

Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2020

Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

P474 Pesquisa científica e inovação tecnológica nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-81740-21-4
 DOI 10.22533/at.ed.214201402

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.
 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio
 Mauro Braga

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Em “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3” temos treze capítulos que trazem preciosas contribuições para a inovação tecnológica nas engenharias.

Pesquisas na área de gestão de resíduos, produção de energia limpa, cuidados com o ambiente em que vivemos demonstram que os pesquisadores estão preocupados com a inovação, mas respeitando os recursos naturais.

Na mesma linha, pesquisas na área de logística e mecânica demonstram preocupação com o bem-estar da sociedade sem renunciar aos benefícios proporcionados pela tecnologia. Benefícios presentes ainda na otimização de custos em construção e na utilização de tecnologias de informação móveis.

Esperamos que esta obra seja útil ao progresso da ciência e possa melhorar as pesquisas na área. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Túllio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE EFLUENTE INDUSTRIAL TRATADO DE BENEFICIADORA DE ARROZ OBTIDO COMO BIOMASSA PARA PROCESSO DE PIRÓLISE	
Emerson de Moraes Böhm Roberto Tomedi Sacco Iago Riveiro Santos Dutra Pedro José Sanches Filho Giani Mariza Barwald Bohm	
DOI 10.22533/at.ed.2142014021	
CAPÍTULO 2	7
PETRODIESEL WITH BIODIESEL WATER/OIL SEPARATOR FILTER – LOW PERFORMANCE	
Sérgio Roberto Amaral José Luz Silveira Eloisa Couto Parkutz Costa Alan Baio Bonel Thiago de Miranda Nogueira Marcos Morin Marcondes Cesar Marcio José Cirino	
DOI 10.22533/at.ed.2142014022	
CAPÍTULO 3	21
GESTÃO DOS PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DAS MARMORARIAS DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ – PARÁ	
Taiana da Silva Ferreira Felipe José Marques Mesquita Mateus Mamede Mousinho Junior Hiroyuki Ishihara	
DOI 10.22533/at.ed.2142014023	
CAPÍTULO 4	32
ESTUDO DA CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS E A QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DO ESCRITÓRIO VERDE DA UTFPR	
Eloi Rufato Junior Plinio Caetano de Siqueira Rafael de Freitas Gasparelo Danderfer Thomas Hideki Sasaya	
DOI 10.22533/at.ed.2142014024	
CAPÍTULO 5	52
DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DE VIBRAÇÃO EM PROTÓTIPO DE VAGÃO DE MINÉRIO DE FERRO	
Alexandre Luiz Amarante Mesquita Ítalo José Cunha Araújo Eivelton André Oliveira da Trindade Ronaldo Menezes dos Santos Junior	
DOI 10.22533/at.ed.2142014025	

CAPÍTULO 6	62
AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA BRS BELÉM, SOB A ÓTICA DOS USUÁRIOS	
Diego Ribeiro Pinto de Castro Jânio Luiz Marques Trindade Júnior Gabrieli Inácio dos Santos Christiane Lima Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.2142014026	
CAPÍTULO 7	78
DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DE TESTE PARA CONTROLE DE POSIÇÃO DA VÁLVULA DISTRIBUIDORA	
Geanderson Cutrim Soares Hugo da Rocha Conceição Marcelo Alves de Sousa Bernard Carvalho Bernardes	
DOI 10.22533/at.ed.2142014027	
CAPÍTULO 8	90
USO DO ALGORITMO SIMULATED ANNEALING MODIFICADO PARA OTIMIZAÇÃO DE MUROS DE CONTENÇÃO	
Carlos Millan-Paramo Jair de Jesus Arrieta Baldovino Euriel Millan Romero	
DOI 10.22533/at.ed.2142014028	
CAPÍTULO 9	106
COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS GPS GEODÉSICO E GARMIN EM LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS	
Eduardo Vinícius Franco da Silva Gustavo Souza Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.2142014029	
CAPÍTULO 10	118
GERENCIAMENTO DE QUALIDADE DE PROJETO: COMPOSIÇÃO UNITÁRIA DOS CUSTOS DE SERVIÇOS DE MÃO-DE-OBRA	
Hamohhamed Henrik Santana Carvalho Lízia Sousa Alves Wilker David de Oliveira Selma Araújo Carrijo	
DOI 10.22533/at.ed.21420140210	
CAPÍTULO 11	124
SISTEMA DE INFORMAÇÃO: O USO DE APLICATIVO MÓVEL EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS	
Railma Saldanha da Silva Leanderson Augusto dos Santos Santana André Luis Rodrigues Mathias Suelma do Nascimento Brito Lôbo Mathias	
DOI 10.22533/at.ed.21420140211	
CAPÍTULO 12	133
ESTIMATION OF PARAMETERS OF THE TORQUE CONVERTER OF AN AUTOMATIC	

TRANSMISSION OF A PASSENGER VEHICLE

Elias Dias Rossi Lopes
André Flora Alves Pinto
Caio César do Prado Dorea Reis
Gustavo Simão Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.21420140212

CAPÍTULO 13 147

APLICAÇÃO DE *CYMBOPOGON WINTERIANUS* (CITRONELA) COMO AGENTE INIBIDOR DE BACTÉRIAS ISOLADAS DO FLUÍDO DE CORTE

Edgar Augusto Aliberti
Kátia Valéria Marques Cardoso Prates
Pâmela Nunes Sá

DOI 10.22533/at.ed.21420140213

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 153

ÍNDICE REMISSIVO 154

USO DO ALGORITMO SIMULATED ANNEALING MODIFICADO PARA OTIMIZAÇÃO DE MUROS DE CONTENÇÃO

Data de aceite: 03/02/2020

Carlos Millan-Paramo

Professor Facultad de Ingenieria, Universidad de Sucre, Colombia

carlos.millan@unisucre.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0004-6063>

Jair de Jesus Arrieta Baldovino

Doutorando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil

yaderbal@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7740-1679>

Euriel Millan Romero

Professor Facultad de Ingenieria, Universidad de Sucre, Colombia

euriel.millan@unisucre.edu.co

RESUMO: Na engenharia geotécnica, a técnica de otimização de estruturas de contenção de solos vem sendo empregada com sucesso. Assim, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um procedimento para o projeto de muros de arrimo rígido do tipo flexão com a utilização do Algoritmo *Simulated Annealing* Modificado (ASAM), baseado no procedimento da norma ACI 318-05. Desta maneira, procura-se obter com o algoritmo as dimensões do muro e as quantidades de reforço que tornam o projeto da estrutura com o menor peso possível, usando

como referência para a presente pesquisa o estudo de problemas validados mediante o uso de variáveis contínuas e variáveis discretas, cumprindo assim as necessidades geotécnicas e estruturais do muro no procedimento desenvolvido. Os resultados demonstram a eficiência do uso do ASAM na otimização deste tipo de estruturas de contenção de solos.

PALAVRAS-CHAVE: Muros de contenção, algoritmo *simulated annealing* modificado, otimização.

1 | INTRODUÇÃO

Os muros de flexão são um dos sistemas de contenção de solos mais sucedidos entre as diferentes categorias de muros de arrimo. O projeto de muros de flexão deve satisfazer as necessidades geotécnicas, estruturais e econômicas (Babu e Basha, 2006). O projeto ótimo de muros de flexão tem muitos estudos anteriores, enquanto os modelos matemáticos junto com procedimentos de otimização sempre vão ser uma ferramenta fundamental na área geotécnica (Gandomi et al, 2015).

Existem métodos metaheurísticos relativamente novos para o projeto de muros, como por exemplo, o SA (*Simulated Annealing*), o PSO (*Particle Swarm Optimization*), o FA

(*Firefly Algorithm*) e os AG (Algoritmos Genéticos). Um dos requerimentos mais importantes para levar a cabo uma boa pesquisa é o uso de algoritmos metaheurísticos, porque eles mantêm um equilíbrio adequado entre a diversificação e a intensificação. A diversificação é a exploração do espaço de busca, enquanto a intensificação é a exploração das melhores soluções encontradas (Talbi, 2009).

O Algoritmo *Simulated Annealing* Modificado (Millan-Paramo C e Filho J, 2019a, 2019 b), é baseado em um processo de enfreamento de metais usado no *Simulated Annealing* (SA) clássico, mas tem outras características fundamentais (exploração preliminar, passo de busca e probabilidade de aceitação) que fazem diferença com esse (Millan *et al*, 2014).

Assim, esta pesquisa busca usar o ASAM para a otimização de muros de flexão, enquanto seja comprovada sua eficiência para encontrar o menor peso possível (concreto mais aço de reforço) destas estruturas de contenção de solos, e desta maneira, atingir de forma objetiva a confiabilidade no algoritmo. Na primeira parte do documento se mostra a descrição do problema baseado em muros de flexão, em seguida, se descreve o algoritmo ASAM, os fundamentos dele e os parâmetros que fazem controle sobre ele. Para fazer a demonstração e validação do algoritmo, dois problemas de referências relacionados com o projeto de muros de flexão são analisados.

2 | DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Na Figura 1 se mostra um muro de flexão modelado com 12 variáveis de projeto: largura da base (X1), largura do pé (X2), largura da parte inferior da parede do muro (X3), largura da parte superior da parede do muro (X4), espessura da base (X5), distância desde o pé e a frente do dente do muro (X6), largura do dente (X7), espessura do dente (X8), aço de reforço vertical da parede do muro (R1), aço de reforço horizontal do pé e do talão (R2 e R3, respectivamente) e o aço de reforço vertical do dente (R4).

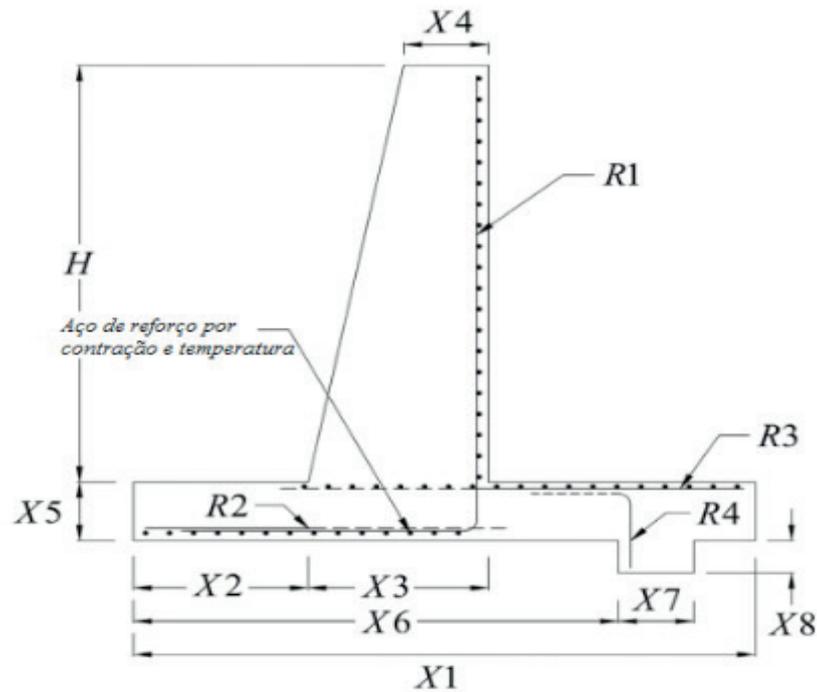


Figura 1. Variáveis de projeto do muro de flexão

As variáveis X1 até X8 representam a geometria do muro, e as variáveis R1 até R4 representam o aço de reforço. As variáveis X1 até X8 se definem como contínuas, enquanto que as variáveis desde R1 até R4 se consideram como um conjunto de valores discretos, como mostra a Tabela 1. Utilizou-se um total de 223 combinações de reforço (η) para representar entre 3 e 28 barras de aço com diâmetros desde 10 até 30mm uniformemente espaçadas (Camp e Alkin, 2012). O projeto do muro de flexão se divide em duas etapas: A) projeto geotécnico e B) projeto estrutural. Na primeira etapa do procedimento (etapa A), deve-se verificar a segurança ao tombamento, deslizamento e capacidade da carga da base do muro. Na etapa B, a etapa do projeto estrutural, o muro deve satisfazer os valores da força cortante e do momento na parede, no pé, no talão e no dente.

Combinação (η)	Aço de Reforço		Área (cm ²)
	Quantidade	Tamanho da Barra (mm)	
1	3	10	2,356
2	4	10	3,142
3	3	12	3,393
4	5	10	3,927
5	4	12	4,524
...
221	16	30	113,097
222	17	30	120,165
223	18	30	127,234

Tabela 1. Propriedades do aço de reforço para as variáveis R1 até R4

A figura 2 apresenta todas as forças atuantes sobre o muro de arrimo de flexão. A força resultante da pressão ativa P_A , a força resultante da pressão passiva de terras na parte do pé P_T , a força resultante da pressão passiva de terras no dente do muro P_K ; depois a força resultante da pressão sobre a base P_B , a sobrecarga distribuída sobre o aterro q (onde Q é a resultante da sobrecarga); e por último W_C , que é o peso combinado de todas as seções do muro; o peso do solo em cima do pé W_T e o peso do solo de aterro W_S . Os coeficientes de pressão ativa e passiva usados para a análise geotécnica estão baseados na teoria de Rankine (Das, 1994), usando as Equações (1) e (2).

$$K_a = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \quad (1)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2)$$

Onde β é o ângulo de inclinação do aterro e ϕ é o ângulo de atrito do solo do aterro. O projeto geotécnico está baseado na metodologia de Braja Das (Das, 1994) da seguinte maneira:

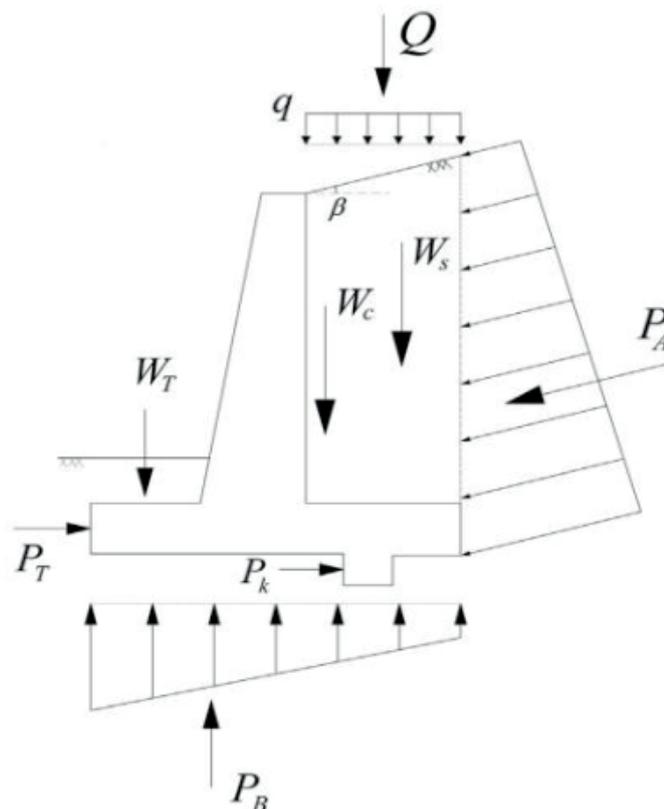


Figura 2. Forças que atuam sobre o muro de flexão

Requerimentos Geotécnicos. O fator de segurança ao tombamento FS_0 do muro está estabelecido da seguinte forma:

$$FS_0 = \frac{\sum M_R}{\sum M_O} \quad (3)$$

Onde $\sum M_R$ é o somatório dos momentos que tendem ou tornam a tombar o muro e $\sum M_O$ é o somatório dos momentos que tendem a evitar o tombamento. O fator de segurança ao deslizamento FS_s está expresso por:

$$FS_s = \frac{\sum F_R}{\sum F_D} \quad (4)$$

Onde $\sum F_R$ é a somatória das forças de resistência horizontais contra o deslizamento e $\sum F_D$ a somatória das forças horizontais que favorecem o deslizamento, as quais são definidas pelas equações (5) e (6):

$$\sum F_R = (\sum W_{Wall}) \tan\left(\frac{2\phi_{base}}{3}\right) + \frac{2BC_{base}}{3} + P_p \quad (5)$$

$$\sum F_D = P_a \cos\beta \quad (6)$$

De onde $\sum W_{wall}$ é o peso total do muro, base é o ângulo de atrito interno do solo de fundação, B é a largura da base, C_{base} é a coesão do solo de fundação, P_a é a força ativa e P_p a força passiva expressada pela Equação (7), que depende da profundidade de solo na frente do muro D1.

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma_{base} D1^2 K_p + 2C_{base} D1 \sqrt{K_p} \quad (7)$$

O fator de segurança de capacidade de carga da base FS_B é definido pela capacidade última de suporte do solo de fundação q_u e pela máxima pressão atuante embaixo da fundação q_{max} , mediante a equação (8).

$$FS_B = \frac{q_u}{q_{max}} \quad (8)$$

O q_{max} é definido pela Equação (9), onde também pode ser expressa a menor pressão atuante embaixo da fundação q_{min} :

$$q_{\frac{\max}{\min}} = \frac{\sum V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad (9)$$

O $\sum V$ é a somatória de todas as forças verticais e e é a excentricidade resultante do sistema de forças, e é calculada da seguinte maneira:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_O}{\sum V} \quad (10)$$

Requerimentos de resistência estruturais. Dentro de requerimentos de resistências estruturais no muro, pode-se dividir o tema em duas partes: momentos e forças cortantes. Os momentos e forças cortantes resistentes devem ser iguais ou maiores que os atuantes. Baseado na ACI 318-05 (ACI, 2005), pode-se calcular a resistência à flexão usando a equação (11):

$$M_n = \phi f_y A_s \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (11)$$

Onde ϕ é o coeficiente de resistência nominal (igual a 0,9), A_s é a área de aço de reforço, f_y é o esforço de fluência do aço, d é a distância desde a superfície de compressão ao centroide do esforço de tensão e a é a profundidade do bloco de tensões.

A resistência cortante é calculada seguindo a equação (12):

$$V_n = \phi 0.17 \sqrt{f_c} b d \quad (12)$$

Onde ϕ é o coeficiente de resistência nominal (igual a 0,75), V_n é a resistência à compressão do concreto, e b e d são as dimensões da seção.

3 | OTIMIZAÇÃO

Geralmente, os problemas de otimização minimizam uma função objetivo $f(x)$, sujeita às seguintes restrições:

$$\begin{aligned}
g_i(x) &\leq 0 & i=1,2,\dots,p \\
h_j(x) &\leq 0 & j=1,2,\dots,m \\
L_k &\leq X_k \leq U_k & k=1,2,\dots,m \quad (13)
\end{aligned}$$

Onde $g(x)$ são restrições de desigualdade, $h(x)$ são restrições de igualdade, L e U são os limites das variáveis. Nesta seção são descritas a função objetivo e as restrições usadas no presente estudo.

Função objetivo. Com o fim de obter um projeto ótimo usando técnicas metaheurísticas, é necessário definir uma função objetivo $f(x)$. No presente trabalho se usou a proposta de Saribaş (Saribaş e Erbatur, 1996) que está em função do peso dos materiais.

$$f_{\text{peso}} = W_{\text{st}} + 100V_c \gamma_c \quad (14)$$

Onde γ_c é o peso unitário do concreto; e se utiliza o fator 100 para a consistência de unidades (Saribaş e Erbatur, 1996).

3.1 Restrições

O projeto de muros de arrimo seguros e estáveis baseados na ACI 318-05 requer satisfazer certas condições relacionadas com a estabilidade, capacidade e geometria do muro (Camp e Alkin, 2012).

Restrições de estabilidade. As equações (15)-(17) definem a estabilidade do muro de arrimo:

$$FS_0 \geq FS_{0\text{design}} \quad (15)$$

$$FS_S \geq FS_{S\text{design}} \quad (16)$$

$$FS_B \geq FS_{B\text{design}} \quad (17)$$

Onde $FS_{0\text{design}}$, $FS_{S\text{design}}$, $FS_{B\text{design}}$ são os fatores de seguridade prescritos para o volcamento, deslizamento e capacidade de carga.

Restrições de capacidade. Cada seção do muro de arrimo deve ter capacidade de resistir às cargas efetivas. Dois critérios são propostos de acordo com a ACI 318-05

(ACI, 2005),

$$M_n \geq M_d \quad (18)$$

$$V_n \geq V_d \quad (19)$$

Onde M_d e V_d são o momento e a força cortante solicitados, respectivamente, e M_n e V_n são o momento e a força nominal, considerando as forças atuantes na parede do muro e as atuantes na base do mesmo.

Além disso, se devem cumprir com as limitações no reforço:

$$\rho_{\min} = 0.25 \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \geq \frac{1.4}{F_y} \quad (20)$$

$$\rho_{\max} = 0.85\beta_1 \frac{f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \quad (21)$$

Onde ρ_{\min} e ρ_{\max} são as quantias mínima e máxima de aço, respectivamente; f_c a resistência à compressão do concreto; f_y o esforço de fluência do aço e β_1 é calculado com a seguinte equação de acordo com a norma ACI 318-05:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_c \leq 30 \text{MPa} \quad \beta_1 = 0.85 \\ f_c > 30 \text{MPa} \quad \beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{7} (f_c - 30) \geq 0.65 \end{array} \right. \quad (22)$$

Restrições de geometria. As restrições de geometria consistem em restrições de limites e de desigualdade definidas para produzir projetos práticos. Para o presente estudo, um conjunto de valores contínuos se considerou para as variáveis X1 até X8 (como se apresenta na Figura 1), e um conjunto de valores discretos se considerou para as variáveis R1 até R4 (como se apresenta na Tabela 1). Para se definir as dimensões do muro não factíveis, são usadas as seguintes restrições de desigualdade de Camp (Camp e Alkin, 2012):

$$X1 \geq X2 + X3 \quad (23)$$

$$X1 \geq X6 + X7 \quad (24)$$

4 | ALGORITMO SIMULATED ANNEALING MODIFICADO

Antes de sintetizar as características do Algoritmo *Simulated Annealing* Modificado (ASAM), descreve-se brevemente o seu funcionamento básico. *Simulated*

Annealing básico (SA) começa com um determinado estado S. Através de um processo único cria um estado vizinho S' ao estado inicial. Se a avaliação do S' é menor que o S, muda o estado S por S'. Se a avaliação de S' é maior do que S, escolhe-se S' em vez de S, com certa probabilidade que depende da diferença das avaliações e da temperatura do sistema T. A probabilidade de aceitar um estado pior é calculada pela seguinte equação:

$$P(\Delta f, T) = e^{-(\Delta f/T)} \quad (25)$$

Onde P é a probabilidade de aceitar o novo estado; Δf é a diferença das avaliações da função para cada estado; T é a temperatura do sistema; e é o número de Euler.

Inicialmente, com grandes valores para T, frequentemente as soluções são aceitas com um valor da função objetivo maior, conforme o valor de T diminui, tais tipos de soluções são raramente aceitos, e quando T se aproxima de zero, somente aquelas soluções que melhoram a anterior são aceitas. A função de redução de temperatura mais utilizada é $T_{k+1} = T_k \alpha$, onde T_{k+1} é o novo valor de T, T_k corresponde ao valor prévio de T e α é uma constante que está no intervalo [0.8-0.99].

SA começa com uma solução inicial escolhida aleatoriamente no espaço de busca e compara com outra solução que também é estocasticamente selecionada no espaço de busca, o que afeta o algoritmo quando tem funções altamente dimensionais e modais, gerando tempos maiores de buscas e soluções subótimas. Além disso, a probabilidade de aceitação de uma solução inadequada está em um intervalo entre 0 e 1, podendo em temperaturas iniciais fazer que o algoritmo aceite um grande número de soluções de menor qualidade (aumentando o risco de ficar preso em um ótimo local). Neste contexto, o algoritmo ASAM tem três características fundamentais que o tornam diferente em comparação com *Simulated Annealing* clássico. Estas características são:

Exploração Preliminar. Nesta fase o algoritmo executa um varrimento no espaço de busca e está dado pela seguinte matriz:

$$X_{P \times N} = I_{P \times N} X_{\min} + \text{rand}_{P \times N} (X_{\max} - X_{\min}) \quad (26)$$

Onde P são os números de pontos (estados) que são desejados no espaço de busca; N é o número de dimensões do problema; $I_{P \times N}$ é a matriz de identidade de tamanho; X_{\min} é o limite inferior do problema; e X_{\max} é o limite superior do problema.

Para começar o processo de otimização com ASAM, todos os pontos gerados com (26) são avaliados na função objetivo do problema e o menor valor (no caso de procurar o valor mínimo da função) é escolhido como o ponto inicial de busca.

Passo de Busca. A partir do ponto de partida determinado na etapa anterior,

gera-se um passo de busca para determinar o estado vizinho. Este passo depende de um raio de ação que diminui gradualmente à medida que a temperatura do sistema diminui. A transição de ponto inicial ao novo ponto (passo de busca) é realizada por a adição de números aleatórios que estão entre zero e o valor do raio. Isso permite que o algoritmo execute uma exploração global a altas temperaturas e uma exploração local a baixas temperaturas, dando um equilíbrio entre a exploração e exploração do algoritmo.

$$R_{i+1}=R_i \cdot \alpha \quad (27)$$

Onde R_i é o raio inicial; e α é o coeficiente de redução do raio.

Probabilidade de Aceitação. Nesta proposta, a probabilidade de aceitação de uma solução (estado) pior é dada por:

$$P=1/(1+e^{((\Delta f/T))}) \quad (28)$$

Onde P é a probabilidade de aceitar o novo estado; Δf a diferença das avaliações da função para cada estado; T a temperatura do sistema; e e é o número de Euler. Esta probabilidade está em um intervalo entre 0 e $\frac{1}{2}$, permitindo ao algoritmo ter um intervalo de aceitação menor de soluções piores. Em resumo, as três modificações propostas em ASAM têm a finalidade de melhorar a exploração inicial, permitir um balanço entre a exploração inicial e final e controlar a convergência na fase final de busca (Millán *et al*, 2014).

5 | PROBLEMAS NUMÉRICOS

Para a validação do desempenho e do trabalho do ASAM, dois problemas exemplo propostos por Saribaş (Saribaş e Erbatur, 1996) foram analisados. O desvio padrão se usou para medir a precisão e a estabilidade do método. Diz-se que um método heurístico de otimização é estável e preciso se seu desvio padrão é baixo. O algoritmo se pode catalogar como robusto quando se é aplicado em diferentes problemas e apresenta uma eficiente precisão. No presente trabalho, cada corrida do algoritmo foi feita 100 vezes (Gandomi *et al*, 2015); e o valor da função, o pior valor da função, a meia e o desvio padrão dos valores são reportados. A implementação do algoritmo foi realizada no Matlab®, usando um sistema operacional Windows 7 (equipamento Intel Core i7-2.4 GHz, 8 GB de memória RAM).

Problema 1. Para o problema 1, o dente não está incluído no projeto do muro. Os valores usados para o Problema 1 estão indicados na Tabela 2. Os limites de valores para as variáveis são apresentados na Tabela 3. A Tabela 4 lista os resultados

das variáveis de projeto, o pior, o melhor, meia e desvio padrão (DP) dos projetos encontrados com o ASAM, comparados com o autor Camp (Camp e Alkin, 2012), que usou o algoritmo Big Bang-Big Crouch (BB-BC). A convergência do algoritmo se mostra na Figura 3.

Parâmetro	Símbolo	Valor		Unidade
		Problema 1	Problema 2	
Altura do muro	H	3,0	4,5	m
Esforço de fluência do aço	f_y	400	400	MPa
Esforço de compressão do concreto	f_c	21	21	MPa
Recobrimento do concreto	CC	7	7	m
Quantidade de aço por contração e temperatura	Pst	0,002	0,002	-
Sobrecarga	q	20	30	kPa
Ângulo de inclinação do aterro	β	10	0	°
Ângulo de atrito do solo do aterro	ϕ	36	28	°
Ângulo de atrito do aterro de fundação	ϕ'	0	34	°
Peso específico do solo do aterro	γ_s	17,5	17,5	kN/m ³
Peso específico do solo de fundação	γ_s'	18,5	18,5	kN/m ³
Peso específico do concreto	γ_c	23,5	23,5	kN/m ³
Coesão do solo de fundação	C	125	0	kPa
Altura de solo na frente do muro	D	0,5	0,3	m
Fator de segurança ao deslizamento	$FS_{0design}$	1,5	1,5	-
Fator de segurança ao volcamento	$FS_{Sdesign}$	1,5	1,5	-
Fator de segurança da base	$FS_{Bdesign}$	3,0	1,5	-

Tabela 2. Parâmetros para os Problemas 1 e 2.

Variáveis	Unidade	Problema 1	
		Limite inferior	Limite superior
X1	m	1,3090	2,3333
X2	m	0,4363	0,7777
X3	m	0,2000	0,3333
X4	m	0,2000	0,3333
X5	m	0,2722	0,3333
X6	m	-	-
X7	m	-	-
X8	m	-	-
R1	-	1	223
R2	-	1	223
R3	-	1	223
R4	-	-	-

Tabela 3. Limite das variáveis de projeto para o Problema 1.

Variáveis	Camp BB-BC	Presente Trabalho
X1 (m)	1,745	1,783
X2 (m)	0,656	0,661
X3 (m)	0,200	0,200
X4 (m)	0,200	0,200
X5 (m)	0,272	0,272
R1	27-10 mm	8-18 mm
R2	10-10 mm	14-10 mm
R3	10-10 mm	10-10 mm
Melhor (kg/m)	2608,30	2608,50
Pior (kg/m)	-	2608,90
Meia (kg/m)	-	2608,70
DP (kg/m)	-	0,128

Tabela 4. Comparação dos resultados para o Problema 1

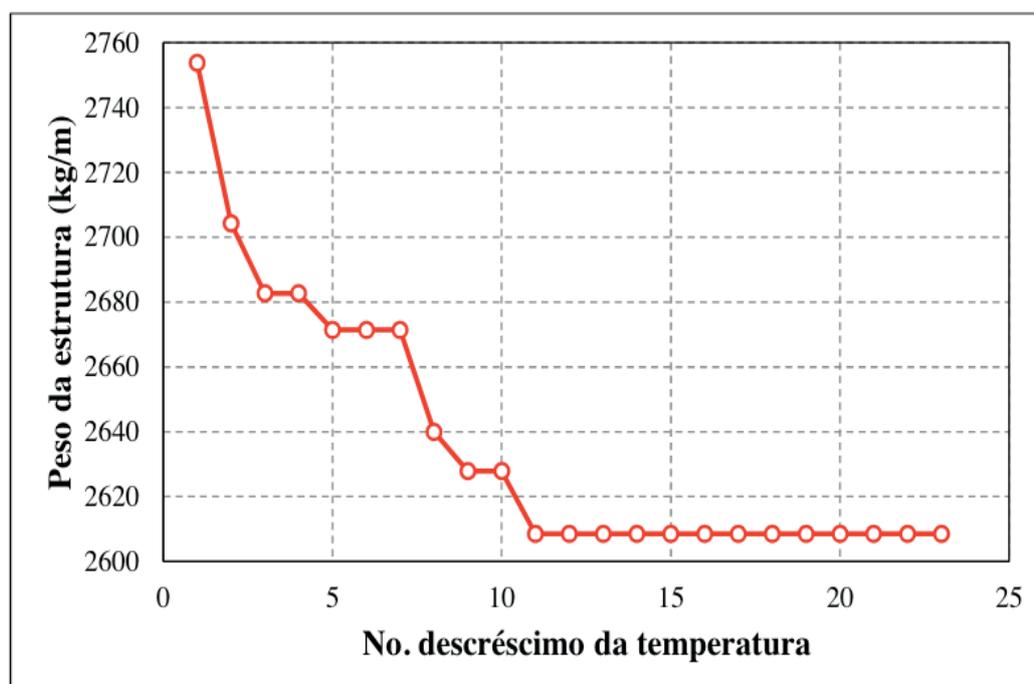


Figura 3. Convergência do Problema 1

Problema 2. Para o segundo problema, dois diferentes casos de projeto são considerados: um sem dente (Caso 1), e um com dente (Caso 2). Usaram-se os parâmetros propostos por Saribaş (Saribaş e Erbatur, 1996), como mostra a Tabela 2. A Tabela 5 mostra os limites das variáveis de projeto. Na série das 100 execuções, os valores das variáveis de projeto, o melhor, o pior, a meia e o DP para o Caso 1 e para o Caso 2 são apresentados na Tabela 6. Os gráficos de convergência para o Caso 1 e o Caso 2 são apresentados nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

Variáveis	Unidade	Problema 2	
		Limite inferior	Limite superior
X1	m	1,96	5,5
X2	m	0,65	1,16
X3	m	0,25	0,5
X4	m	0,25	0,5
X5	m	0,4	0,5
X6	m	1,96	5,5
X7	m	0,2	0,5
X8	m	0,2	0,5
R1	-	1	223
R2	-	1	223
R3	-	1	223
R4	-	1	223

Tabela 5. Limite das variáveis de projeto para o Problema 2

Variáveis	Camp BB-BC		Presente trabalho	
	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
X1 (m)	4,310	3,760	4,281	3,760
X2 (m)	0,650	0,680	0,650	0,650
X3 (m)	0,410	0,410	0,409	0,409
X4 (m)	0,250	0,250	0,250	0,250
X5 (m)	0,400	0,400	0,400	0,400
X6 (m)	-	0,322	-	0,281
X7 (m)	-	0,200	-	0,200
X8 (m)	-	0,490	-	0,473
R1	22-14 mm	22-14 mm	22-14 mm	22-14 mm
R2	15-10 mm	18-10 mm	16-10 mm	20-10 mm
R3	22-14 mm	20-14 mm	24-14 mm	20-14 mm
R4	-	6-10 mm	-	6-10 mm
Melhor (kg/m)	7821,554-	7525,407-	7822,40	7524,90
Pior (kg/m)	-	-	7824,20	7526,90
Meia (kg/m)	-	-	7823,30	7525,80
DP (kg/m)	-	-	0,511	0,570

Tabela 6. Comparação para os resultados do Problema 2

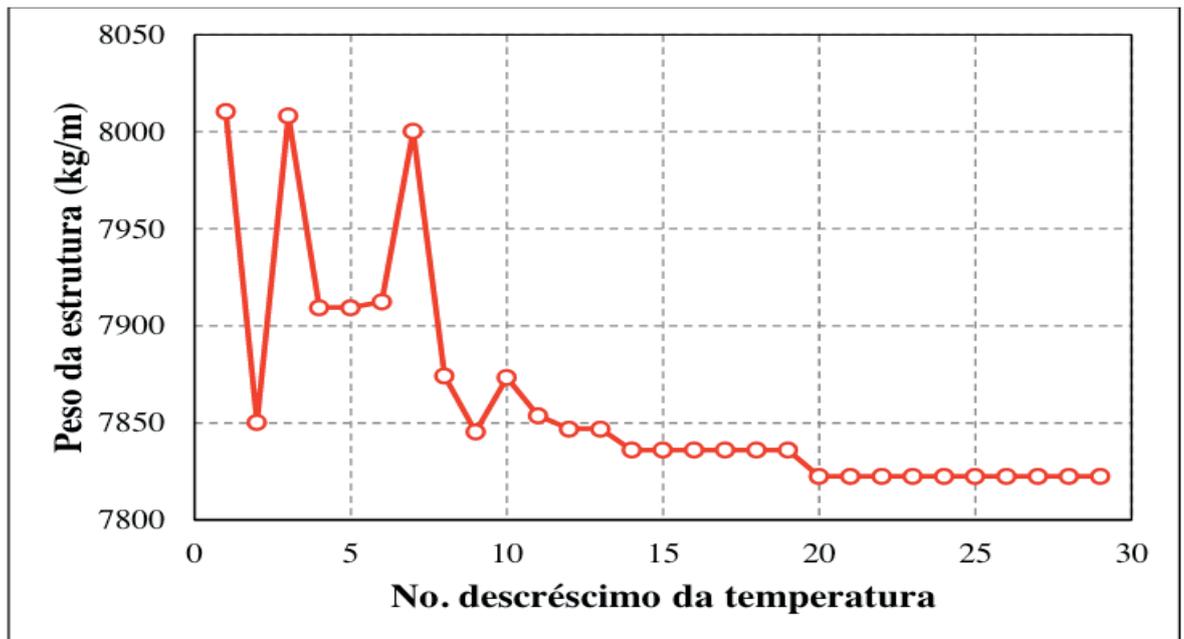


Figura 4. Convergência do Problema 2: Caso 1

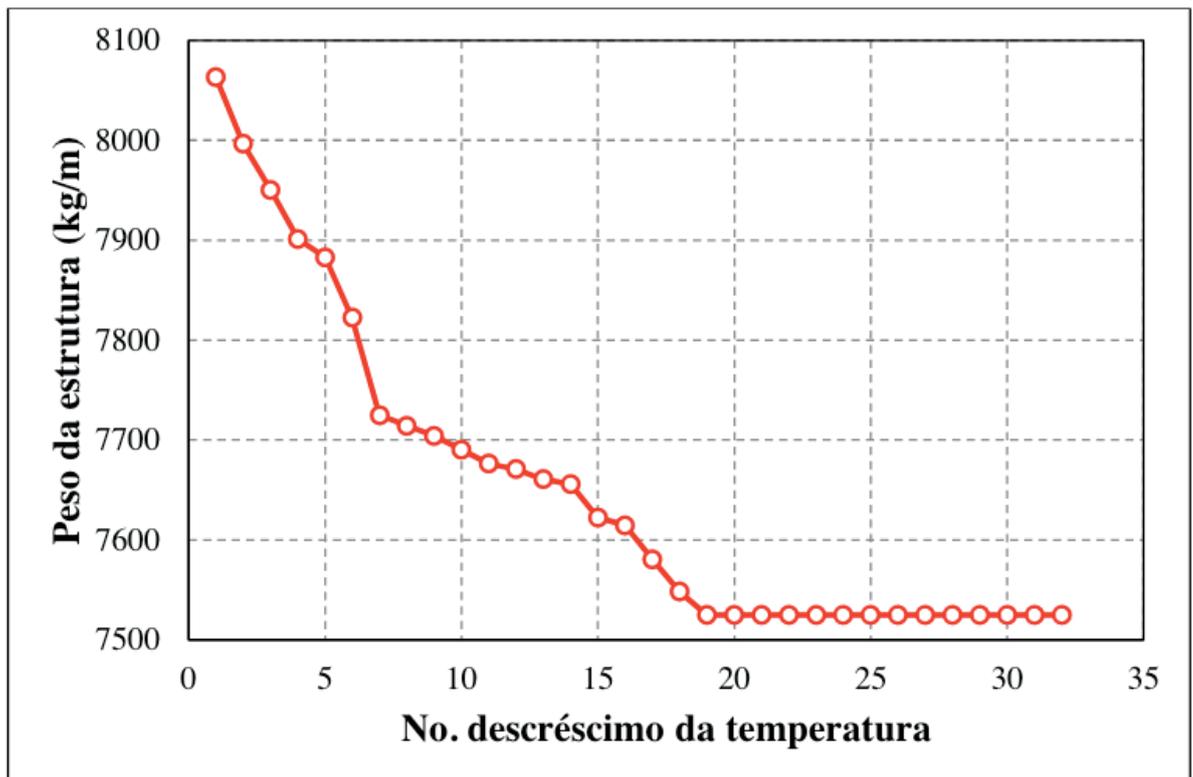


Figura 5. Convergência do Problema 2: Caso 2

Pode-se considerar o ASAM como um algoritmo de otimização robusto porque encontrou valores iguais ou melhores que os reportados por outros autores, os quais trabalharam com os problemas feitos no presente trabalho, como Camp (Camp e Alkin, 2012). O algoritmo ASAM mostra sua excelente capacidade para escapar de valores ótimos locais, pois os problemas analisados têm espaços de busca altamente não lineares e não convexos.

No Problema 1, o melhor valor encontrado pelo algoritmo foi de 2608,6 kg/m,

sendo este resultado igual ao encontrado por Camp, que usou o algoritmo BB-BC. No Problema 2, para o Caso 1, o melhor peso foi de 7826,4 kg/m, sendo este 1 kg mais pesado que o apresentado por Camp; para o Caso 2, denota-se uma superioridade ao projeto apresentado por Camp, pois melhorou em 0,5 kg (7524,9 kg/m no presente trabalho e 7525,407 por Camp).

Através do ponto de vista estatístico, nos dois problemas, os valores de pior, meia e DP indicam a exatidão, precisão, estabilidade e robustez da técnica usada para a resolução de projetos de muros de flexão. Por último, o autor Camp no reportou valores de pior, meia e DP nos seus resultados.

6 | CONDIÇÕES FINAIS

O presente trabalho avaliou o desempenho do Algoritmo *Simulated Annealing* Modificado (ASAM). Os resultados encontrados nos problemas desenvolvidos com o algoritmo foram satisfatórios quando comparados com outros autores, que fizeram o mesmo procedimento com outros algoritmos, como realizado por Camp.

Nas Tabelas 4 e 6 observam-se os resultados comparados em paralelo com esse autor, onde se valida o trabalho feito com o ASAM. Também se deve mencionar e enfatizar a precisão, robustez e versatilidade do algoritmo usado para confrontar a diversidade de problemas, com diferentes números de variáveis e restrições, obtendo resultados satisfatórios.

7 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e ao apoio da CAPES.

REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE. INSTITUTE. Building code requirements for structural concrete and commentary (ACI 318-05), 2005.

BABU, G. S. AND BASHA, B. M. Inverse reliability based design optimization of cantilever retaining walls. **In3rd. Int. ASRAN et Colloquium**, pp. 10-12, 2006.

CAMP, C.V. AND ALKIN, A. Design of Retaining Walls Using Big Bang–Big Crunch Optimization. **J. Struct. Eng.**, vol. 138, no. 3, pp. 438-448, 2012.

DAS, B. M. Principles of geotechnical engineering. Boston: **PWS Publishing**, 1994.

GANDOMI, A. H., KASHANI, A. R., ROKE, D. A., AND MOUSAVI, M. Optimization of retaining wall design using recent swarm intelligence techniques. **Engineering Structures**, 103, 72-84, 2005.

MILLAN, C; BEGAMBRE, A AND MILLAN, E. Propuesta y validación de un algoritmo Simulated annealing modificado para la solución de problemas de optimización. **Rev. int. métodos numér. cálc. diseño ing.**.Vol. 30, no. 4, p. 264–270, 2014.

MILLAN-PARAMO C, FILHO J. Modified simulated annealing algorithm for optimal design of steel structures. **Rev int métodos numér cálc diseño ing** 35:1–12, 2019a.

MILLAN-PARAMO, C, ABDALLA FILHO, J.E. Size and Shape Optimization of Truss Structures with Natural Frequency Constraints Using Modified Simulated Annealing Algorithm, **Arab J Sci Eng** <https://doi.org/10.1007/s13369-019-04138-5>, 2019b.

SARIBAŞ, A AND ERBATUR, F. Optimization and sensitivity of retaining structures. **J. Geotech. Eng.**, vol. 122, no. 8, pp. 649-656, 1996.

TALBI, E. G. Metaheuristics: from design to implementation. **John Wiley & Sons**, vol 74, 2009.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Franciele Braga Machado Tullio: Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

Lucio Mauro Braga Machado: Bacharel em Informática (Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG/1995), Licenciado em Matemática para a Educação Básica (Faculdade Educacional da Lapa – FAEL/2017), Especialista em Desenvolvimento de Aplicações utilizando Tecnologias de Orientação a Objetos (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/ 2008). É coordenador do Curso Técnico em Informática no Colégio Sant’Ana de Ponta Grossa/PR onde atua também como professor desde 1992, também é professor na Faculdade Sant’Ana atuando nas áreas de Metodologia Científica, Metodologia da Pesquisa e Fundamentos da Pesquisa Científica e atua como coordenador dos Sistemas de Informação e do Núcleo de Trabalho de Conclusão de Curso da instituição. E-mail para contato: machado.lucio@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorção atômica 1, 3
Agências bancárias. 129, 130, 131
Algoritmo *simulated annealing* modificado 90, 91, 97, 104
Análise termogravimétrica 1, 3, 4, 5
Aplicativos móveis 124, 129
Automatic Transmissions 133, 134

B

Biocida natural 147

C

Carvão 1, 5
Controle de poeira 52, 60

D

Distribuidor 78, 79, 80, 82, 86, 87, 88, 89

E

Eficiência Energética 33
Emulação 78, 82, 85, 89
Energia Fotovoltaica 33

F

Filmes poliméricos 52, 53, 55, 60

G

Gestão 19, 21, 31, 118, 119, 123, 126
Granito 21, 23, 25, 29, 30, 31

H

Halos 147, 148, 149, 150, 151

I

Insumos 118, 119, 120, 122

M

Mão-de-Obra 118, 119, 120
Mármore 21, 22, 23, 25, 28, 29, 30
Microprocessador 78
Minério de ferro 52, 53, 60
Muros de contenção 90

N

NDAE 21, 52, 53, 59, 60, 62, 63

O

Orçamento 118, 119, 120, 123, 153

Otimização 90, 91, 95, 98, 99, 103

Oxidation stability 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 18

P

Particle Swarm Optimization 90, 133, 134, 139

Potencial inibitório 147, 151

Pre filter 7, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 18

Produtividade 27, 118, 119, 120

Q

Qualidade de Energia Elétrica 32, 33, 35, 38, 40, 41, 44, 48, 49, 51

Qualidade de Serviço 62

R

Reaproveitamento 21, 30

Regulador 23, 78, 79, 80, 81, 83, 89

Resíduos 1, 2, 5, 19, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 80, 118

S

Sistema BRS 62, 68, 70

Sistema de informação 65, 124, 125, 126, 127, 132

Sludge 1, 2, 5, 6, 7, 8, 13

T

Torque Converter 133, 134, 135, 136, 137, 140, 141, 142, 146

Transporte público 62, 64, 65, 66, 67, 73, 74, 75, 76, 77

V

Vagão 52, 53, 55, 56, 58, 59, 60

Válvulas 78, 80, 82, 85, 89

Vibração 52, 53, 55, 58, 59, 60

W

Water separation 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18

 **Atena**
Editora

2 0 2 0