

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 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. 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 |

A INFRAESTRUTURA URBANA DE TRANSPORTES E O AQUECIMENTO GLOBAL: UM ESTUDO SOBRE POSSÍVEIS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

Berta Castelar Pinheiro

Programa de Engenharia de Transportes, COPPE/
UFRJ Rio de Janeiro – RJ

Suzana Kahn Ribeiro

Programa de Engenharia de Transportes, COPPE/
UFRJ Rio de Janeiro - RJ

RESUMO: O setor de transportes é responsável por uma parcela significativa da contribuição antrópica ao crescente aumento de temperatura da superfície terrestre. Ainda que a emissão de gases de efeito estufa seja a principal fonte de impacto do setor as mudanças climáticas, esta não é a única. Este artigo analisa o impacto da infraestrutura urbana do setor de transportes no aquecimento global desenvolvendo um estudo de caso da cidade do Rio de Janeiro. Paralelamente à análise dos impactos de sua infraestrutura, o estudo apresenta medidas mitigadoras como técnicas de geoengenharia e o planejamento urbano integrado ao sistema de transportes como formas de minimizar os impactos do setor de transportes nas mudanças climáticas.

URBAN TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND GLOBAL WARMING: A STUDY ABOUT MITIGATION POLICIES

ABSTRACT: The transport sector is

responsible for a significant portion of the anthropic contribution to the rising temperature of the earth's surface. While greenhouse gas emissions are the industry's main source of climate change impact, it is not the only source. This paper analyzes the impact of urban transport infrastructure on global warming by developing a case study of the city of Rio de Janeiro. Parallel to the analysis of the impacts of its infrastructure, the study presents mitigating measures such as geoengineering techniques as ways to minimize the impacts of the transport sector on climate change.

1 | INTRODUÇÃO: CIDADES E AQUECIMENTO GLOBAL

As mudanças climáticas são um dos problemas ambientais mais complicados e desafiantes do nosso tempo. A importância das cidades como agentes impactantes no aquecimento global, já é amplamente reconhecida por toda comunidade acadêmica. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014c), parcela significativa das emissões de gases poluentes está ligada as cidades. O aumento maciço da população urbana irá implicar no aumento da demanda por infraestrutura, transporte e

energia, que são importantes vetores de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Desta forma, tal tendência de urbanização sugere que as áreas urbanas serão uma parte ainda mais importante das emissões globais.

O IPCC (2014a) aponta dois fatores que dificultam a determinação da contribuição das cidades as mudanças climáticas: a complexidade de delimitar as emissões das fronteiras urbanas e rurais e a grande restrição de dados sobre as emissões urbanas de gases de efeito estufa. Somam-se a estes, segundo Dodman (2009), a ausência de uma métrica padrão para o desenvolvimento de inventários na escala de cidades, como ocorre no caso dos inventários nacionais. Desta forma, os inventários de emissões em diferentes cidades podem utilizar diferentes metodologias, diferentes fronteiras espaciais e funcionais além de incluir diferentes atividades. Essa falta de padrão provoca diferenças diretas em sua elaboração o que não permite a análise e comparação direta entre eles (HOORNWEG et al, 2011 e IPCC, 2014a).

Dentre as atividades urbanas que mais contribuem para as emissões antrópicas de gases de efeito estufa, está o setor de transportes. Segundo o último relatório do IPCC (IPCC, 2014c), o setor de transporte é responsável por 27% da utilização final de energia global, das quais em torno de 70% são provenientes de combustíveis fósseis não renováveis, com alto nível de emissão de GEE. O relatório apontou também, que em 2010 o setor de transportes foi responsável pela emissão de 6,7 GtCO₂, dos quais 40% foi utilizado apenas no transporte urbano. Segundo o documento, as emissões de GEE do setor mais que duplicaram desde 1970 e a menos que haja uma grande mudança nos padrões do uso de energia, o consumo de energia do setor de transportes em 2030 será 80% maior do que atualmente.

Cada modal do setor de transporte apresenta uma intensidade energética específica. Isto é, alguns modais são mais intensivos em energia que outros. Segundo a Agencia Internacional de Energia (IEA, 2018) essa dependência de um único tipo de combustível, o derivado do petróleo, é uma particularidade negativa do setor de transporte. Segundo a autora, outros tipos de combustível que não os derivados de petróleo são os dutos, que usam o gás natural para acionar os compressores, e o transporte ferroviário e metroviário, que utiliza a eletricidade. Segundo o IPCC (2014b), mais de 53% do consumo de petróleo primário global em 2010 foi usado para atender 94% da demanda total de energia de transporte. Os restantes 6% foram supridos por outras fontes, como os biocombustíveis, eletricidade, gás natural e outros.

1.1 Infraestrutura de Transporte Urbana e o Aquecimento Global

Os impactos do setor de transportes oriundos do elevado consumo de energia são atualmente amplamente discutidos pela literatura científica. No entanto, este trabalho mostra uma percepção diferenciada da contribuição do setor de transportes no aquecimento global: o impacto de sua infraestrutura urbana. A infraestrutura

urbana de transportes é caracterizada essencialmente pelo uso de materiais de superfícies escuras, como o concreto e o asfalto. O uso destas superfícies retém calor em forma de radiação solar, aquecendo a superfície terrestre e contribuindo para o aquecimento global.

A porção de radiação refletida por uma superfície é determinada pelo seu albedo. O albedo de uma superfície é caracterizado pela razão entre a radiação incidente e a radiação refletida. Portanto, quanto menor o albedo da superfície mais radiação ela retém e maior é o calor transmitido para o ambiente ao redor (Gartland, 2010). Desta forma, este estudo mostra que o uso de materiais escuros como concreto e asfalto nas vias e estacionamentos das cidades aumenta a retenção da radiação solar na superfície terrestre e conseqüentemente o calor na atmosfera terrestre. Apesar desta retenção de calor atualmente não ser caracterizada como de extrema importância, o crescente aumento das áreas urbanas traz a tal fato um sentido de alerta. Segundo IPCC (2014a), a estimativa é que a população urbana aumente em 1 milhão de habitantes a cada 13 anos. Com esse crescimento, é de se esperar que tanto as emissões de GEE quanto o impacto proveniente da infraestrutura urbana se tornem cada vez mais significativos.

Nesta linha, a tendência de crescimento urbano de 6 bilhões moradores em centros urbanos (ONU, 2014), resultaria na duplicação do espaço atualmente ocupado pelas cidades na superfície terrestre. Ainda que esta porcentagem pareça simbólica em relação ao todo, ressalta-se que os continentes ocupam 21% da superfície terrestre e isso inclui as áreas de rios, lagos, desertos, florestas, etc. Desta forma, o impacto da substituição de superfícies de áreas verdes para superfícies escuras, como telhados e a infraestrutura urbana de transportes (pavimentos) irá provocar um aumento na absorção de energia e conseqüentemente um desequilíbrio cada vez maior no balanço de radiação.

Como aponta Akbari et al (2007) as áreas urbanas são constituídas em sua maioria (60%) de área construída, onde os telhados representam em torno de 20-25% e as vias e pavimentos correspondem, em média, por 40%. A tabela seguir apresenta alguns exemplos de ocupação das superfícies urbanas em algumas áreas metropolitanas dos EUA. Estas proporções deixam claro que o albedo das áreas urbanas é constituído principalmente de superfícies que possuem um baixo potencial de refletir a radiação recebida e, desta forma se caracterizam como espaços que retém maior quantidade de radiação. Tal fato é analisado também por Menon et al (2010) que afirma que a alteração da cobertura da superfície por materiais de baixo albedo provoca muitas vezes um balanço de radiação da área urbana diferentes daquelas ao seu redor.

| Área Metropolitana | Vegetação | Infraestrutura de transportes (pavimentos) | Telhados | Outros |
|--------------------|-----------|--|----------|--------|
| Salt Lake City | 33,3 | 36,4 | 21,9 | 8,5 |
| Sacramento | 20,3 | 44,5 | 19,7 | 15,4 |
| Chicago | 26,7 | 37,1 | 24,8 | 11,4 |
| Houston | 37,1 | 29,2 | 21,3 | 12,4 |

Tabela 1: Ocupação da área urbana em regiões metropolitanas - EUA

Fonte: Rose (2003) apud Akbari (2008)

Ainda que não haja, dentro do referencial teórico analisado, material específico relacionado exclusivamente ao impacto da infraestrutura de transportes, esta ocupa a maior parte da área construída das cidades (Akbari et al, 2007). Segundo o relatório da UN-Habitat, as porcentagens da área das cidades destinadas às vias urbanas variam conforme o nível de desenvolvimento das mesmas. Ou seja, cidades em países mais desenvolvidos tendem a ter maior área ocupada pela infraestrutura do setor de transportes quando comparadas a cidades em países em desenvolvimento.

No caso da cidade do Rio de Janeiro, como será apresentado no estudo de caso a porcentagem de vias urbanas é similar a aquelas dos países em desenvolvimento. Em contrapartida, em cidades como Paris e Tóquio, cidades desenvolvidas, as vias ocupam respectivamente 25% e 24% do espaço total das cidades. Um relatório publicado pela UN-Habitat (2013) analisa as áreas alocadas para vias em 100 cidades de países desenvolvidos (Europa, América do Norte e Oceania) e em desenvolvimento (África, Ásia e América Latina), ressaltando-se alguns exemplos de cidades de países desenvolvidos como Barcelona - 33%, Toronto- 29%, Bruxelas - 26%, e países em desenvolvimento como Guatemala- 13%, Jakarta- 9,5%, Singapura - 22%.

2 | ESTUDO DE CASO DO IMPACTO DA INFRAESTRUTURA URBANA DE TRANSPORTES NO RIO DE JANEIRO

A participação da infraestrutura urbana de transportes na contribuição antrópica do aquecimento global foi calculada partindo da premissa de que o equilíbrio do sistema climático é baseado no equilíbrio entre a radiação solar que entra na superfície terrestre e a radiação refletida de volta para a atmosfera. Desta forma, quaisquer fatores que interfiram nesse equilíbrio contribuem para o aquecimento, se aumentarem a quantidade de radiação retida na superfície terrestre ou para o esfriamento, caso contrário.

Para identificar o impacto da infraestrutura urbana de transportes da cidade do Rio de Janeiro no aquecimento global, foi realizado um estudo de caso que calculou o total de radiação solar absorvida por estas superfícies. Cabe mencionar, que esta pesquisa considerou apenas as áreas de vias urbanas na avaliação do impacto. A

metodologia usada foi dividida em três partes principais, que são aqui apresentadas separadamente. A primeira delas foi o uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) para calcular as áreas de vias totais na cidade do Rio de Janeiro. A segunda parte foi baseada na revisão da literatura para calcular a radiação solar absorvida pela superfície asfáltica. A terceira parte foi baseada nas informações adquiridas de área total de vias urbanas e da radiação absorvida por estas superfícies.

Etapa 1:

Os dados geográficos utilizados neste estudo foram disponibilizados pelo Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP) e foram trabalhados no software ArcGIS 10.2. Estes dados foram as ortofotos (fotos corrigidas de todas as deformações presentes nas fotografias aéreas) da cidade do Rio de Janeiro do ano de 2015 e o mapeamento das áreas quadras para a mesma localização. A sobreposição destas duas informações neste software permitiu a análise do sistema viário na cidade, garantindo um alto grau de confiabilidade sobre o cálculo total da área ocupada por vias na cidade.

O mapeamento das áreas de quadras da cidade do Rio de Janeiro foi realizado pela primeira vez em 1997 e atualizado para algumas regiões do município nos anos 2000 e 2013¹. Ao identificar somente as quadras urbanas em relação a área total do município, esse mapeamento identificou por exclusão, as áreas de via na cidade. Ou seja, apesar de algumas aproximações como canteiros centrais, dentre as áreas não mapeadas a maioria expressiva é ocupada por áreas de vias destinadas principalmente ao transporte motorizado. A figura a seguir apresenta espacialmente o mapeamento das áreas de quadra, partindo de uma apresentação geral da cidade do Rio de Janeiro para um enfoque em uma zona específica. A figura em seguida, apresenta um enfoque mais detalhado, identificando as vias na imagem superior e as áreas de quadra na imagem inferior.

¹ Este estudo considerou os mapeamentos do uso do solo realizados até o ano de 2016, quando foi desenvolvido.



Figura 1: Identificação das áreas de vias na cidade do Rio de Janeiro – Enfoque abrangente
Fonte: Elaboração das autoras com base em Armazém de Dados IPP



Figura 2: Identificação das áreas de vias na cidade do Rio de Janeiro – Enfoque localizado
Fonte: Elaboração das autoras com base em Armazém de Dados IPP

Conforme apresentado a área de quadra total utilizada neste estudo de caso considera informações de três anos distintos (1997, 2000 e 2013). Para que fosse possível utilizar as informações dos mapeamentos mais atualizadas sempre, foram realizados três procedimentos no software ArcGis. Primeiro foi utilizada a ferramenta *Erase*, para identificar as áreas que não atualizaram o mapeamento em 2013. Em seguida, a ferramenta *Merge*, para unificar as informações das áreas de quadras dos anos de 1997/2000 e 2013. Por fim, a ferramenta *Erase* foi novamente aplicada para identificar a área de via total a partir do mapeamento unificado das áreas de quadra dos anos 1997/2000 e 2013. Todos os três procedimentos foram repetidos sete vezes, onde os resultados apresentados foram sempre os mesmos, o que garantiu a confiabilidade do resultado aqui apresentado.

O resultado apontou que as vias ocupam um total de 113 km² da cidade do Rio de Janeiro. Tal valor corresponde a aproximadamente 9,3% do território total, número menor do que a média dos países em desenvolvimento. Neste momento, é importante considerar as características geográficas da cidade diversos acidentes geográficos como maciços, baías, restingas, etc. Desta forma, foi identificado a partir da análise do mapeamento de uso do solo na cidade que no município do Rio de Janeiro aproximadamente 640 km² da cidade do Rio de Janeiro são áreas não urbanizadas, enquanto a área urbanizada é de aproximadamente de 580 km².

Portanto, ao considerar apenas a área construída da cidade, a área destinada a vias ocupa um percentual de aproximadamente 19,4% do total. Isto é, dos 580 km² de área urbanizada na cidade, 113 km² são destinados a vias urbanas. Resultado similar ao esperado a partir do relatório da UN- HABITAT (2013).

Etapa 2: A etapa seguinte consistiu em calcular a radiação solar absorvida pelas vias da cidade do Rio de Janeiro. Este cálculo foi baseado no potencial de albedo das superfícies de concreto e asfalto. Cabe aqui lembrar, que o albedo é o resultado da razão entre a radiação refletida e a radiação incidente, como mostra a equação 1 (Callegare et al, 2016). Nesta mesma linha, D'Angiolella et al (2001) aponta que a radiação absorvida por um material pode ser calculada conforme mostra a equação 2 a seguir, onde Q_a é Radiação absorvida e r é o albedo da superfície.

Equação 1: Equação do Albedo e Fatores Envolvidos

$$A = R_r/R_i$$

A: Albedo R_r : Radiação refletida R_i : Radiação incidente

Fonte: Callegare et al, (2016)

Equação 2: Radiação absorvida por uma determinada superfície

$$Q_a = \text{Incidência Solar} (1 - r)$$

Fonte: D'Angiolella et al (2001)

Sendo assim, para calcular a radiação absorvida pela superfície de via no Rio de

Janeiro, foram necessárias duas informações principais: a radiação solar incidente e o potencial de albedo da superfície das vias.

A radiação solar incidente na superfície terrestre é determinada por diversos fatores relacionados a condições atmosféricas e a características como a latitude do local e a posição no tempo (hora do dia e do ano) (Pereira et al, 2006). No caso das condições atmosféricas, destaca-se a participação da atmosfera, que absorve parte da radiação recebida e das nuvens e aerossóis que ao contrário refletem parte desta radiação. Desta forma, ainda que a incidência de radiação global média seja de aproximadamente 342 W/m², apenas aproximadamente 198 W/m² atingem a superfície terrestre (IPCC, 2007).

Atualmente, diversos estudos já analisam a incidência de radiação solar no Brasil, como é o caso do Atlas Solarimétrico do Brasil (Tiba, 2000) e o Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira et al, 2006). Estes estudos apresentam o cálculo específico da radiação solar incidente no país em todos seus estados, em diferentes épocas do ano. A partir destes estudos, considerou-se que a incidência de radiação solar média na cidade do Rio de Janeiro é de 215 W/m². Cabe aqui mencionar, que estes estudos têm como principal objetivo a análise do potencial de energia solar do território, e por isso apresentam a incidência de radiação medida em unidade de energia (Wh/m²), diferente da unidade utilizada pelo IPCC para assuntos relacionados ao aquecimento global (W/m²).

Radiação solar global diária - média anual -Rio de Janeiro

| | |
|--|-------------------------------|
| Atlas Solarimétrico (CRESEB, 2000) | 5160 Wh/m ² |
| Aneel (2002) | 5100 a 5300 Wh/m ² |
| Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006) | 5250 Wh/m ² |

Tabela 2: Valores médios de radiação solar no Estado do Rio de Janeiro

Fonte: Elaboração das autoras com base nos estudos apresentados

Em relação a outra variável, o albedo da superfície pode-se dizer que a Terra é capaz de refletir em média 30% da radiação solar que ela recebe. Ou seja, o albedo do planeta terra é de 30%. Ainda que a maior parte deste potencial esteja relacionado ao albedo das nuvens, controlar o albedo da superfície terrestre é de extrema importância para o controle da temperatura global. Isto porque, como o IPCC (2007) aponta, uma diminuição de 1% no albedo planetário é equivalente a dobrar a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, e poderia aumentar a temperatura da superfície em até 1°C. Ressalta-se novamente que albedo das áreas urbanas é baixo, principalmente quando comparado, por exemplo, ao potencial de reflexão de gramados/ áreas rurais (Angelini et al, 2015). Segundo Alves e Vecchia (2012) estes valores variam de 14-18 e 15-30 respectivamente.

Neste estudo, o potencial de reflexão considerado para a superfície asfáltica foi de 15%, uma média dos valores apontados na literatura sobre o tema (Cueto et al, 2015; Oke, 1987; Kruger, 2016). Isto porque, ao considerar os diferentes fatores que influenciam o albedo de uma superfície para determinar o albedo específico da cidade do Rio de Janeiro seriam necessárias aplicações que não abrangem o escopo deste trabalho. Não foi encontrado também na literatura científica nenhum estudo que reportasse tal valor.

Os resultados das variáveis necessárias para o cálculo do impacto da infraestrutura urbana de transporte usadas neste estudo de caso estão apresentados na tabela 3. Em seguida, são apresentadas as equações que originaram os cálculos que serão aqui apresentados. Cabe mencionar que o albedo da superfície asfáltica e a incidência de radiação solar no Rio de Janeiro são valores aproximados baseados nas referências apresentadas anteriormente.

| Absorção de radiação por uma superfície (A): | Incidência Solar (1 - r) |
|--|--------------------------|
| Incidência solar no Rio de Janeiro (i): | 215 W/m ² |
| Albedo superfície asfáltica (r): | 0,15 |
| Área de via da cidade do Rio de Janeiro (T): | 113 km ² |

Tabela 3: Elementos para o cálculo de absorção das vias urbanas na cidade do Rio de Janeiro

Fonte: Elaboração das autoras com base nos estudos apresentados

Equação 1: Equação da absorção de radiação solar pela superfície asfáltica no município do Rio de Janeiro

$$A = (1 - r), \text{ ou seja:}$$

$$A_a = 215 (1 - 0,15)$$

Equação 2: Equação da absorção de radiação solar total pela superfície asfáltica no município do Rio de Janeiro

$$A = (1 - r) * T, \text{ ou seja:}$$

$$A_{\text{at asfáltica}} = 215 (1 - 0,15) * 113 \times 10^6$$

Assim, tem-se que a radiação solar absorvida pela superfície de via no Rio de Janeiro é de aproximadamente 183 W/m². Isto significa dizer, que dos 215 W/m² de radiação solar recebida esta superfície reflete apenas 32 W/m². Ao realizar os cálculos com base na área de vias total na cidade, conclui-se que estas superfícies absorvem um total de 20.701 MW/m². Isto é, dos 24.321 MW/m² de radiação solar que as vias urbanas cariocas recebem, elas refletem apenas em torno de 3.620 MW/m².

3 | POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO AO IMPACTO DA INFRAESTRUTURA URBANA DO SETOR DE TRANSPORTES NO AQUECIMENTO GLOBAL

As políticas de mitigação da infraestrutura de transportes urbana que aqui são apresentadas abordam o impacto desta no aquecimento global a partir da diminuição do potencial de reflexão provocado por seus principais materiais, o asfalto e o concreto.

As medidas de aumento do potencial de reflexão dos materiais urbanos, entre eles o concreto e o asfalto, são classificadas como medidas técnicas de gerenciamento da radiação solar, dentro de um conjunto de práticas de combate as mudanças climáticas, chamado de geoengenharia. Segundo Scheneider (1996), a geoengenharia é a manipulação intencional e em larga escala do meio ambiente que tem como objetivo a redução das mudanças climáticas antropogênicas indesejadas. Ou seja, a geoengenharia busca reverter alguns aspectos das mudanças climáticas provocados pelo homem através de esquemas de modificação intencional do clima (Martins, 2009).

Um exemplo de medidas de geoengenharia são as técnicas de gerenciamento da radiação solar (SRM, sigla em inglês) baseadas em modificações na superfície, na troposfera, na atmosfera e no espaço. Considerando o objetivo deste trabalho, os métodos apresentados são focados nas modificações na superfície terrestre construída. A tabela a seguir apresenta algumas medidas de geoengenharia propostas por diferentes estudos que, ainda que em sua maioria apresentem medidas e resultados referentes à infraestrutura urbana em geral, ressalta-se novamente a grande parcela das cidades ocupadas por vias e pavimentos evidenciada na seção anterior.

| Autores | Medidas | Resultados e observações |
|---|--|--|
| Myhre e Myhre (2003); Foster et al (2007); | Aumento de 0.01 no albedo da superfície | Uma redução no forçamento radiativo entre 0,53 e 1,2 Wm ⁻² |
| Campra et al (2008) | Aumento de 0.09 no albedo da superfície de uma região espanhola | Aumento da forçante negativa em uma média de 19,8 Wm ⁻² |
| Lenton e Vaughan (2009) | Aumento do albedo das áreas urbanas | Para uma área urbana de 15x10 ¹² m ² , estimou-se um forçamento radiativo negativo de -0.047Wm ⁻² |
| Akbari et al (2009) / | Manutenção de telhados e pavimentos em zonas tropicais e temperadas Pavimentos capazes de aumentar a reflexão solar em 0.15 | Efeito global no forçamento radiativo de compensar 44 Gt de CO ₂ emitidos Compensação de 0,04 toneladas de CO ₂ equivalente por m ⁻² |
| Menon et al (2010) | Aumento do albedo dos telhados em 0.25 e dos pavimentos urbanos em 0.15 | Aumento de aproximadamente 0.5Wm ⁻² no potencial de energia refletida. Compensação equivalente a 57 Gt de CO ₂ emitidos |

Tabela 4: Estudos sobre políticas de mitigação ao impacto da infraestrutura urbana no aquecimento global

Fonte: Elaboração das autoras com base nos autores citados

Um caminho interessante para aumentar o potencial de reflexão de radiação das áreas urbanas é a construção das chamadas infraestruturas verdes. Segundo a EPA (2018) a infraestrutura verde usa vegetação, solos e processos naturais para criar ambientes urbanos mais sustentáveis podendo variar em escala como projetos locais – jardins e telhados verdes – ate regionais – como conservação de parques. Adicionalmente, a infraestrutura verde proporciona as cidades um potencial significativo de adaptação as mudanças climáticas podendo minimizar, por exemplo, o risco de enchentes através do melhor escoamento das aguas pluviais e o aumento da temperatura local, caracterizado pelas ilhas de calor (UK, 2010; Jones, 2014; Matthews et. Al, 2019)

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças climáticas são uma realidade. O aquecimento global é um dos efeitos destas mudanças, caracterizado pelo aumento nas temperaturas médias da superfície terrestre ocasionado pelo desequilíbrio no balanço de radiação (IPCC, 2007). Os impactos deste aquecimento são em parte, ainda desconhecidos, devido principalmente a grande complexidade do sistema climático. Ressalta-se aqui a grande participação do setor de transportes urbano, responsável por aproximadamente 1/3 da utilização final da energia global, das quais 71% são provenientes de combustíveis fósseis não renováveis, com alto nível de emissão de GEE (IEA, 2008).

O impacto das cidades no aquecimento global atualmente está sendo discutido também sobre uma nova perspectiva, a de sua infraestrutura urbana. Materiais urbanos comuns possuem um baixo albedo, isto é, uma baixa capacidade de refletir a radiação solar incidente. Tem-se que as áreas urbanas refletem, em média, 14-18% da radiação incidente, enquanto o albedo médio terrestre é de 30%. Ou seja, os centros urbanos retêm uma porção maior de radiação solar do que a média global. A radiação solar retida na superfície é transformada em calor, o que provoca o aquecimento das temperaturas na superfície terrestre.

Com base no referencial teórico apresentado e discutido assim como no estudo de caso realizado, este trabalho mostrou uma perspectiva mais ampla do impacto do setor de transportes nas mudanças climáticas através de como as superfícies urbanas da infraestrutura de transportes influenciam o balanço de radiação do sistema climático. No tocante as limitações deste trabalho, destaca-se inicialmente que ele não aborda os impactos ambientais oriundos da elaboração da sua infraestrutura propriamente dita. Isto é, não contabiliza, por exemplo, os impactos da matéria prima utilizada, do consumo de água e energia, as emissões de CO₂ relacionadas ao processo produtivo e a produção de resíduos.

Este trabalho também apresentou limitações relacionadas ao cálculo dos benefícios proporcionados pelas medidas de mitigação oriundas da alteração dos materiais urbanos. Apesar de apontar o benefício significativo destas práticas de mitigação na literatura científica sobre o tema, o estudo não consegue contabilizar este benefício em temperatura. Desta forma, percebe-se uma dificuldade de quantificar estes melhoramentos em uma linguagem usual, capaz de facilitar o entendimento quando comparado a outras práticas de mitigação.

Por fim, o trabalho mostrou que o impacto do setor de transportes no aquecimento global é maior do que aquele contabilizado principalmente através do consumo de energia e das emissões de gases de efeito estufa.

Ao destacar que este impacto tende a se tornar cada vez mais significativo ao considerar o crescimento dos centros urbanos, o trabalho destaca a necessidade de a comunidade acadêmica aprofundar o conhecimento acerca do impacto da infraestrutura urbana no aquecimento global assim como das suas possíveis

alternativas de mitigação.

REFERÊNCIAS:

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2012). Energia Solar do Brasil. In: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica no Brasil**. Brasília : ANEEL, 2002, cap. 3.
- AKBARI, Hashem; Menon, Surabi; Rosenfeld, Arthur. **Global Cooling: Effect of Urban Albedo on Global Temperature**. In: 2nd PALENC & 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century, 2007. Disponível em: < http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5CPalencAIVC2007%5CVolume1%5CPalencAI VC2007_002.pdf>. Acesso em 7 ago. 2016.
- AKBARI, Hashem; ROSE, L **Urban Surfaces and heat island mitigation potentials**. *Journal Human-Environment*, vol. 11, n. 2, p. 85-101, jan. 2008. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/255203530>> Acesso em 13 mai. 2016.
- AKBARI, Hashem; MENON, Surabi; ROSENFELD, Arthur. **Global cooling: Increasing world-wide urban albedos to offset CO2**. *Climatic Change*. v, 95. n, 3-4, p.1-12, jun. 2009. Disponível em:< <http://www.energy.ca.gov/2008publications/CEC-999-2008-020/CEC-999-2008-020.PDF>>. Acesso em 7 set 2016.
- ALVES, L. D. Elis; VECCHIA, S. A. Francisco. **Influência de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio experimental**. *Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 8, n. 1, p. 102- 111, abr./2012.
- ANGELLINI, P. Lucas et al. **Relação entre albedo e temperatura da superfície estimados por sensoriamento remoto na área urbana de Cuiabá, Mato Grosso**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XVII, 2015. João Pessoa: INPE, 2015. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0377.pdf>>. Acesso em 22 jul. 2016.
- CALLEGARE, O. Andyara et al. **Estudos sobre o albedo em diferentes tipos de superfície**. *Energias Renováveis*, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://energiasrenovaveisunisanta.files.wordpress.com/2016/03/estudo-sobre-o-albedo-em-diferentes-tipos-de-superf3adcie.pdf>>. Acesso em 18 set. 2016.
- CAMPRA, Pablo et al. **Surface temperature cooling trends and negative radiative forcing due to land use change toward greenhouse farming in southeastern Spain**. *Journal of Geophysical Research*, v. 113, n. D18, p. 1- 10, set. 2008. Disponível em:< <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008JD009912/pdf>>. Acesso em 25 ago 2016.
- CUETO, G. Rafael et al. **Parameterization of net radiation in na arid city of northwestern Mexico**. *Atmosfera*, [s.l.] v. 28, n. 2, p. 71-82, jan 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/atm/v28n2/v28n2a1.pdf>> Acesso em 04 nov. 2016
- D'ANGIOLLA, G. et al. **Radiação: Estudos das características e suas aplicações no Recôncavo Baiano**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza. Anais., Fortaleza:Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/Fundação Cearense de Meteorologia, 2001.
- DODMAN, David. **Blaming cities for climate change? An Analysis fo urban greenhouse gas emissions inventories**. *Environment & Urbanization*. v. 21, n. 185, abr, 2009. Disponível em:< <http://eau.sagepub.com/content/21/1/185.full.pdf+html>>. Acesso em 21 set. 2016
- EPA. **Green Infrastructure and Climate Change: Collaborating to improve community resilience. 2016**. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/gi_climate_

GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor: Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

HEBBERT, Michael; JANKOVIC, Vladimir. **Cities and Climate Change: The Precedents and Why They Matter**. *Urban Studies – Special Issue*, v. 50(7), p. 1332-1347, mai. 2013. Disponível em: <<http://usj.sagepub.com/content/50/7/1332.full>>. Acesso em 13 out. 2016

HOORNWEG, Daniel; SUGAR, Lorraine; GÓMEZ, Claudia. **Cities and greenhouse gas emissions: moving forward**. Environment & Urbanization. 2011

IEA. **World Energy Outlook**, Paris, 2008.

IEA. **Use of energy explained** 2018. Disponível em: <https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/transportation.php>

IPCC. *Summary for Policymakers*, In: Climate Change 2007: **The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, 2007

IPCC. **Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning**. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge e Nova York. 2014a

IPCC. *Transport*. In: Climate Change 2014: **Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge e Nova York, 2014b.

IPCC. **Summary for Policymakers**, In: Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge e Nova York, 2014c.

INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS (IPP). **Mapoteca – Uso do solo município do Rio de Janeiro** (2013). Disponível em: <http://pgeo/amdpaint.asp?gtema=12>. Acesso em ago 2016.

Jones, Sarah; Somper, Carol. **The role of green infrastructure in climate change adaptation in London**. The Geographical Journal. doi: 10.1111/geoj.12059. 2014.

KRUGER, L. Eduardo; GONZALEZ, G. Dominique. **Impactos da alteração no albedo das superfícies no microclima e nos níveis de conforto térmico de pedestres em cânions urbanos**. *Ambiente construído*, vol. 16, n. 3, p. 89-106, set. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000300094>> Acesso em 3 out 2016.

LENTON, M. Tim, VAUGHAN, Naomi. **The radiative forcing potential of different climate geoengineering options**. *Atmospheric Chemistry and Physics Cycle*, vol. 15, n. 9, p. 891-908, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.atmos-chem-phys.net/9/5539/2009/acp-9-5539-2009.pdf>>. Acesso em 1 set. 2016.

MATTHEWS, Tony; Lo, Alex; Byrne, Jason. **Reconceptualizing green infrastructure for climate change adaptation: Barriers and drivers for uptake by spatial planners**. *Landscape and Urban Planning Journal*. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2015.02.010. 2019

MATOS, Laura B Rego de. **A importância do setor de transportes na Emissão de Gases de Efeito Estufa**. 2001. 179 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – COPPE - Universidade Federal

do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MARTINS, R. Fernando et al. **Mapeamento dos recursos de energia solar no Brasil utilizando modelo de transferência radiativa Brasil - SR.** In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 1., 2007, Fortaleza. Anais eletrônicos, Fortaleza: ABENS, 2007. Disponível em: <http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/eventos/CBENS2007_FernandoRMartins_etal.pdf>. Acesso em 12 out. 2016.

MENON, Surabi, et al. **Radiative forcing and temperature response to changes in urban albedos and associated CO2 offsets.** *Environmental Research Letter*. vol. 5, n 1, p 1- 11, jan. 2010. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/5/1/014005/pdf>>. Acesso em 24 ago. 2016.

MYHE, Gunnar; MYHRE, Arne. **Uncertainties in radiative forcing due to surfasse albedo changes caused by land- use changes.** *Journal of Climate*, v. 50, p. 141-154, out. 2011. Disponível em:<https://www.academia.edu/20413563/Long-term_hydrothermal_performance_of_white_and_black_roofs_in_North_American_climates?auto=download>. Acesso em 21 ago. 2016.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates.** 2 ed., Inglaterra: Taylor & Francis Group, 1987.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **World Urbanization Prospects-The 2014 Revision.** Nova Iorque, 2014. 32 p.

PEREIRA, B. Enio; et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** São José dos Campos, SP: INPE, 2006.
SCHNEIDER, S. H. **Geoeengineering: Could – or should – we do it?.** *Climatic Change*, v. 33, n. 3, p. 291-302, jul. 1996. Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00142577>>. Acesso em 04 nov. 2016.

TIBA, Chigueru, et al. **Atlas Solarimétrico do Brasil.** Recife, PE: Ed. Universitária da UFPE, 2000. 111p. UK, 2010. Green Infrastructure Combat Climate Change. 39 pp. Disponível em: https://www.greeninfrastructurenw.co.uk/resources/GI_and_CC_Action_Plan_Consultation_Draft_02.09.10.pdf

UN-HABITAT. **Streets as public spaces and drivers of urban prosperity.** Nairobi, 2013. 168 p.

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