

Carlos Eduardo Sanches de Andrade
(Organizador)

O Desenvolvimento Sustentável do Sistema de Transportes do Brasil



Carlos Eduardo Sanches de Andrade
(Organizador)

O Desenvolvimento Sustentável do Sistema de Transportes do Brasil



2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Lorena Prestes
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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – 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 Internazionele delle Figlie de 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 Pietrobom – 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. 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
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
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. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

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 Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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
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
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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
D451	O desenvolvimento sustentável do sistema de transportes do Brasil [recurso eletrônico] / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-855-7 DOI 10.22533/at.ed.557191912 1. Transporte e Estado – Brasil. 2. Transportes – Brasil – Planejamento. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de. CDD 380.5068
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “O Desenvolvimento Sustentável do Sistema de Transportes do Brasil” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 8 capítulos, estudos sobre o setor de transportes e seu desenvolvimento sustentável.

O tema é de grande relevância, pois o setor de transportes é vital para o crescimento do país, Tanto no transporte de passageiros quanto no transporte de cargas há inúmeros desafios a serem superados. O desenvolvimento econômico depende de um sistema de transporte bem estruturado e o desafio é estruturar o sistema de transporte de uma maneira sustentável.

O desenvolvimento sustentável do sistema de transportes do Brasil deve ser visto em seus aspectos econômicos, sociais e ambientais. Deve prover a solução efetiva de menor custo, que ofereça maior mobilidade e segurança e que tenha o menor impacto ambiental possível. Os capítulos apresentados abordam temas ligados a esses aspectos,

A tecnologia tem um papel preponderante nesse desenvolvimento e é preciso sempre ficar atento às inovações tecnológicas que ofereçam maior qualidade ao serviço de transporte. Os denominados ITS – *Intelligent Transportation Systems* são sistemas de transporte que utilizam as tecnologias da informação e comunicação e são cada vez mais aperfeiçoados e utilizados.

Ferramentas tradicionais de modelagem, otimização e pesquisa operacional ajudam a planejar um sistema de transporte sustentável. A boa gestão das empresas de transporte também é importante para a efetividade do sistema.

No contexto brasileiro, com inúmeros rios, o transporte fluvial oferece uma grande oportunidade de transporte sustentável a ser explorada, sendo capaz de atender tanto ao transporte de passageiros quanto ao de carga.

O setor de transporte é grande emissor dos gases de efeito estufa, que produzem um impacto ambiental considerável, as alterações climáticas. Assim, o desenvolvimento do transporte sustentável deve mitigar essas emissões.

Agradecemos aos autores dos diversos capítulos apresentados e esperamos que essa compilação seja proveitosa para os leitores.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	17
ADAPTAÇÃO DA FERRAMENTA QFD PARA ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DE ITS NA SEGURANÇA VIÁRIA	
Christine Tessele Nodari Noara Foiatto Maurício Castilhos de Oliveira Francisco Marchet Dalosto Maria Beatriz Berti da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.5571919121	
CAPÍTULO 2	17
CARACTERIZAÇÃO E MODELAGEM DAS VIAGENS EM MOTOCICLETAS EM PÓLOS UNIVERSITÁRIOS: O CASO DA UNIVERSIDADE NACIONAL DE LA RIOJA, ARGENTINA	
Violeta Silvia Irene Depiante Patricia Mónica Maldonado Jorge José Galarraga	
DOI 10.22533/at.ed.5571919122	
CAPÍTULO 3	33
MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA O CONTROLE ATIVO DO PLANO DE TEMPORIZAÇÃO SEMAFÓRICA DE INTERSEÇÕES	
Samara Soares Leal Paulo Eduardo Maciel de Almeida José Elievam Bessa Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.5571919123	
CAPÍTULO 4	39
A PESQUISA OPERACIONAL COMO FERRAMENTA DE APOIO À ELABORAÇÃO DE ROTEIROS TURÍSTICOS	
Admilson Alcântara da Silva Reinaldo Morabito Neto Vitória Maria Miranda Pureza	
DOI 10.22533/at.ed.5571919124	
CAPÍTULO 5	52
SISTEMÁTICA DE GERENCIAMENTO E ORGANIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO UMA ABORDAGEM ORIENTADA PARA A GESTÃO DE EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS POR ÔNIBUS	
Oneida Barros Bezerra Sérgio Fernando Mayerle	
DOI 10.22533/at.ed.5571919125	
CAPÍTULO 6	65
TRANSPORTE FLUVIAL POR EMBARCAÇÕES MISTAS: UMA VISÃO ECONÔMICA A PARTIR DO MODELO ECD	
Lucas Gabriel Melo da Silva Márcio Antônio Couto Ferreira Salomão Franco Neves Edilson Pinto Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.5571919126	

CAPÍTULO 7	79
A INFRAESTRUTURA URBANA DE TRANSPORTES E O AQUECIMENTO GLOBAL: UM ESTUDO SOBRE POSSÍVEIS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO	
Berta Castelar Pinheiro	
Suzana Kahn Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.5571919127	
CAPÍTULO 8	94
A CONTRIBUIÇÃO DOS SISTEMAS METROVIÁRIOS PARA O ATINGIMENTO DAS METAS DE REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA – ESTUDOS EM METRÔS DO BRASIL E DE PORTUGAL	
Carlos Eduardo Sanches de Andrade	
Márcio de Almeida D’Agosto	
DOI 10.22533/at.ed.5571919128	
SOBRE O ORGANIZADOR	107
ÍNDICE REMISSIVO	108

MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA O CONTROLE ATIVO DO PLANO DE TEMPORIZAÇÃO SEMAFÓRICA DE INTERSEÇÕES

Samara Soares Leal

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, Belo Horizonte, Minas Gerai

Paulo Eduardo Maciel de Almeida

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, Belo Horizonte, Minas Gerai

José Elievam Bessa Júnior

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, Belo Horizonte, Minas Gerais

RESUMO: Este relatório de tese apresenta uma proposta de um Modelo de Controle Ativo da Temporização Semafórica de Interseções (ACTST - *Active Control of Traffic Signal Timing*) a ser obtido por meio do modelo de otimização não-linear e combinatória (OMACTST - *Optimization model of the Active Control of Traffic Signal Timing*). O uso de técnicas de Inteligência Computacional (IC) no processo de otimização do controle de semáforos é promissor e pode proporcionar um controle de tráfego mais eficiente que minimize as consequências causadas pelo crescente congestionamento dos veículos nos grandes centros urbanos. Diante desta corroboração, pretende-se apresentar o

modelo de otimização OMACTST que consiste em duas partes: (i) o problema de otimização não linear, cujo objetivo é determinar o programa semafórico utilizando o modelo ACTST; (ii) o problema de otimização combinatória, que tem como propósito determinar a sequência ótima de fases dos semáforos. Primeiramente, propõe-se um aperfeiçoamento para o modelo ACTST, adicionado novas variáveis de decisão (tempo de ciclo e defasagem) e uma modificação nos operadores genéticos. Logo após, pretende-se discutir o problema de encontrar o sequenciamento de fases ideal para o plano semafórico das interseções em estudo. **PALAVRAS-CHAVE:** controle ativo, controle de semáforos, otimização, algoritmos genéticos

OPTIMIZATION MODEL FOR ACTIVE CONTROL OF TRAFFIC SIGNAL TIMING PLAN OF INTERSECTIONS

ABSTRACT: This thesis report presents a proposal for an Active Control of Traffic Signal Timing (ACTST) to be obtained through the nonlinear and combinatorial optimization model (OMACTST - *Optimization model of the Active Control of Traffic Signal Timing*). The use of Computational Intelligence (CI) techniques in the process of optimizing traffic light control is promising and can provide more efficient traffic control that minimizes the consequences

caused by increasing traffic congestion in large urban centers. Given this corroboration, we intend to present the OMACTST optimization model which consists of two parts: (i) the nonlinear optimization problem, which aims to determine the semaphoric program using the ACTST model; (ii) the combinatorial optimization problem, which aims to determine the optimal sequence of traffic lights phases. Firstly, an improvement to the ACTST model is proposed, adding new decision variables (cycle time and lag) and a modification in the genetic operators. Soon after, we intend to discuss the problem of finding the ideal phase sequencing for the semaphore plane of the intersections under study.

KEYWORDS: active control, traffic light control, optimization, genetic algorithms

1 | INTRODUÇÃO

As políticas de mobilidade adotadas não estão sendo suficientes para conter os problemas advindos do aumento do trânsito urbano. Além disso, de acordo com Renfrew *et al.* (2012), há muitas dificuldades que necessitam ser abordadas no que diz respeito ao controle semaforico. As correntes de tráfego são geralmente estocásticas e não-lineares; assim, muitas técnicas de controle convencional não conseguem produzir resultados ótimos. As condições de tráfego podem mudar rapidamente e, dessa forma, deve-se buscar estratégias de controle semaforicos que devem ser altamente responsivas e em tempo real.

Diante disso, nos últimos anos, vem sendo desenvolvidas várias pesquisas em modelos de redes dinâmicas de tráfego, sobretudo na área de Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS - *Intelligent Transportation Systems*). Dentre as estratégias de controle, destaca-se o controle ativo de tráfego (ATM - *Active Traffic Management*). Esses sistemas inteligentes têm a capacidade de gerenciar dinamicamente congestionamentos recorrentes e não recorrentes com base nas condições de tráfego existentes, afirma Mirshahi *et al.* (2007).

Na literatura, é possível encontrar muitas técnicas de Inteligência Computacional (IC) sendo utilizadas. Dentre elas, destacam-se os algoritmos evolutivos, utilizados no Modelo de Controle Ativo da Temporização Semaforica de Interseções (ACTST - *Active Control of Traffic Signal Timing*) (Leal *et al.*, 2017): (i) o algoritmo genético (AG) é uma classe particular de algoritmos evolutivos que usam técnicas inspiradas na biologia evolutiva como hereditariedade, mutação, seleção natural e cruzamento (Goldberg, 1989); (ii) o algoritmo de evolução diferencial (DE) tem um mecanismo de busca sustentado pelo operador de mutação diferencial que utiliza vetores-diferença criados a partir de pares de vetores da própria população (Storn *et al.*, 1995); e (iii) o algoritmo *Nondominated Sorting Genetic Algorithm 2* (NSGA2) constrói um mecanismo de aptidão a partir do algoritmo de classificação de fronteira *fast nondominated sorting* e a atribuição do operador de preservação da diversidade *crowding distance* (Deb *et al.*, 2002).

Nesse contexto, o AG têm sido utilizado em sistemas de controle do tráfego para otimizar os tempos de viagem (Teklu *et al.*, 2006), para reduzir o tempo de atraso dos veículos (Vilarinho e Tavares, 2014), para maximizar a capacidade da rede (YIn, 2000) e minimizar o índice de performance da rede (Ceylan e Bell, 2004), dentre outros objetivos. Já os trabalhos de (Ohazulike e Brands, 2013), (Costa *et al.*, 2013), (Wang *et al.*, 2014), (Zhou e Cai, 2014) utilizam a abordagem multiobjetivo para solucionar problemas de controle de tráfego.

2 | O MODELO ACTST

A Otimização é o campo de conhecimento cujas técnicas visam determinar os extremos (máximos ou mínimos) de funções. De maneira concreta, pode-se pensar que uma função cujo extremo se quer descobrir representa um fator de mérito relacionado com um sistema que se deseja analisar (Gaspar-Cunha *et al.*, 2013).

O ACTST é um modelo de otimização do tempo médio de atraso de veículos em interseções. No ACTST desenvolvido no trabalho de Leal *et al.* (2017), o objetivo foi encontrar uma boa configuração para o plano semafórico (tempo de verde dos semáforos) que minimize o tempo médio de atraso dos veículos nas interseções de acordo com a demanda obtida dinamicamente. As vantagens do novo método em comparação com outros já existentes é que o modelo ACTST é capaz de suprir algumas limitações apresentadas em trabalhos anteriores, pois é independente de simulação para avaliar as soluções, tornando o processo de convergência mais rápido e de fácil adaptação para o mundo real.

Esse modelo foi capaz de reduzir pela metade o tempo médio de atraso necessário para os veículos atravessarem a região de estudo. O AG usado encontrou a melhor solução para o problema mono-objetivo, enquanto o DE apresentou a melhor taxa de convergência. Para o problema multiobjetivo, foi adicionada a função que minimiza o número de paradas dos veículos nos semáforos e o NSGA2 gerou 7 soluções eficientes, oferecendo uma diversidade de soluções.

3 | OBJETIVO GERAL: O MODELO OMACTST

Diante da comprovada eficiência do modelo ACTST, este relatório apresenta uma proposta de tese que visa propor uma extensão do ACTST para um modelo de otimização não linear e combinatória (OMACTST – *Optimization Model of the Active Control of Traffic Signal Timing*) que contém duas abordagens: (i) o problema de otimização não linear, cujo objetivo é determinar um plano de controle semafórico eficiente, ou seja, a configuração de tempos de verde, tempos de ciclo e defasagem para os semáforos que minimizem o tempo de atraso dos veículos de uma região em estudo, utilizando o ACTST; (ii) o problema de otimização combinatória, que tem como propósito determinar a sequência ótima de fases dos semáforos desta região.

Para (i), propõe-se um aperfeiçoamento no modelo, adicionado novas variáveis de decisão (tempo de ciclo e defasagem) e uma modificação no operador de cruzamento a fim de garantir uma convergência mais rápida aos algoritmos. Em (ii), pretende-se determinar a sequência de fases ótima que minimiza o atraso médio dos veículos nas vias testando diferentes mecanismos de busca local associados aos algoritmos genéticos.

Alguns trabalhos abordam o sequenciamento de fases discutidos em (ii) na otimização do controle do plano semaforico de interseções. No trabalho de Sung e Bell (1997), o AG é utilizado para encontrar a sequência de fases ideal que minimize um Índice de Desempenho (PI) para a rede que é uma soma ponderada dos atrasos de todos os veículos e paradas. Em Samra *et al.* (2015), os autores utilizam programação dinâmica para encontrar o sequenciamento de fases ótimo que minimize uma função de custo. Naquele trabalho, os autores comparam os resultados obtidos com o algoritmo clássico para problema de sequenciamento de fases de semáforo (COP - *Controlled Optimization of an Intersection*).

A partir desse breve levantamento do estado da arte, pode-se observar que as técnicas de IC são promissoras para auxiliar no controle de tráfego e que o modelo ACTST pode ser estendido para uma abordagem de otimização não linear e combinatória.

4 | CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O problema proposto neste relatório aborda a construção do modelo de otimização não linear e combinatória OMACTST para realizar o controle ativo de tráfego de interseções que é composto por duas partes: o problema de otimização não-linear: cujo objetivo é determinar os tempos de verde dos semáforos, que minimizem o tempo médio de atraso dos veículos nas interseções em estudo utilizando o modelo ACTST com a adição de modificações nos operadores e mais duas variáveis de decisão: o tempo de ciclo dos semáforos e a defasagem (*offset*); o problema de otimização combinatória: que tem como propósito determinar a sequência de fases dos semáforos que minimize o tempo médio de atraso dos veículos.

Assim, o problema de otimização não linear e combinatória pode ser formulado como: o plano de controle de semáforo Ω será composto pelo tempo de ciclo C , a defasagem D e pela sequência de fases $F = \langle (f1), (f2), \dots, (fn) \rangle$ e para cada fase f pelo seu tempo de verde x . Sendo assim, definir um Ω ótimo significa encontrar valores de F , x , d e C que satisfaçam o seguinte objetivo:

Minimizar $a_m(\Omega)$

$$\text{Sujeito a: } \begin{cases} C = \sum x, & \forall x \in f \\ x > 0; \end{cases}$$

A função objetiva encontrar o plano semafórico Ω que minimize o atraso médio dos veículos na interseção. A primeira restrição determina que o tempo de ciclo deve ser igual à soma de todos os tempos de verde de uma fase e a segunda que o tempo de verde não pode ser negativo. O modelo é executado a cada intervalo de tempo C de ciclo, em que há o processo de realimentação do sistema com novos dados de tráfego gerando diferentes planos semafóricos pelos algoritmos conforme a demanda.

A validação dos algoritmos dar-se-á por meio de experimentos práticos. Os experimentos seguirão, a princípio, o seguinte planejamento: Será analisado um período de tráfego intenso em interseções de uma região da cidade de Belo Horizonte. Os dados de demanda desta região, coletados pela BHTrans (Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte) serão utilizados no simulador microscópico AIMSUN. A partir da simulação, os dados serão coletados pelo modelo de otimização MOACTST, que de acordo com a demanda, irá definir, a partir da execução das técnicas de IC propostas, qual a melhor sequência de fases, tempo de verde e de ciclo para os semáforos das interseções. Os resultados dos experimentos usando o modelo MOACTST e os métodos de IC serão comparados e, por conseguinte, analisados e discutidos.

Sabe-se que atualmente simuladores de tráfego como o VISUM já realizam otimização semafórica com base em algoritmos genéticos. A escolha do simulador AIMSUN para este trabalho, dá-se pelo fato da usabilidade do simulador, pela experiência dos autores com o mesmo e por este ser um simulador completo com capacidade de trabalhar com APIs em python e utilização de outras bibliotecas, o que facilita o desenvolvimento dos algoritmos.

5 | CONCLUSÃO

Este relatório apresenta uma proposta de tese que visa estender uma aplicação do ACTST para um modelo OMACTST. O simulador de tráfego AIMSUN será usado para produzir informações necessárias na comparação entre os modelos de otimização semafórica. Serão usados dados de tráfego coletados em Belo Horizonte, mas com a expectativa do método proposto ser replicável para outras localidades.

REFERÊNCIAS

- Ceylan, H.; Bell, M. G. (2004) **Traffic signal timing optimisation based on genetic algorithm approach, including drivers' routing.** *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier, v. 38, n. 4, p. 329–342.
- Costa, B. C. *et al.* (2013) **Fixed time traffic signal optimization in urban networks using a simulation based multiobjective algorithm.** In: *13th World Conference on Transport Research Society (WCTR)*, Rio de Janeiro, Brasil, p. 1–13.
- Deb, K. *et al.* (2002) **A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: Nsgaii.** *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, n. 2, p. 182–197.
- Gaspar-Cunha, A.; Takahashi, R.; Antunes, C. H. (2013) In: *Manual de Computação Evolutiva e Metaheurística*. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG.
- Goldberg, D. E. (1989) **Genetic algorithms in search, optimization and machine learning.** In: [S.I.]: Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company.
- IPEA (2011). **A mobilidade urbana no Brasil. Infraestrutura Social e Urbana no Brasil subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas.** <<http://www.ipea.gov.br>>. Acessado em 2015-02-10.
- Leal, S. S.; de Almeida, P. E. M.; Chung, E. (2017) **Active control for traffic lights in regions and corridors: an approach based on evolutionary computation.** *Transportation Research Procedia*, v. 25, p. 1774-1785.
- Mirshahi, M. *et al.* (2007) Federal Highway Administration - **Active Traffic Management: The Next Step in Congestion Management.** <http://international.fhwa.dot.gov/pubs/pl07012/atm_eu07.pdf>. Acessado em 2015-01-05.
- Ohazulike, A. E.; Brands, T. (2013) **Multi-objective optimization of traffic externalities using tolls.** In: *IEEE. Evolutionary Computation (CEC)*, 2013 IEEE Congress on. [S.I.], p. 2465–2472.
- Renfrew, D.; Yu, Xiao-Hua. (2012) **Traffic Signal Optimization Using Ant Colony Algorithm.** In: *Neural Networks (IJCNN)*, The 2012 International Joint Conference on. IEEE, p. 1-7.
- Samra, S.; El-Mahdy, A.; Wada, Y. (2015) **A Linear Time and Space Algorithm for Optimal Traffic-Signal Duration at an Intersection.** *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, v. 16, n. 1, p. 387-395.
- Teklu, F.; Sumalee, A.; Watling, D. (2006) **A genetic algorithm approach for optimizing traffic control signals considering routing.** Institute for Transport Studies., University of Leeds.
- Vilarinho, C.; Tavares, J. P. (2014) **Real-time traffic signal settings at an isolated signal control intersection.** *Transportation Research Procedia*, Elsevier, v. 3, p. 1021–1030.
- Wang, J. Y. *et al.* (2014) **A bilevel multi-objective road pricing model for economic, environmental and health sustainability.** *Transportation Research Procedia*, Elsevier, v. 3, p. 393–402.
- Zhou, Z.; Cai, M. (2014) **Intersection signal control multi-objective optimization based on genetic algorithm.** *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, v. 1, n. 2, p. 153–158.

SOBRE O ORGANIZADOR:

CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE - Mestre e Doutor em Engenharia de Transportes. Possui 2 graduações: Administração (1999) e Engenharia de Produção (2004) ; 3 pós-graduações lato sensu: MBA em Marketing (2001), MBA em Qualidade e Produtividade (2005) e Engenharia Metroferroviária (2017) ; e 2 pós-graduações stricto sensu - Mestrado e Doutorado em Engenharia de Transportes pela COPPE/UFRJ (2009 e 2016). É professor adjunto da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Goiás (FCT/UFG), das graduações em Engenharia de Transportes e Engenharia Civil. Atuou como Engenheiro de Operações do Metrô do Rio de Janeiro por mais de 15 anos (2003 - 2019), nas gerências de: Planejamento e Controle Operacional, Engenharia Operacional, Operação, Inteligência de Mercado, Planejamento de Transportes e Planejamento da Operação Metroviária (de trens, das linhas de ônibus Metrô Na Superfície, e das estações metroviárias). Experiências acadêmica e profissional nas áreas de: Engenharia de Transportes, Operação de Transporte, Planejamento da Operação, Transporte Público, Sustentabilidade, Engenharia de Produção, Gestão, Administração e Engenharia de Projetos, atuando principalmente nos seguintes temas: operação, avaliação de desempenho operacional, ferramentas de gestão e de controle operacional, documentação operacional, indicadores de desempenho, planejamento da operação, satisfação dos usuários de transporte, pesquisas e auditoria de qualidade, sustentabilidade, emissões de gases do efeito estufa em sistemas de transportes, planejamento e acompanhamento de projetos de engenharia e de melhoria em sistemas de transporte.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmos Genéticos 33, 36, 37

Aquecimento Global 79, 80, 81, 82, 86, 88, 89, 90

C

Controle Ativo 33, 34, 36

Controle de Semáforos 33

Controle de Tráfego 33, 35, 36

D

Desdobramento da Função Segurança 1, 3, 13

Desdobramento das Funções da Qualidade 1

E

ECD 65, 66, 67, 68, 72, 73, 75, 76, 77

Embarcações Mistas 65, 66, 74, 76, 77

Emissões de CO2 90, 94

Emissões Evitadas 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Empresas de Ônibus 52, 55

G

Gases de Efeito Estufa 79, 80, 86, 90, 92

GEE 80, 81, 90, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Geração de Viagens 17, 19, 24, 28, 29, 30, 31, 32

Gerenciamento da Informação 52

Gestão de Empresas 52

H

Heurística 40, 43, 45

I

Indicadores 10, 51, 54, 64, 65, 66, 68, 72, 73, 74, 75, 76, 107

Infraestrutura Urbana 79, 80, 81, 82, 87, 88, 89, 90

ITS 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 34, 53, 66, 79

M

Modelo TSPPPP 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 50

Motocicletas 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 95, 96, 99, 101

O

Otimização 33, 35, 36, 37, 39, 40, 51, 59

P

Pesquisa Operacional 39, 50

Plano Operacional 62, 63

Políticas de Mitigação 88, 89

Polos Educacionais 17

Pólos Universitários 17

Problema do Caixeiro Viajante 40, 41, 43

Q

QFD 1, 2, 3, 5, 6, 7, 14, 15, 16

R

Redução das Emissões 94, 95, 96, 97, 104, 105

Rio de Janeiro 16, 21, 32, 38, 77, 78, 79, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 103, 104, 105, 106, 107

Roteiros Turísticos 39, 40, 41, 46, 48, 49, 50, 51

S

Segurança Viária 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 13, 14, 15, 18

Setor de Transportes 66, 68, 79, 80, 82, 88, 90, 92, 94, 95, 97, 103, 104

SFD 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

Sistemas Inteligentes de Transportes 1, 3, 14, 34

Sistemas Metroviários 94, 95, 96, 98, 104

T

Temporização Semafórica 33, 34

Tomada de Decisão 2, 14, 15, 52, 54, 57, 59, 61, 62, 63, 68

Transporte de Passageiros E Cargas 67, 71

Transporte Fluvial 65, 66, 67, 73, 74, 76, 77

Transporte Urbano de Passageiros 52, 54, 55, 56, 64

U

Universidade Nacional de La Rioja 17, 18

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-855-7



9 788572 478557