

Engenharias, Ciência e Tecnologia 4

Luís Fernando Paulista Cotian
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2019

Luís Fernando Paulista Cotian

(Organizador)

Engenharias, Ciência e Tecnologia

4

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

E57 Engenharias, ciência e tecnologia 4 [recurso eletrônico] / Organizador
Luís Fernando Paulista Cotian. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2019. – (Engenharias, Ciência e Tecnologia; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-087-2

DOI 10.22533/at.ed.872193101

1. Ciência. 2. Engenharia. 3. Inovações tecnológicas.
4. Tecnologia. I. Cotian, Luís Fernando Paulista. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia, Ciência e Tecnologia” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume IV apresenta, em seus 29 capítulos, conhecimentos relacionados a Modelagem, Análise e Simulação relacionadas à engenharia de produção nas áreas de Programação Matemática, Decisão Multicriterial e Teoria da Decisão e Teoria dos Jogos.

A área temática de Modelagem, Análise e Simulação trata de temas relevantes para a mecanismos que auxiliam na tomada de decisão, desde a modelagem e simulação até a análise dos resultados envolvendo assuntos relacionados a engenharia. As análises e aplicações de novos estudos proporciona que estudantes utilizem conhecimentos tanto teóricos quanto tácitos na área acadêmica ou no desempenho da função em alguma empresa.

Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam levar em consideração a área de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e seguindo a legislação vigente.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos de Modelagem, Análise e Simulação e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Luís Fernando Paulista Cotian

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A UTILIZAÇÃO DE UM SOFTWARE PARA O DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA	
<i>Douglas Freitas Augusto dos Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931011	
CAPÍTULO 2	11
ALGORITMOS EVOLUTIVOS APLICADOS A OTIMIZAÇÃO OFF-LINE DE UM MAPA COGNITIVO FUZZY DE UM MISTURADOR INDUSTRIAL	
<i>Márcio Mendonça</i>	
<i>Edson Hideki Koroishi</i>	
<i>Lillyane Rodrigues Cintra</i>	
<i>Lucas Botoni de Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931012	
CAPÍTULO 3	19
APLICAÇÕES MATEMÁTICAS EM MEDIDAS AGRÁRIAS: UM CONHECIMENTO ETNOMATEMÁTICO DO HOMEM DO CAMPO CONTEXTUALIZADO COM O CONTEÚDO ESCOLAR	
<i>Deonísio Hul</i>	
<i>Silton José Dziadzio</i>	
<i>Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931013	
CAPÍTULO 4	34
AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA CONEXÃO DE UMA UNIDADE GERADORA DISTRIBUÍDA A UM ALIMENTADOR DE 13,8 KV UTILIZANDO O ATP	
<i>Jaqueline Oliveira Rezende</i>	
<i>Larissa Marques Peres</i>	
<i>Geraldo Caixeta Guimarães</i>	
<i>Marcelo Lynce Ribeiro Chaves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931014	
CAPÍTULO 5	46
CÁLCULO FRACIONÁRIO APLICADO À GENERALIZAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DE BAGAÇO DE UVA	
<i>Amanda Peruzzo da Motta</i>	
<i>Bruna de Souza Nascimento</i>	
<i>Fernanda Batista de Souza</i>	
<i>Douglas Junior Nicolin</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931015	
CAPÍTULO 6	57
CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO TÉRMICA DO BAGAÇO DE CANA	
<i>Edvan Vinícius Gonçalves</i>	
<i>Wardleison Martins Moreira</i>	
<i>Emanuel Souza Barros</i>	
<i>Sérgio Inácio Gomes</i>	
<i>Marcos de Souza</i>	
<i>Luiz Mario de Matos Jorge</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931016	

CAPÍTULO 7 67

CONTAGEM AUTOMÁTICA DE OVOS DO AEDES AEGYPTI EM PALHETAS DE OVITAMPAS: UM SISTEMA PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Carlos Diego Franco da Rocha
Ayla Márcia Cordeiro Bizerra
Demétrios Araújo Magalhães Coutinho
Luiz Fernando Virginio da Silva
Michel Santana de Deus
Phablo Márcio de Paiva Souto

DOI 10.22533/at.ed.8721931017

CAPÍTULO 8 75

CONTROLADOR FUZZY MAMDANI APLICADO À NAVEGAÇÃO AUTÔNOMA EM AMBIENTE DESCONHECIDO VARIANTE NO TEMPO

Eduardo Vilela Pierangeli
Jordann Alessander Rosa Almeida
Marcelo Vilela Pierangeli

DOI 10.22533/at.ed.8721931018

CAPÍTULO 9 82

CONTROLE ROBUSTO APLICADO EM UMA VIGA DE MATERIAL COMPÓSITO VISANDO ATENUAÇÃO DE VIBRAÇÕES

Camila Albertin Xavier da Silva
Daniel Almeida Colombo
Edson Hideki Koroishi
Albert Willian Faria

DOI 10.22533/at.ed.8721931019

CAPÍTULO 10 96

ESTRATÉGIAS HEURÍSTICAS PARA POSICIONAMENTO DE UNIDADES DE MEDIÇÃO FASORIAL

Marcio André Ribeiro Guimaraens
Julio Cesar Stacchini de Souza
Milton Brown Do Coutto Filho
Breno Crespo Zeba

DOI 10.22533/at.ed.87219310110

CAPÍTULO 11 109

ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA URBANIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SOUSA-PB NO PERÍODO DE 1984 A 2016

Márcia de Lacerda Santos
Thayse Bezerra da Silva
Maria Raiana Almeida Silva
Danielle Leal Barros Gomes

DOI 10.22533/at.ed.87219310111

CAPÍTULO 12 116

FLAMBAGEM LINEAR E NÃO-LINEAR UTILIZANDO UMA ANÁLISE NUMÉRICA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Rodrigo Villaca Santos
Leticia Barizon Col Debella

DOI 10.22533/at.ed.87219310112

CAPÍTULO 13..... 121

GEOLOGIA DA SERRA DO CARAÇA: PERFIS REAIS

Carolina Cristiano Barbosa
Ariadne Duarte Libutti Nuñez
Adriane Abreu Cadar
Alexandre Motta Tunes
Bárbara Alves Oliveira
Ulisses Cyrino Penha

DOI 10.22533/at.ed.87219310113

CAPÍTULO 14..... 132

GERENCIAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO: PREVISÃO DE COMPORTAMENTO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Josué Domingos da Silva Neto
Débora Cristina Almeida de Assis
Nayra Vicente Sousa da Silva
Zenilda Vieira Batista

DOI 10.22533/at.ed.87219310114

CAPÍTULO 15..... 143

INFLUÊNCIA DA INÉRCIA A TORÇÃO NO MOMENTO FLETOR DE PLACAS MACIÇAS DE CONCRETO

Leticia Barizon Col Debella
Rodrigo Villaca Santos

DOI 10.22533/at.ed.87219310115

CAPÍTULO 16..... 149

METODOLOGIA DE CONTROLE PREVENTIVO BASEADA EM ÁRVORE DE DECISÃO PARA A MELHORIA DA SEGURANÇA ESTATICA E DINÂMICA DO SISTEMA INTERLIGADO DA ELETRONORTE

Ubiratan Holanda Bezerra
João Paulo Abreu Vieira
Werboston Douglas de Oliveira
Daniel Augusto Martins
Dione José Abreu Vieira
Bernard Carvalho Bernardes
Benedito das Graças Duarte Rodrigues
Vilson Castro

DOI 10.22533/at.ed.87219310116

CAPÍTULO 17 166

O WATSON DA IBM

Eduardo Bruno de Almeida Donato
Amanda Moura Camilo

DOI 10.22533/at.ed.87219310117

CAPÍTULO 18..... 173

PROTÓTIPO DE UM PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE A PARTIR DA LEI DE DARCY

Guilherme Medina Cameu
Victor Araujo Figueredo Fischer
Wataru Iwamoto
Rômulo Henrique Batista de Farias

DOI 10.22533/at.ed.87219310118

CAPÍTULO 19 178

SIMULADOS ELETRÔNICOS DO PROCESSO SELETIVO DO IFPR: INSTRUMENTO DE DIVULGAÇÃO E DEMOCRATIZAÇÃO DO ENSINO

João Henrique Berssanette
Antonio Carlos de Francisco
Fabiane Ferreira
Maria Fernanda Müller Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.87219310119

CAPÍTULO 20 188

SOLARIZAÇÃO DO SOLO E BIOFUMIGAÇÃO NA VIABILIDADE DE SCLEROTIUM ROLFSSII

João Luiz Lopes Monteiro Neto
Roberto Tadashi Sakazaki
Raphael Henrique da Silva Siqueira
Carlos Abanto-Rodríguez
Sonicley da Silva Maia
Rannyonara Oliveira Rodrigues
Lucas Aristeu Anghinoni dos Santos
Beatriz Sayuri Campaner Sakazaki

DOI 10.22533/at.ed.87219310120

CAPÍTULO 21 194

SYNOPTERO: RECONSTRUINDO O MUNDO TRIDIMENSIONAL A PARTIR DO BIDIMENSIONAL

Lucas Maquedano da Silva
Marcos Cesar Danhoni Neves
Fernanda Tiemi Karia
Gabriel Francischini de Oliveira
Leandro Moraes Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.87219310121

CAPÍTULO 22 202

TENDÊNCIAS CLIMATOLÓGICAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL

Lucas Rosa de Almeida
Marcelo Vieira-Filho
Sílvia Yanagi
Marcelo Ribeiro Viola

DOI 10.22533/at.ed.87219310122

CAPÍTULO 23 217

TEORIA NA PRÁTICA: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DAS PRINCIPAIS PARTIDAS DA MÁQUINA DE INDUÇÃO

Murilo Miceno Frigo
Paulo Irineu Koltermann

DOI 10.22533/at.ed.87219310123

CAPÍTULO 24 229

UM ALGORITMO ITERATED LOCAL SEARCH PARA O STABLE MATCHING PROBLEM APLICADO AO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE ALUNOS NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO

Robson Vieira de Oliveira
Matheus Correia Teixeira
Marco Antonio Bonelli Junior

DOI 10.22533/at.ed.87219310124

CAPÍTULO 25 242

USO DE IMAGENS SENTINEL - 2A E O ALGORITMO SVM PARA MONITORAR AS APP DE NASCENTES E CURSOS D'AGUA DO RIBEIRÃO MARANHÃO, LAVRAS, MG

Ester Afonso
Katyanne Conceição
Beatriz Campos
Franklin Inácio
Margarete Volpato
Helena Alves

DOI 10.22533/at.ed.87219310125

CAPÍTULO 26 249

UTILIZAÇÃO DA EVOLUÇÃO DIFERENCIAL EM PROBLEMAS INVERSOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS DE UMA VIGA EULER-BERNOULLI

Rennan Otavio Kanashiro
Edson Hideki Koroishi
Fabian Andres Lara-Molina

DOI 10.22533/at.ed.87219310126

CAPÍTULO 27 258

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS (PIV) PARA O ESTUDO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DE PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA

Eduardo Hélio de Novais Miranda
Rodrigo Allan Pereira
Francisco Carlos Gomes
Roberto Alves Braga Junior
Fernando Pujaico Rivera
Lucas Henrique Pedrozo Abreu

DOI 10.22533/at.ed.87219310127

CAPÍTULO 28 264

UTILIZAÇÃO DO SENSOR PT100 NO ARDUINO PARA CAPTAÇÃO DA TMR

Mariana Espíndola Vieira
Helena Dufau
Christian Muller
Anderson Ferrugem
Antonio Silva
Rafael Soares

DOI 10.22533/at.ed.87219310128

CAPÍTULO 29 269

DINÂMICA DE ESCOAMENTOS PARTICULADOS EM DUTOS VERTICAIS

Diego Nei Venturi
Francisco José De Souza

DOI 10.22533/at.ed.87219310129

SOBRE O ORGANIZADOR 280

ALGORITMOS EVOLUTIVOS APLICADOS A OTIMIZAÇÃO OFF-LINE DE UM MAPA COGNITIVO FUZZY DE UM MISTURADOR INDUSTRIAL

Márcio Mendonça

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Mecânica (PPGEM)
Cornélio Procópio – PR

Edson Hideki Koroishi

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Mecânica (PPGEM)
Cornélio Procópio – PR

Lillyane Rodrigues Cintra

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Graduada em Engenharia Mecânica
Cornélio Procópio – PR

Lucas Botoni de Souza

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Mecânica (PPGEM)
Cornélio Procópio – PR

RESUMO: Em instalações industriais, é comum a existência de processos multivariáveis com fortes interações entre suas variáveis. Além disso, existem não linearidades e, em alguns casos, com objetivos de controle conflitantes. Neste contexto, esse trabalho foca-se na aplicação de Algoritmos Genéticos (AG) para a evolução de um Mapa Cognitivo Fuzzy Dinâmico (DFCM) no controle inteligente de um misturador industrial. O controlador

DFCM é baseado no aprendizado de Hebb. Os resultados comparam duas abordagens do AG proposto: a primeira com solução inicial aleatória definida pelos autores, enquanto que a segunda contém conhecimento de especialista sobre o problema. A segunda abordagem apresentou os melhores resultados relativos. Trabalhos futuros apresentarão diferentes metodologias para comparação de resultados, como o *simulated annealing* para evolução do DFCM.

PALAVRAS-CHAVE: Mapas Cognitivos Fuzzy Dinâmicos; Misturador Industrial; Algoritmos Genéticos; Controle Inteligente.

ABSTRACT: In industrial installations, it is common the existence of multivariable processes with high correlation between its variables. Besides, there are nonlinearities, and in some cases, with conflicting control objectives. In this context, this work focuses in the application of Genetic Algorithms (AG) for the evolution of a Dynamic Fuzzy Cognitive Map (DFCM) in an industrial mixer intelligent control. The DFCM controller is also based on Hebbian learning. The results compare two approaches of the proposed AG: the first with a random initial solution proposed by the authors, and the second containing experts' knowledge of the problem. The second approach presented the best relative results. Future works will present

different methodologies to compare the results, such as simulated annealing for the evolution of the DFCM.

KEYWORDS: Dynamic Fuzzy Cognitive Maps; Industrial Mixer; Genetic Algorithms. Intelligent Control.

1 | INTRODUÇÃO

Na natureza, a sobrevivência de indivíduos está fortemente relacionada com a adaptabilidade dos seres à competição por recursos, em outras palavras, os indivíduos mais bem adaptados à competição por recursos, sobrevivem. Deste modo, adaptar-se às variações do ambiente é imprescindível para garantir a sobrevivência dos indivíduos. Com base na evolução biológica, John Holland publicou o livro “*Adaptation in Natural and Artificial Systems*” (HOLLAND, 1992), considerado atualmente a referência básica sobre Algoritmos Genéticos (AGs).

Desde então, esses algoritmos vem sendo aplicados com sucesso em problemas do mundo real relacionados a busca e otimização (STACH *et al.*, 2005) simple, and powerful tool for simulation and analysis of dynamic systems. They were originally developed in 1980 by Kosko, and since then successfully applied to numerous domains, such as engineering, medicine, control, and political affairs. Their popularity stems from simplicity and transparency of the underlying model. At the same time FCMs are hindered by necessity of involving domain experts to develop the model. Since human experts are subjective and can handle only relatively simple networks (maps. Os AGs trabalham com uma busca estocástica, onde o espaço de busca é percorrido baseando-se em transições probabilísticas (GOLDBERG, 1989). De modo geral, os AGs possuem quatro características que difere seu método de busca e otimização dos métodos tradicionais, sendo elas (GOLDBERG, 1989):

- Fazem uso de uma codificação do conjunto de parâmetro e não os próprios parâmetros;
- Operam em uma população e não em um único ponto;
- Usam informações do valor da função custo e não informações sobre derivadas da função de otimização;
- Utilizam regras de transição probabilísticas ao invés de determinísticas.

Os AGs são formados por uma população de indivíduos e um conjunto de operadores sobre a população. Segundo as teorias evolucionárias, as quais foram base para o desenvolvimento dos AGs, os elementos mais bem adaptados ao seu meio têm maior probabilidade de sobreviver e de se reproduzir, transmitindo seu material genético para as próximas gerações. Um AG é composto basicamente por quatro etapas:

1. Geração da população inicial;

2. Avaliação de cada elemento da população;
3. Seleção dos melhores elementos da população;
4. Manipulação genética, através dos operadores de cruzamento e mutação, de forma a criar uma nova população.

Após a realização de todas as etapas citadas, um laço retorna ao passo 2 enquanto um determinado critério de parada não for atingido. Destaca-se que a aplicação de AGs requer conhecimento prévio do problema abordado (STACH *et al.*, 2005) simple, and powerful tool for simulation and analysis of dynamic systems. They were originally developed in 1980 by Kosko, and since then successfully applied to numerous domains, such as engineering, medicine, control, and political affairs. Their popularity stems from simplicity and transparency of the underlying model. At the same time FCMs are hindered by necessity of involving domain experts to develop the model. Since human experts are subjective and can handle only relatively simple networks (maps, e, que, determine os parâmetros iniciais como função de avaliação, número de indivíduos na população inicial, porcentagens de operadores, nem sempre é trivial.

Desta forma, ajustes empíricos, técnicas de refinamento, experiência no uso da ferramenta, agregados ao conhecimento do problema conduzem a resultados satisfatórios. Outro fator relevante está na criação de diferentes tipos de indivíduos, e na utilização de operadores que garantam que as sucessivas gerações sempre contenham soluções factíveis dentro do espaço de busca do problema (COPPIN, 2004).

O maior problema do uso de métodos que empregam heurísticas de busca, como é o caso dos AGs e da *Particle Swarm Optimization* (PSO) é que não existe nenhuma garantia da obtenção de um ponto de mínimo (ou máximo) global (KENNEDY; EBERHART, 1995). Dessa forma, um algoritmo busca, seja ele um AG ou outra metaheurística, pode convergir para um ponto de ótimo local da função de avaliação, que não necessariamente corresponde à solução ótima do problema.

No desenvolvimento do trabalho será apresentado o uso de AGs para ajustar as relações causais de um controlador por meio de uma proposta de evolução do Mapas Cognitivos *Fuzzy* (FCM) clássico, denominado Mapas Cognitivos *Fuzzy* Dinâmicos (DFCM), para o controle de um tanque misturador industrial.

A origem dos FCM é apresentada por (KOSKO, 1986) como uma base de conhecimentos metodológicas para modelagem e simulação de sistemas dinâmicos. Eles surgiram a partir de mapas cognitivos que foram inicialmente propostos por (AXELROD, 1976) para representar palavras, ideias, tarefas ou outros itens ligados a um conceito central e dispostos radialmente em volta deste conceito. Os FCMs possuem aplicações em diferentes áreas de conhecimento: como por exemplo, médica, controle de processos em engenharia, entre outras.

Estruturalmente, um FCM pode ser representado por dígrafos diretos *Fuzzy* com realimentação, vistos como uma coleção de unidades processadoras neurais e relacionadas por pesos. Desse modo, um sistema pode ser modelado convenientemente

em termos de conceitos e as relações de causalidade entre eles (NAPOLES *et al.*, 2017).

Para o trabalho abordado neste capítulo, duas populações (soluções) iniciais para o AG foram comparadas, de acordo a faixa de valores aceita para as relações causais do DFCM e outra baseando-se no conhecimento parcial da solução desejada.

O objetivo principal do trabalho é verificar que o conhecimento prévio da faixa de valores das relações causais ocasiona em convergência mais rápida para os AGs em comparação com uma população inicial totalmente aleatória.

Para o AG, o critério de parada desejado para a evolução de uma nova população é definido pela adequabilidade da solução de acordo com uma função definida pelo operador, chamada fitness (GOLDBERG, 1989). Neste trabalho, a função fitness é dada pelo erro quadrático da abertura desejada para as duas válvulas controladas, sabendo-se que os valores ideais são 44% para V1 e 42% pra V2.

Um conhecimento prévio do problema pode ser necessário para a utilização de AGs (STACH *et al.*, 2005) simple, and powerful tool for simulation and analysis of dynamic systems. They were originally developed in 1980 by Kosko, and since then successfully applied to numerous domains, such as engineering, medicine, control, and political affairs. Their popularity stems from simplicity and transparency of the underlying model. At the same time FCMs are hindered by necessity of involving domain experts to develop the model. Since human experts are subjective and can handle only relatively simple networks (maps, demonstrado nesse caso para a escolha da população (solução) inicial do problema em estudo.

A população inicial pode ser definida de duas maneiras diferentes, comparadas nesse trabalho: na primeira, a população inicial é gerada aleatoriamente. A outra forma utiliza métodos heurísticos relacionados a características específicas do problema (STACH *et al.*, 2005) simple, and powerful tool for simulation and analysis of dynamic systems. They were originally developed in 1980 by Kosko, and since then successfully applied to numerous domains, such as engineering, medicine, control, and political affairs. Their popularity stems from simplicity and transparency of the underlying model. At the same time FCMs are hindered by necessity of involving domain experts to develop the model. Since human experts are subjective and can handle only relatively simple networks (maps. As vantagens da segunda opção são a melhora da resposta e vantagens da segunda opção são melhora da resposta e do tempo para alcançá-la. Entretanto, nesse método há probabilidade de retenção da solução em um máximo ou mínimo local, prejudicando a qualidade da solução (REEVES; ROWE, 2002).

2 | METODOLOGIA

Para demonstrar a evolução de um DFCM por meio de AGs, pode ser exemplificado em o estudo [6] para testar nível de controladores. Este caso foi selecionado para

ilustrar a necessidade de refinamento de um modelo baseado em FCM construído exclusivamente com o conhecimento. O sistema a ser controlado consiste em um misturador industrial (SOUZA *et al.*, 2017) com duas válvulas de entrada (V1 e V2) de ar para diferentes líquidos, uma válvula de saída (V3) para a remoção de líquido produzido por mistura e medidor de densidade, que mede a qualidade do líquido produzido. O processo apresenta um controle de faixa para o volume e o peso do líquido e um seguidor de *setpoint* para V3.

As válvulas (V1) e (V2) inserem dois líquidos diferentes no tanque. Durante a reação dos dois líquidos, um novo líquido é caracterizado pelo seu valor de densidade que é produzido. Neste instante a válvula (V3) esvazia o reservatório de acordo com um fluxo de saída de campanha, mas a mistura líquida deve estar nos níveis especificados.

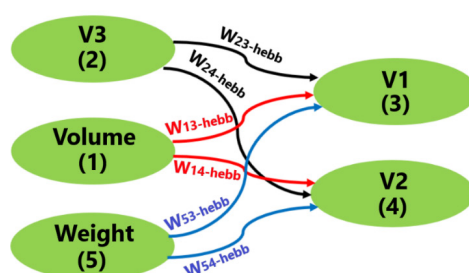


Figura 1 – Controlador DFCM

Para sua modelagem, utilizou-se uma população de 30 indivíduos, com cruzamento simples (torneio) e 1% de mutação. Nesse trabalho serão comparados dois casos, um que utiliza os valores encontrados no trabalho (SOUZA *et al.*, 2017) (abordagem 1) e outro que utiliza metade desses valores, considerando o conhecimento prévio dos autores sobre o processo em análise (abordagem 2). A Tabela 1 apresenta de forma sucinta a configuração do AG utilizado.

Número de indivíduos	30
Tipo do cruzamento	Simplex
Método de seleção	Torneio
Mutação	1%

Tabela 1 – Parâmetros do AG.

Para cada uma das abordagens foram realizadas 100 simulações. Isso devido ao fato de que o AG é uma técnica probabilística de otimização, ou seja, não há garantia de solução ótima. Nesse sentido, a comparação entre as abordagens é definida por meio do menor erro relativo ao decorrer de todas as simulações. A Figura 1 apresenta o controlador DFCM modelado para o sistema estudado. Na qual, W são os valores para as relações causais entre os conceitos, evoluídas de forma *off-line* com o AG e

on-line por meio do algoritmo de Hebb (SOUZA *et al.*, 2017).

3 | RESULTADOS

As melhores soluções encontradas para as duas abordagens utilizadas, relativas as 100 simulações, são apresentadas nas Figuras 2 e 3.

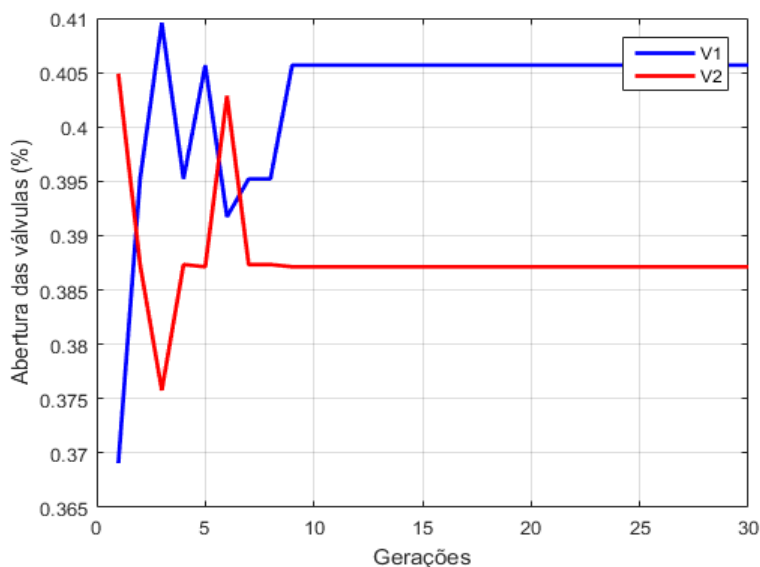


Figura 2. Evolução do AG, V1 e V2 – para abordagem 1

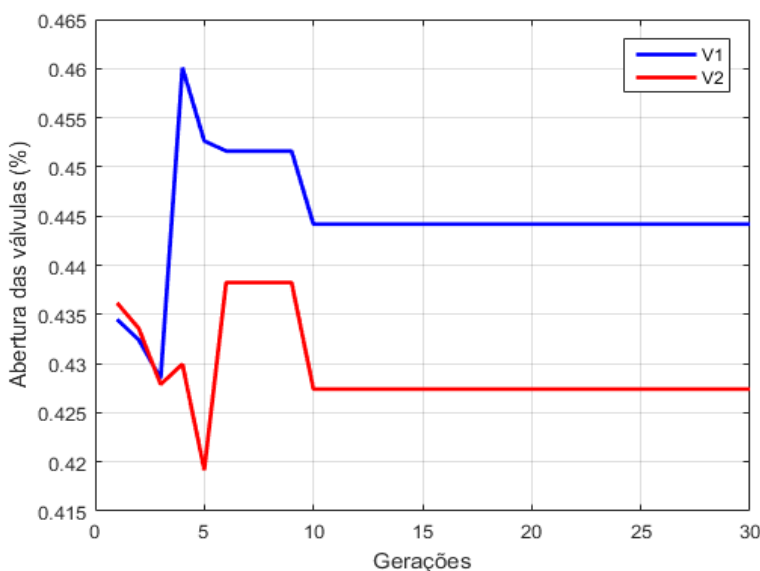


Figura 3 – Evolução do AG, V1 e V2 – para abordagem 2

Pode-se observar que, além da evolução mais rápida da abordagem 2, o conhecimento prévio da faixa de valores, em que se encontra a solução, resultou também em melhores resultados.

Na Figura 4, é apresentado o histograma com os erros obtidos para as duas abordagens, comprovando os melhores resultados para a abordagem 2. É possível

notar que as ocorrências dos erros para a abordagem 2 estão relativamente mais próximas a zero, com valor máximo na ordem de 0,03.

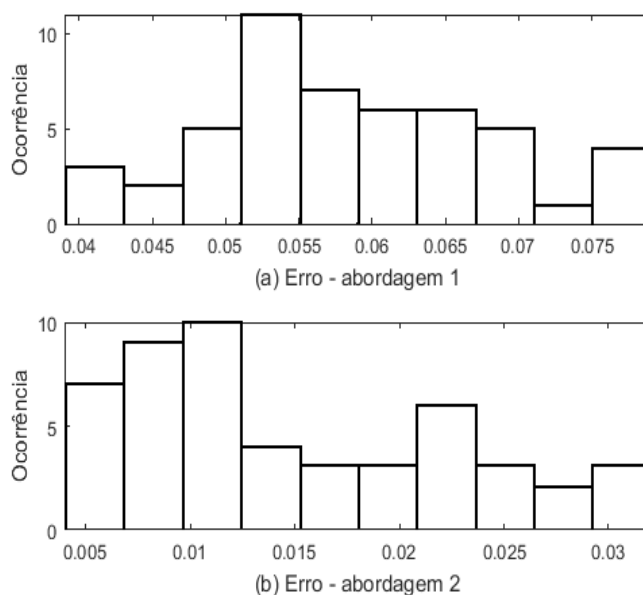


Figura 4 - Histograma para abordagens 1 e 2

4 | CONCLUSÕES

Os resultados das simulações demonstram que o conhecimento prévio da faixa de valores das relações causais (abordagem 2) ocasiona em uma convergência mais rápida para o AG em comparação com uma população inicial totalmente aleatória (abordagem 1). É possível observar também que a abordagem 2 obteve a melhor distribuição de erros, como mostrado na Figura 4. Como futuros trabalhos pode-se propor a investigação de outras configurações para o AG, como outros tipos de cruzamento, e maior número de indivíduos, além da comparação do AG como outros métodos de otimização, como *simulated annealing*.

REFERÊNCIAS

- AXELROD, R. **Structure of decisions: the cognitive maps of political elites**. 1. ed. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 1976.
- COPPIN, B. **Artificial Intelligence Illuminated**. 2. ed. Burlington, MA, USA: Jones & Bartlett Learning, 2004.
- GOLDBERG, D. E. **Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning**. 1. ed. Boston, MA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1989.
- HOLLAND, J. H. **Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence**. 1. ed. Cambridge, USA: MIT Press, 1992.

KENNEDY, J.; EBERHART, R. **Particle swarm optimization**. Proceedings of ICNN'95 - International Conference on Neural Networks. Perth, WA, Australia, Australia: IEEE, 1995

KOSKO, B. **Fuzzy cognitive maps**. International Journal of Man-Machine Studies, v. 24, n. 1, p. 65–75, 1986.

NAPOLES, G. *et al.* **Fuzzy Cognitive Maps Tool for Scenario Analysis and Pattern Classification**. 2017 IEEE 29th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI). Boston, MA, USA: IEEE, 2017. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8372006/>>

REEVES, C. R.; ROWE, J. E. **Genetic Algorithms: Principles and Perspectives - A Guide to GA Theory**. 1. ed. New York, USA: Springer US, 2002.

SOUZA, L. B. DE *et al.* **Dynamic Fuzzy Cognitive Maps Embedded and Classical Fuzzy Controllers Applied in Industrial Process**. ICAS 2017 : The Thirteenth International Conference on Autonomic and Autonomous Systems. Barcelona, Spain: IARIA, 2017

STACH, W. *et al.* **Genetic learning of fuzzy cognitive maps**. Fuzzy Sets and Systems, v. 153, n. 3, p. 371–401, 1 ago. 2005.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-087-2

