

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

ANDERSON FIALHO MAACHAR

ALGORITMO BUSCA HARMÔNICA APLICADO À
OTIMIZAÇÃO DE REDES DE ESGOTO

CAMPO GRANDE
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

ANDERSON FIALHO MAACHAR

**ALGORITMO BUSCA HARMÔNICA APLICADO À
OTIMIZAÇÃO DE REDES DE ESGOTO**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Jorge Luiz Steffen

Aprovada em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jorge Luiz Steffen

PGTA - UFMS

Prof. Dr. Carlos Nobuyoshi Ide

PGTA - UFMS

Prof. Dr. Luiz Augusto Araújo do Val

FAENGE - UFMS

CAMPO GRANDE
2014

DEDICATÓRIA

Aos meus familiares e amigos queridos

AGRADECIMENTOS

Encarei esta pesquisa como um desafio que, para vencê-lo, foi necessário contar com ajuda e o apoio de muitas pessoas; nunca me esquecendo do apoio maior, que foi o de Deus.

Sou grato aos meus pais Abrão e Yvone – grandes pessoas - às minhas irmãs Carolynne e Danielle – verdadeiras amigas – à Laís S. Vasconcelos pelo companheirismo, os quais sempre foram meus alicerces e meus maiores encorajadores.

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Jorge Luiz Steffen pelos ensinamentos, conselhos e paciência, que foram imprescindíveis para êxito desta pesquisa.

Aos meus familiares, amigos, especialmente aos que colaboraram e deram apoio nos momentos difíceis.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
2.1	Objetivo Geral	3
2.2	Objetivos Específicos	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	Técnicas de otimização.....	4
3.1.1	Técnicas de otimização tradicionais	5
3.1.1.1	Programação Dinâmica (PD).....	5
3.1.1.2	Programação Não Linear (PNL).....	7
3.1.1.3	Programação Linear (PL)	7
3.1.2	Técnicas de otimização avançadas	8
3.1.2.1	Algoritmo Busca Harmônica	9
3.2	Hidráulica das Redes Coletoras de Esgoto	13
3.2.1	Equações de Resistência.....	14
3.2.1.1	Equação de Chézy	17
3.2.2	Fórmula de Manning	18
3.2.3	Cálculo de Canais em Regime Uniforme	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1	Modelo de otimização	26
4.1.1	Cálculo das vazões.....	26
4.1.2	Variáveis de decisão	27
4.1.2.1	Intervalos das variáveis de decisão.....	27
4.1.3	Dimensionamento hidráulico.....	27
4.2	Restrições	28
4.2.1	Diâmetro mínimo.....	28

4.2.2	Vazão mínima.....	28
4.2.3	Velocidade final.....	28
4.2.4	Relação máxima entre lâmina d'água e diâmetro.....	29
4.2.4.1	Condição 1.....	29
4.2.4.2	Condição 2.....	30
4.2.5	Critério de autolimpeza	30
4.2.5.1	Tensão trativa mínima	30
4.2.5.2	Velocidade mínima.....	30
4.2.6	Recobrimento mínimo	31
4.2.7	Profundidade máxima.....	31
4.2.8	Controle de condições de remanso	32
4.2.8.1	Controle 1	32
4.2.8.2	Controle 2	32
4.2.8.3	Controle 3	33
4.3	Considerações quanto às restrições	33
4.4	Função objetivo	33
4.4.1	Coeficientes da função objetivo	35
4.5	Algoritmo Busca Harmônica	36
4.5.1	Etapa 1: inicialização do problema de otimização	37
4.5.2	Etapa 2: Inicialização da Memória Harmônica (HM)	37
4.5.3	Etapa 3: Improvisação de nova harmonia.....	38
4.5.3.1	Taxa de Consideração de Memória Harmônica (HMCR).....	38
4.5.4	Etapa 4: Atualização da memória harmônica	40
4.5.5	Etapa 5: Critério de parada	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1	Escolha da rede de esgoto a ser estudada	41

5.1.1	Escolha dos Intervalos das Variáveis de Decisão.....	42
5.2	Determinação dos valores das restrições	43
5.2.1	Diâmetro mínimo.....	44
5.2.2	Vazão mínima.....	44
5.2.3	Velocidade final.....	44
5.2.4	Relação máxima entre lâmina d'água e diâmetro.....	45
5.2.4.1	Condição 1	45
5.2.4.2	Condição 2.....	45
5.2.5	Critério de autolimpeza	45
5.2.5.1	Tensão trativa	45
5.2.5.2	Velocidade mínima.....	46
5.2.6	Recobrimento mínimo	46
5.2.7	Profundidade máxima.....	46
5.3	Considerações quanto aos limites de iterações para respeitar as restrições	47
5.4	Considerações quanto coeficientes da função custo.....	47
5.5	Influência dos parâmetros de inicialização do Algoritmo Busca Harmônica	48
5.5.1	Estimativa preliminar do Tamanho da Memória Harmônica (HMS).....	48
5.5.2	Análise das melhores combinações de HMS, HMCR e PAR.	52
5.6	Análises dos valores ótimos obtidos por diferentes modelos	55
5.6.1	Simulação ótima 1 – Algoritmo Busca Harmônica	55
5.6.2	Simulação ótima 2 - Algoritmo Busca Harmônica x PDDD x AH.....	57
5.6.3	Simulação ótima 3 - Algoritmo Busca Harmônica x AG.....	62
6	CONCLUSÕES.....	66
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
	ANEXO.....	71