5-27 – Fabricação para a alternativa 3 da tabela 5-16.....	145
Figura 6-1 – Alinhamentos pré-determinados do SATDR.....	155
Figura 6-2 – Forma do pavimento tipo	156
Figura 6-3 – Seção de viga apresentada pelo SATDR.....	157
Figura 6-4 – Seção de viga apresentada no projeto	158
Figura 6-5 – Seção de viga apresentada pelo SATDR para uma altura de pavimento máxima de 55 cm.....	159
Figura 6-6 – Planta de forma do pavimento de escritórios.....	161
Figura 6-7 – Seção de viga apresentada pelo SATDR para uma altura de pavimento máxima de 65 cm.....	162
Figura 6-8 – Seção de viga apresentada pelo SATDR para uma altura máxima de pavimento de 60 cm.....	162

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

