

ISSN: 2316-6517



**International Journal of Knowledge
Engineering and Management**

v. 10, n. 26, 2021.

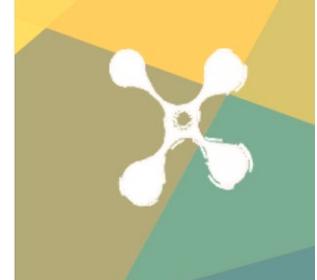


International Journal of Knowledge Engineering and Management,

Florianópolis, v. 10, n. 26, p. 198-227, 2021.

• ISSN 2316-6517 •

• DOI: 1047916 •



A DINÂMICA DA MOBILIDADE URBANA DA GRANDE FLORIANÓPOLIS EM UM CENÁRIO DE SUPERPOPULAÇÃO: SIMULANDO UM TRANSPORTE INTELIGENTE

JORGE LUIZ GUEDES SANT'ANA

Doutor em Engenharia de Produção

Universidade Federal de Santa Catarina

jlgedessantana@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6521-6660

TARCISIO VANZIN

Doutor em Engenharia de Produção

Universidade Federal de Santa Catarina

tarcisio.vanzin@ufsc.br

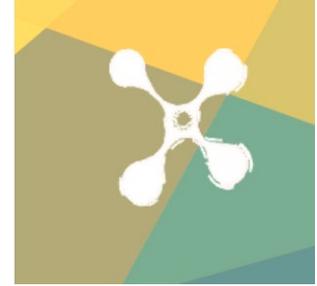
ORCID: 0000-0001-8121-3398

Submissão: 07dezembro. 2021. Aceitação: 28 dezembro. 2021.

Sistema de avaliação: duplo cego (*double blind review*).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC)



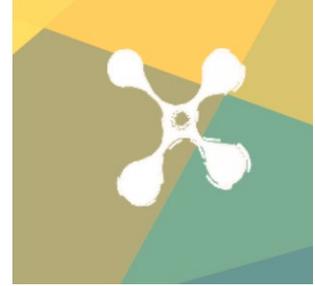


A DINÂMICA DA MOBILIDADE URBANA DA GRANDE FLORIANÓPOLIS EM UM CENÁRIO DE SUPERPOPLAÇÃO: SIMULANDO UM TRANSPORTE INTELIGENTE

Resumo

Objetivo: Apresentar uma abordagem de dinâmica de sistema baseada na análise de causa e efeito e estruturas de loop de *feedback* simulando cenários futuros para a melhoria da mobilidade urbana da grande Florianópolis. **Método:** Alguns cenários futuros com a Dinâmica de Sistemas foram simulados vislumbrando melhorias na mobilidade urbana da região metropolitana de Florianópolis. **Resultados:** Foi possível simular situações com ênfase em 4 fatores: os engarrafamentos com e sem aumento de população, a demanda por transporte, veículos desejados no trânsito e por fim o fluxo de mobilidade urbana. **Originalidade:** O uso de simulações com dinâmica de sistemas surge como uma ferramenta original e inovadora e pode antevê problemas e orientar os gestores nas tomadas de decisão. Modelos como o que foi construído para este artigo são ferramentas dinâmicas que permitem melhorar uso da máquina administrativa de forma responsável.

Palavras-chave: Dinâmica de Sistemas, Mobilidade Urbana, Inovação, Sustentabilidade, Cidades Inteligentes

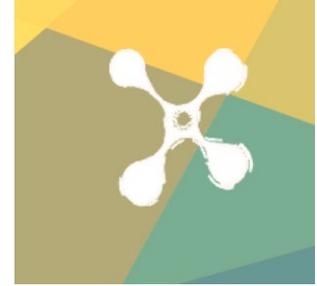


THE DYNAMICS OF URBAN MOBILITY IN GREAT FLORIANOPOLIS IN A SCENARIO OF OVERPOPULATION: SIMULATING INTELLIGENT TRANSPORT

Abstract

Goal: To present a system dynamics approach based on cause and effect analysis and feedback loop structures simulating future scenarios for the improvement of urban mobility in greater Florianópolis. **Design:** Some future scenarios with System Dynamics were simulated, envisioning improvements in urban mobility in the metropolitan region of Florianópolis. **Results:** It was possible to simulate situations with an emphasis on 4 factors: traffic jams with and without an increase in population, demand for transport, desired vehicles in traffic and finally the flow of urban mobility. **Originality:** The use of simulations with system dynamics emerges as an original and innovative tool and can foresee problems and guide managers in decision-making. Models like the one built for this article are dynamic tools that allow you to responsibly improve administrative machine usage.

Keywords: System Dynamics, Urban Mobility, Innovation, Sustainability, Smart Cities

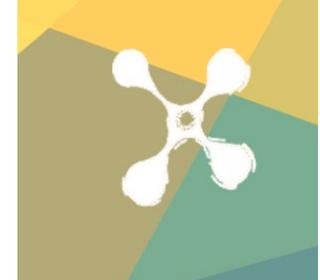


Introdução

O rápido aumento da população urbana aumentará a demanda por viagens e a mobilidade em todo o mundo (Alam, 2013). Com isso, ocorrem os intermináveis congestionamentos e a demanda pelas viagens e o excesso de ofertas limitarão os serviços de transporte. O transporte público cada vez mais, tem se tornado a melhor alternativa para pessoas que não podem dirigir ou preferem não dirigir, como as crianças, os idosos, adolescentes e deficientes. Assim, o transporte público passa a ser alvo da administração pública e iniciativa privada na busca de facilitar o deslocamento dessas pessoas, além de promover a acessibilidade e melhoria da qualidade de vida de toda a população. Além disso, o controle do tráfego rodoviário nos grandes centros permite reduzir os acidentes e congestionamentos nas vias e a poluição ambiental (Paes, 2018).

A questão do meio ambiente, e as crescentes preocupações com as emissões de poluentes pelo setor de transportes corroboram com a necessidade de ações urgentes para a mudança dos modelos atuais para sistemas mais sustentáveis que deve considerar as necessidades de todos os grupos sociais, com melhor acessibilidade e baixos índices de poluição. Os estudos de transição se concentram em ações e planos usados para mudar o sistema atual para outros mais sustentáveis, com uma mudança radical em etapas incrementais. Para Moradi (2018), a perspectiva multinível considera a transição como um processo não linear de mudança resultante das interações de fatores sociais e tecnológicos em diferentes níveis.

O desenvolvimento urbano sustentável envolve a diminuição da dependência de carros particulares como meio de transporte e o endosso do uso do transporte público.



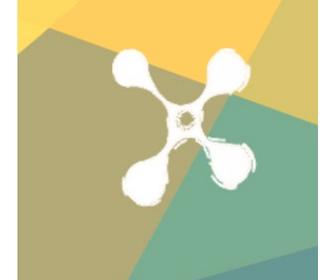
No entanto, a avaliação consistente e o aprimoramento da qualidade do serviço são necessários para que o transporte público seja mais atraente, especialmente para os proprietários de automóveis (Wallace & Okafor, 2021).

O sistema de transporte urbano, segundo Wang et al. (2008) é um sistema complexo com múltiplas variáveis e *loops* de *feedback* não linear e influenciado por transporte, fatores sociais, econômicos e ambientais. Vários fatores influenciam a mobilidade urbana, incluindo divisão modal, frequência de viagem, desempenho e atraso e a relação entre oferta e demanda do transporte público (Suryani et al. 2020).

Assim, a Modelagem de Dinâmica de Sistemas foi projetada para lidar com esse tipo de complexidade de uma forma intuitivamente compreensível (Pfaffenbichler et al. 2010). A dinâmica de sistemas foi projetada especialmente para sistemas socioeconômicos complexos de grande escala. A metodologia foi aplicada em vários campos, incluindo, mas não se limitando a questões de desenvolvimento sustentável regional, gestão ambiental regional e programas de desenvolvimento nacional (Yao & Chen, 2015).

Basicamente, os modelos de dinâmica de sistemas são feitos de três tipos de variáveis: estoque, taxa e auxiliar, dois tipos de fluxos, físico / material e informações, e Saisel et al. (2002) acreditam que o propósito desse tipo de estudo é entender como e porquê das dinâmicas de geração de um problema, e depois de simulações de cenários buscar políticas para solucioná-los. Essas políticas referem-se às regras de decisão de longo prazo em nível macro usadas pela alta administração.

Neste contexto, a mobilidade urbana nas grandes cidades se configura como sistemas complexos e de difícil solução, e a fim de apresentar a situação mais próxima do real, o modelo desenvolvido e apresentado neste artigo baseou-se em dados da



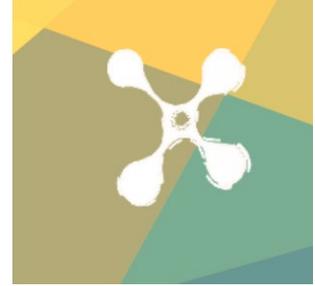
literatura nacional e internacional sobre mobilidade urbana em cenários de superpopulações. O modelo utilizou ainda *insights* e experiências dos autores que residem na cidade de Florianópolis e convivem com os problemas da região. Desta forma, para desenvolver o modelo, foi necessário caracterizar a população e os veículos como estoques, enquanto os processos de melhoria da mobilidade com a construção de estradas e a implantação de outros modais podem ser vistos como fluxos.

Considerando que as mudanças nesses estoques e fluxos podem alterar a rotina de uma cidade, influenciar o trânsito, reduzir a emissão de poluentes e melhorar a qualidade de vida da população, este artigo busca apresentar uma abordagem de dinâmica de sistema baseada na análise de causa e efeito e estruturas de *loop* de *feedback* simulando cenários futuros com o aumento progressivo da população e o comportamento do trânsito da região metropolitana com a implantação dos modais hidroviário e ferroviário na região da grande de Florianópolis.

Este artigo se justifica ao propor uma ferramenta que permite aos gestores da grande Florianópolis, simular prospectar cenários futuros na mobilidade urbana da região com a implantação de três modais. O modelo teve a grande Florianópolis como motivação com base no estudo realizado por Medeiros (2006) pela Universidade de Brasília (UnB) que classificou Florianópolis como o pior índice de mobilidade entre 21 capitais brasileiras analisadas. A cidade também foi classificada pelo Waze Satisfaction Index de 2017 como a pior do Brasil para se dirigir (Waze, 2021).

Revisão de literatura

A metodologia de Dinâmica de Sistemas foi desenvolvida por Jay W. Forrester (1961). A base para seu modelo de Dinâmica Industrial é a Teoria Geral de Sistemas e

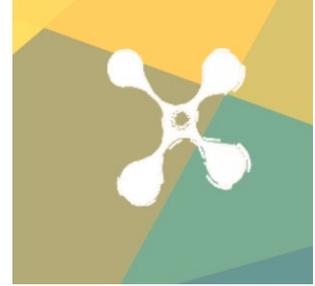


Teoria de Controle, na qual investiga a economia, os negócios e os sistemas organizacionais (Rosenberg et al., 2012). A abordagem metodológica serve como base de explicação para ilustrar os efeitos das decisões em sistemas complexos e dinâmicos.

A distribuição do trânsito de uma metrópole para Xue et al, (2017) é um projeto sistemático, e o próprio sistema de transporte público também é um sistema complexo com múltiplos feedbacks, variáveis e não linearidades. Utilizar a Dinâmica de Sistemas pode permitir compreender e interpretar as interações de forma mais clara. Além disso, um ponto forte da abordagem de Dinâmica de Sistemas é que ela pode descrever os processos dinâmicos que evoluem continuamente.

Por meio da Dinâmica de Sistemas podem ser feitas tentativas para gerenciar e controlar os sistemas de transporte de uma maneira melhor e apresentar soluções plausíveis para muitos problemas de transporte. Algumas simulações foram observadas por Setiafindari e Anggara (2017) a fim de avaliar o impacto de políticas e melhorar a compreensão da mudança de comportamento do sistema de transporte com o intuito de selecionar o melhor modo de transporte para solucionar problemas como a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Os sistemas de transporte muitas vezes envolvem uma série de diferentes partes interessadas ou agentes, o que resulta em feedback com diferentes defasagens de tempo entre as respostas de cada tipo de usuário. Os modelos de dinâmica de sistema oferecem uma abordagem de sistema completo para o planejamento de transporte e assim, com essa perspectiva diferente, a importância do feedback e das respostas defasadas pode ser demonstrada aos formuladores de políticas (Sheperd, 2014).



Procedimentos metodológicos

Modelagem

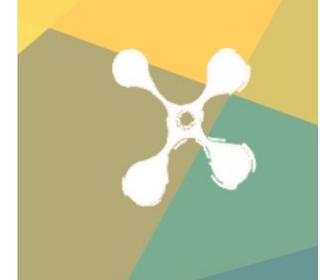
O método utilizado é o da dinâmica do sistema, que se preocupa em melhorar a compreensão do comportamento do transporte urbano na grande Florianópolis com a implantação dos modais hidroviário e ferroviário. Esse entendimento é importante no desenho de uma política efetiva, pois o processo de tomada de decisão diz respeito aos fenômenos dinâmicos. A simulação foi realizada no software Stella.

Inicialmente foram feitos modelos de Diagrama de Loop Causal dos sistemas de transporte e usuários, em seguida, foram feitos modelos de Diagrama de Fluxo e Estoque a fim de desenvolver quatro cenários utilizando formulação matemática para verificar se as políticas de inclusão de novos meios de transporte podem melhorar a mobilidade na região da grande Florianópolis e assim influenciar as tomadas de decisões.

Buscas e análise de dados

As buscas e análise de dados sobre a mobilidade da grande Florianópolis se deram nos meses de abril e maio de 2021, nos sites do governo do estado de Santa Catarina, da prefeitura de Florianópolis, no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e nos artigos nacionais e internacionais alinhados com o tema na plataforma de busca *Google*.

Os dados principais coletados foram: população, número de veículos, população transportada diariamente, demanda de viagens, oferta de transporte e congestionamento. Depois de reunidas as informações, o estudo simulou cenários



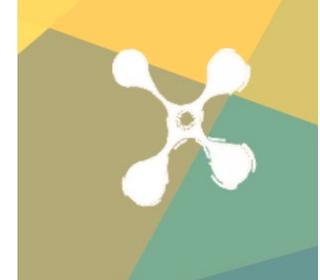
futuros com a Dinâmica de Sistemas explorando a questão da dificuldade na mobilidade urbana da região metropolitana, que assim como outras metrópoles, vem crescendo rapidamente e teve a sua mobilidade comprometida com um aumento populacional de 421.240 habitantes em 2010 para 508.826 em 2020. (IBGE 2021).

Resultados

A cidade de Florianópolis em 2019 passou de 500.973 habitantes para 508.826 em 2020; São José passou de 246.586 em 2019 para 250.181 em 2020; Palhoça passou de 171.797 para 175.272 e Biguaçu de 68.481 para 69.486 em 2020. As quatro cidades que compõe a região metropolitana d grande Florianópolis cresceram juntas em um ano, 15.928 novos habitantes, que divididos por 365 dias do ano chega a 43 novos habitantes que passam a residir na cidade a cada dia (IBGE, 2021).

Segundo a Secretaria de Mobilidade Urbana de Florianópolis / IBGE (2021) o transporte da região metropolitana em 2020 se constituiu de 370.302 veículos, sendo 231.978 automóveis, 51.638 motos, 3.921 caminhões, 2.149 ônibus e outros. Os transportes são contados por meio de um sistema de sensores instalado no asfalto da cabeceira das pontes. De acordo com números da Diretoria de Operações de Florianópolis – 2021, os controladores de fluxo posicionados na Beira Mar Norte, região central, na altura do bar Koxixo's, registraram entre os dias 01 a 05 de janeiro de 2021 - 199 mil veículos que passaram pela via no sentido das praias e 176 mil no sentido centro.

A figura 1 representa o mapa da região metropolitana de Florianópolis com a inserção do sistema rodoviário atual *Bus Rapid Transit* (BRT), o sistema hidroviário que se encontra em fase de implantação com os portos nos respectivos locais previstos no

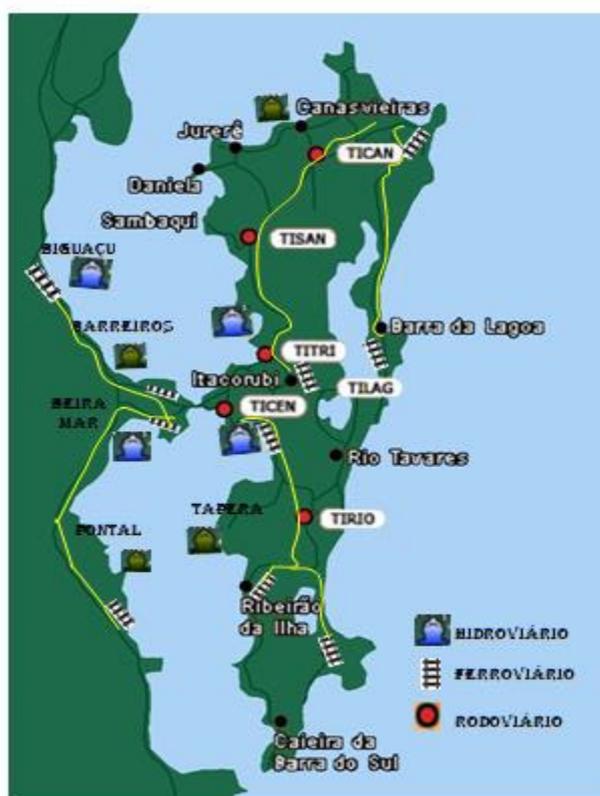


projeto *Pré-EVTE* Aquaviário do governo de Santa Catarina / BID (2021) e o sistema Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) Sugerido por Pelizza (2014) que pode servir como embrião para a implantação de um sistema metroviário.

Os autores incluíram na simulação o sistema ferroviário de transporte de pessoal utilizando a Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) interligando as cidades de Palhoça a Biguaçu, os bairros do sul da ilha Ribeirão da Ilha e Pântano do Sul e os bairros do norte Ingleses e Canasvieiras ao centro da cidade.

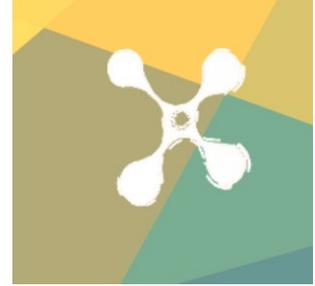
Figura 1

Mapa da região metropolitana de Florianópolis com os três modais.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Depois de reunir as informações, foi possível dar o próximo passo da pesquisa que foi o desenvolvimento do modelo que seguiu o procedimento metodológico de dinâmica



de sistemas, amplamente utilizado para simular problemas nas áreas de negócios, gestão ambiental, planejamento energético, e mais recentemente, em diversos problemas de saúde (Jetha, 2017 & Jo An, 2015).

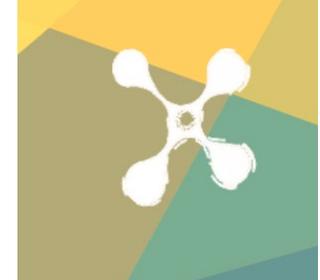
Matematicamente, um modelo de dinâmica de sistema pode ser representado por equações do tipo:

$$\frac{d}{dt}X = f(X, p) \quad (1)$$

Sendo que: X = vetor de 'n' estoques; dX/dt = taxa líquida de mudança do vetor X ; f = função n-dimensional e usualmente não-linear; e p = vetor de parâmetros. Assim, para desenvolver um modelo que represente o mais próximo a realidade, os autores buscaram dados reais disponíveis na internet nos sítios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e da Secretaria de Mobilidade Urbana de Florianópolis-SC, destacando alguns aspectos: i) a população local, ii) a quantidade de veículos, iii) o fluxo de veículos nas principais vias da cidade, iv) o novo sistema hidroviário, v) o uso simulado do modal ferroviário para transporte de pessoal além de outros.

Finalmente, depois de várias discussões críticas, uma estrutura final do modelo foi gerada e inserida no *software Stella Architect* (www.iseesystems.com). A próxima etapa foi à parametrização do modelo. Para isso, alguns dados obtidos nos sites supracitados como a população, o número de veículos, o fluxo de automóveis foram inseridos no modelo e os demais estimados com base nas observações dos autores sobre a realidade da cidade e assim o modelo foi ajustado para representar um cenário inicial.

O modelo representado na Figura 2 demonstra a dinâmica de mobilidade urbana da região metropolitana de Florianópolis que permite analisar 4 fatores que se são os

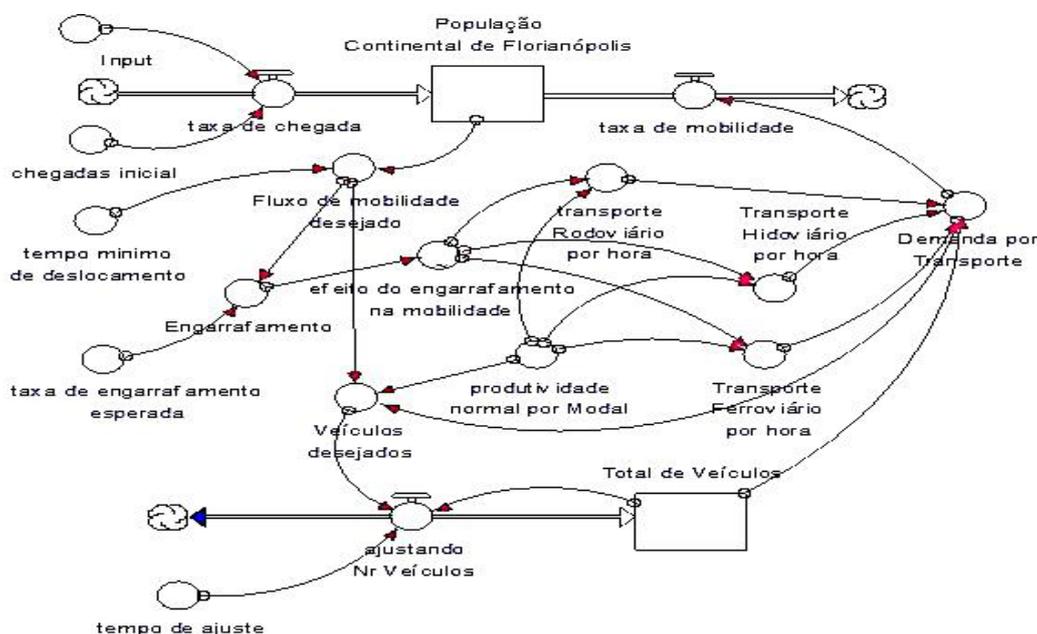


engarrafamentos com e sem aumento de população, a demanda por transporte, veículos desejados no trânsito e por fim o fluxo de mobilidade urbana.

O modelo apresentado na figura 2 permite analisar os possíveis efeitos combinados da chegada de novos moradores na região metropolitana de Florianópolis, a demanda por transporte, a oferta de três modais, o fluxo de modalidade desejada, os engarrafamentos, o número de veículos desejado no trânsito além de outros nos vários níveis descritos como um diagrama de estoque e fluxo.

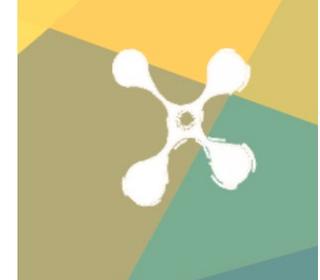
Figura 2.

Modelo de dinâmica de sistemas para gestão da mobilidade urbana na região metropolitana de Florianópolis-SC.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

A fim de apresentar graficamente as etapas e os efeitos simulados no modelo, as equações matemáticas formuladas são apresentadas como se segue: os engarrafamentos com o aumento da população, a demanda por transporte, veículos



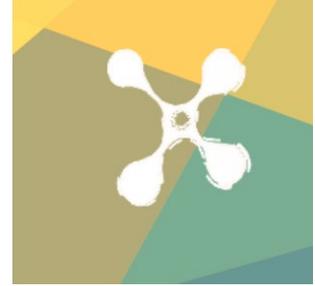
desejados no trânsito e por fim o fluxo de veículos desejado. As equações formuladas (apresentadas a seguir) são produto de operações algébricas simples como adição, subtração, divisão e produto, disponível na construção do modelo. Em outras palavras, as equações de 2 a 5 foram deduzidas pelos autores para explicar os fenômenos nelas observados.

Depois de simular algumas possíveis situações no modelo, os autores apresentam as variáveis que obtiveram maior destaque:

A primeira foi sobre os resultados dos engarrafamentos com o aumento da população que pode ser vista como \dot{E}_t = a divisão entre o Fluxo de veículo desejado no período de tempo t , α_t e a taxa de engarrafamento esperada no mesmo período δ_t^e , representada na linguagem da dinâmica de sistema pela equação a seguir.

$$\dot{E}_t = \alpha_t \div \delta_t^e \quad (2)$$

Isso significa dizer que na medida em que há um maior Fluxo de veículo nas principais vias, maior é a quantidade de engarrafamentos na cidade. Assim, Hong et al., (2016) afirmam que os sistemas de transporte público urbano, que podem oferecer serviços de transporte compartilhado de baixo custo, eficientes e seguros para o público em geral, desempenham um papel importante no desenvolvimento da economia de uma cidade e no bem-estar de seus cidadãos. Eles evidenciaram também que, na maioria das grandes cidades do mundo, os engarrafamentos são evitados devido aos sistemas de transporte público urbano ser compostos principalmente de sistemas de ônibus e sistemas de metrô, e fornecem serviços de transporte alternativo para transportar os passageiros aos locais desejados.



Na sequência, aparece a demanda por transporte $\theta_t^e =$ Total de Veículos π_t multiplicado por Transporte Rodoviário por hora ε_t multiplicado por Transporte Hidroviário por hora ζ_t multiplicado por Transporte Ferroviário por hora σ_t .

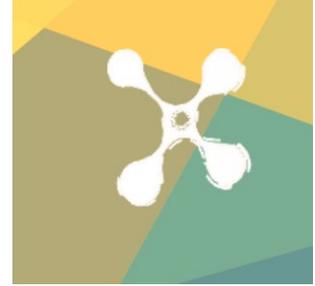
$$\theta_t^e = \pi_t \times \varepsilon_t \times \zeta_t \times \sigma_t \quad (3)$$

Em outras palavras, quanto maior a oferta de modais, maior será a demanda por transporte. No entanto, da Silva et al 2015 argumentam que os principais desafios na implementação de políticas de melhoria da mobilidade urbana são: moderar a circulação de veículos particulares, repensar o desenho urbano, priorizar o transporte público, reduzir a necessidade de viagens motorizadas, reduzir tarifas de transporte coletivo e proporcionar mobilidade para pessoas com deficiência.

Um aspecto de fundamental importância nesse processo são os veículos desejados no trânsito $v_t^e =$ a multiplicação da Produtividade normal por Modal \mathcal{P}_t^e por Fluxo de Veículos desejados ω_t dividido pela Demanda por Transporte \mathcal{D}_t^e .

$$v_t^e = \mathcal{P}_t^e \times \omega_t \div \mathcal{D}_t^e \quad (4)$$

A redução dos veículos circulantes na cidade não depende só de duplicações de vias nem de revezamentos de dias de utilização, mas sim, da disponibilidade de outros modais para o transporte da população. O desejável impacto de implementação de estratégias de Gestão de Mobilidade no congestionamento do tráfego será alcançado quando esta implementação for rápida e eficaz (Chaves et al. 2018).



Finalmente, para o fluxo de veículos desejado ξ_t^e será = População Metropolitana de Florianópolis Ω_t dividida por Tempo mínimo de deslocamento ϕ_t^a .

$$\xi_t^e = \Omega_t \div \phi_t^a \quad (5)$$

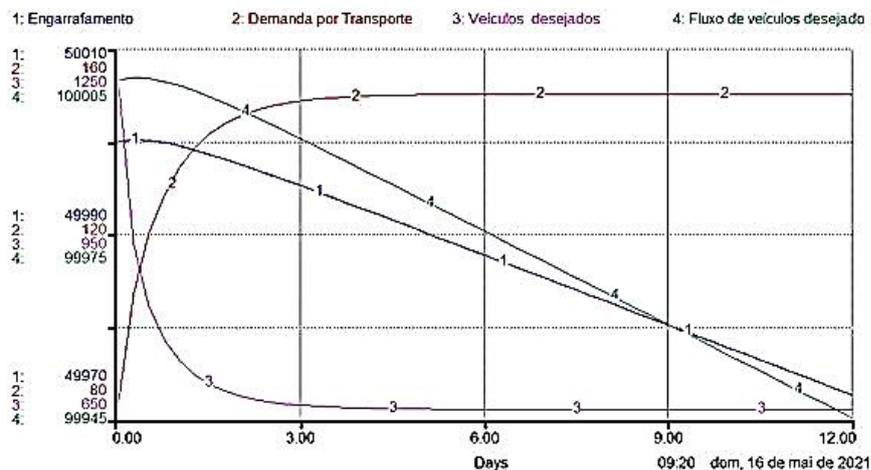
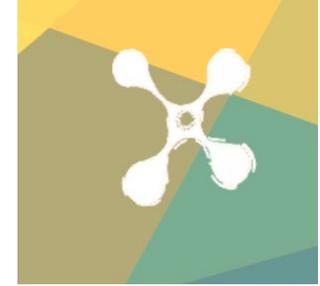
Na equação 5, o fluxo de veículos desejado dependerá do número de habitantes da região metropolitana e do tempo mínimo de deslocamento das pessoas, o tempo gasto de deslocamento na cidade contribui para engarrafamentos e atrasos. A região metropolitana enfrenta, hoje, questões bastante problemáticas, como o aumento da população, transporte público oneroso e pouco eficiente, e os graves problemas de mobilidade urbana que causam sérios transtornos para a maior parte da população.

Em síntese, o modelo apresentado neste artigo demonstra que a implantação de outros modais de transporte coletivo na cidade, além do rodoviário, irá reduzir o fluxo de veículos nas principais vias, evitando os congestionamentos frequentes.

Os próximos passos são as simulações com o modelo desenvolvido a partir do cenário inicial, no qual serão alterados os valores para as variáveis chegadas iniciais, *input* e Total de veículos. As simulações foram feitas nestas variáveis no intuito de dimensionar um aumento populacional e o aumento de veículos desses novos moradores e buscaram destacar as tendências que podem ser identificadas nos gráficos do cenário inicial na figura 3.

Figura 3.

Gráficos do cenário inicial.



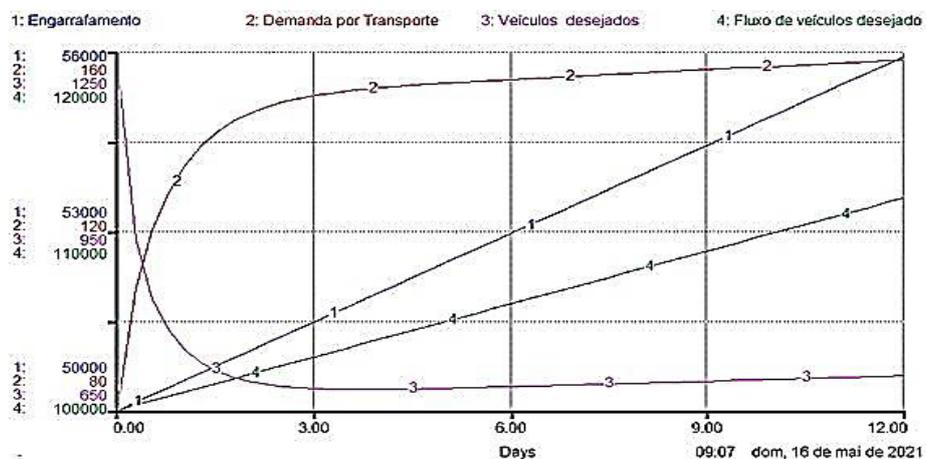
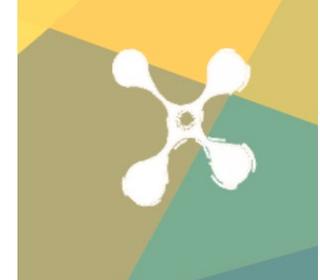
Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

No cenário inicial, para a simulação dos quatro cenários, a variável “chegadas iniciais no modelo” recebeu a média de 43 (quarenta e três) novas chegadas por dia e assim, os resultados podem ser interpretados como: 1- os engarrafamentos frequentes na região metropolitana de Florianópolis sofrem uma queda acentuada com a implantação dos três modais; 2- a demanda por transporte tende a atingir um estado de equilíbrio; 3- os veículos desejados nas ruas caem e mantêm-se estáveis; 4- o fluxo de veículos desejado segue a tendência de queda.

Depois de explicar o modelo e apresentar o cenário inicial, alguns cenários foram simulados com o objetivo de verificar o impacto do aumento populacional na região. Assim, a figura 4 apresenta o comportamento das quatro variáveis do cenário inicial, agora com o incremento de 43 pessoas diária para 1.000 pessoas.

Figura 4.

Comportamento das quatro variáveis com incremento.

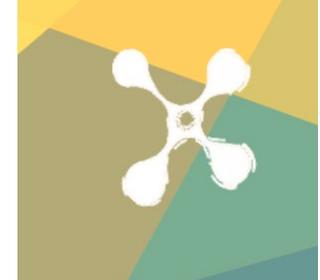


Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

A figura 4 apresenta todas às quatro variáveis com: o aumento crescente dos engarrafamentos (1); o aumento crescente do fluxo de veículos (4); a demanda por transporte (2) com um crescimento inicial acentuado e tendência à estabilização no período subsequente; e veículos desejados (3) apresentando um decréscimo inicial com uma tendência final de um tímido crescimento.

Discussão

A mobilidade urbana tem sido preocupação nas grandes cidades e, alcançar um transporte eficiente e sustentável é uma meta importante entre os tomadores de decisão. Algumas medidas políticas para a distribuição do fluxo de um modal rodoviário para o ferroviário e hidroviário são necessárias para resolver esse problema. Assim, a implantação de novos modais para ser realmente alcançada precisa de uma força tarefa inteligente capaz de buscar dados e incentivar ações em diversas esferas governamentais que devem se pautar em medidas fiscais, medidas de política de construção e investimento em infraestrutura (Liu et al. 2017). De fato, para Choi et al.

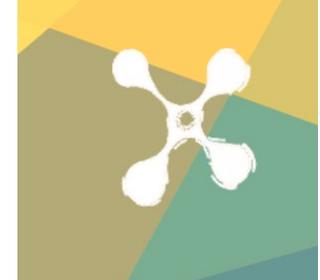


(2019) o envolvimento de cidades com um mesmo propósito tem contribuído para a celeridade, o controle na execução e redução de custos externos do projeto.

O modelo de Dinâmica de Sistemas de mobilidade da grande Florianópolis permite analisar o comportamento da mobilidade urbana de forma inteligente e, Dalcin (2019) afirma que ao simular cenários futuros os conceitos analisados podem ser aplicados de maneira útil à prática de planejamento, de modo a introduzir iteratividade ao processo e de torná-lo capaz de fornecer as referidas medidas objetivas da realidade como argumentação técnica a favor de um determinado cenário.

Sistemas de gestão de transporte baseados em inteligência são vistos por Sobral et al., (2019) como ferramentas importantes para o paradigma das cidades inteligentes. Esses sistemas geram grandes quantidades de dados que podem ser analisados para entender melhor o trânsito e a dinâmica das pessoas. Atualmente, os sistemas urbanos desempenham um papel importante no desenvolvimento econômico sustentável. As tendências de urbanização e as demandas crescentes de mobilidade urbana segundo Melkonyan et al. (2020) colocam pressão adicional sobre a infraestrutura de transporte existente, e isso cria novos desafios para os planejadores urbanos em termos de desenvolvimento de políticas de mobilidade urbana integrada e sustentáveis.

Alguns países tem usado a ferramenta de Dinâmica de Sistemas para a simulação de cenários a fim de testar as políticas públicas e seus impactos. Na cidade de Pequim na China, por exemplo, Liu et al. (2015) testaram diferentes cenários no transporte público para promover a redução de poluentes e concluíram que em termos de otimização da estrutura de transporte, a cidade deve se basear principalmente no desenvolvimento do sistema de transporte público com foco no trânsito ferroviário. Além disso, os resultados assinalam que caminhar e andar de bicicleta se tornará um

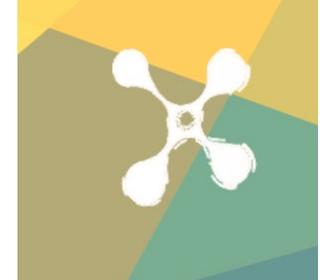


complemento eficaz do transporte público para atender às necessidades de viagens de curta distância.

O modelo de dinâmica de sistemas desenvolvido por Xue et al. (2020) na cidade de Nanchang na China mostrou que, em 2020, o número de veículos motorizados chegaria a 1,13 milhão e a população urbana a 5,71 milhões. Assim, o modelo orientou a necessidade de construir um trânsito de metrópole (condizente com uma grande população) para o desenvolvimento sustentável do transporte urbano. Como resultado, a cidade de Nanchang melhorará após o pico de congestionamento de tráfego em 2022, indicando que a construção de um trânsito de metrópole terá um efeito positivo.

Usando os dados da cidade de Dalian na China, Wang et al. (2008) viram a necessidade de restringir o número total de veículos para melhorar a sustentabilidade do sistema de transporte e em diferentes áreas metropolitanas à região de Reno-Ruhr na Alemanha. Melkonyan et al. (2020) por meio de simulações de dinâmica de sistemas, concluíram que para facilitar o desenvolvimento urbano, orientar as recomendações de políticas para vias de mobilidade sustentáveis e transformadoras se faz necessário tornar o transporte público atraente usando novos sistemas de preços sustentáveis (ágéis e digitais).

Melhorar os fluxos logísticos nas cidades na visão de Neirotti, et al. (2014) permite integrar efetivamente as necessidades de negócios com as condições de tráfego, questões geográficas e ambientais. Eles propõem também distribuir e usar informações dinâmicas e multimodais selecionadas, tanto antes da viagem quanto, mais importantes, durante a viagem, com o objetivo de melhorar a eficiência do tráfego e do transporte, bem como garantir uma experiência de viagem de alta qualidade.



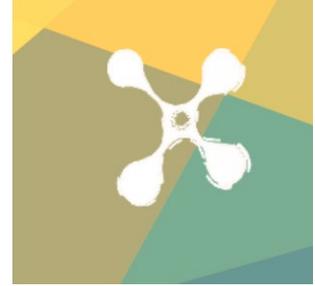
Outro aspecto a ser considerado é o acesso à moradia adequada e próxima aos grandes centros que abre a possibilidade de se conseguir um bom emprego e renda, melhor a capacidade do cidadão de deslocamento e mobilidade, e ampliar por sua vez a possibilidade de ter moradia e de melhor qualidade de vida. “Quanto mais facilitado o acesso ao trabalho decente e à renda, mais fácil se torna o acesso à moradia, ampliando a possibilidade de mobilidade cotidiana e acesso à cidade”. (Zandonade & Moretti, 2012, p. 80).

Cabe às iniciativas governamentais segundo Araújo e De Freitas (2015) considerar os diferentes modais de transporte com interação entre si e conectá-los com as decisões referentes ao ordenamento territorial urbano (uso, parcelamento e ocupação do solo), para assegurar a eficácia, eficiência e efetividade na política pública ou programa governamental que se pretenda implantar.

Finalmente, o modelo de Dinâmica de Sistemas permite ao gestor do futuro tomar decisões dentro de uma organização fundamentadas em informações inteligentes (Sant’ana et al. 2019), trabalhar com cenários futuros, delimitando incertezas, preparando a empresa ou organização hoje para eventos do amanhã sem análises e trabalhos demasiadamente caros e longos (Carvalho et al. 2011).

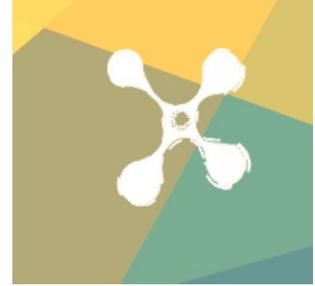
Conclusão

A utilização do modelo de dinâmica de sistemas apresentado neste artigo permite representar os complexos mecanismos de *feedback* envolvendo os efeitos da prospecção e geração de informações para a Gestão da problemática da dificuldade de mobilidade urbana na região metropolitana de Florianópolis.



Os achados deste artigo apresentam algumas características da mobilidade urbana da grande Florianópolis expondo as questões negativas como a mobilidade urbana deficiente, o aumento populacional, os engarrafamentos, a emissão de poluentes além de outros. Já os impactos positivos foram demonstrados nos gráficos como a melhoria do transporte em decorrência da implantação dos modais hidroviário e ferroviário. O modelo permite aos gestores públicos, de forma dinâmica, poder acompanhar a evolução dos projetos em tempo real por meio de simulações de situações, explorar outras variáveis disponíveis no modelo e inserir novas que se tornarem necessárias. Cabe destacar que, a mobilidade urbana é uma questão complexa e envolve vários setores da sociedade afetando a cada indivíduo de maneira diferente em seus diversos e variáveis deslocamentos.

A utilização do transporte coletivo é necessária em todo o mundo, a sua melhoria com a implantação de modais alternativos de transporte coletivo, assim como a utilização de meios não motorizados sustentáveis devem ser apoiadas e incentivadas pelos governantes. Por fim, os autores sugerem que este esquema de simulação e prospecção de cenários futuros seja analisado e aprimorado mais profundamente e que futuras pesquisas sejam incentivadas nesse sentido.



Referências

Alam, M. A., Ahmed, F. (2013). Urban transport systems and traffic congestion: a case study of Indian cities. *Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific*. 82, pp. 33-43.

https://www.unescap.org/sites/default/files/bulletin82_Article-3.pdf.

Recuperado em 18 abril de 2021.

Araújo, S. M., De Freitas, T. G. (2015). *O desafio da mobilidade urbana*. Centro de Estudos e Debates Estratégicos Consultoria Legislativa. Centro de Documentação e Informação Edições Câmara Brasília.

https://www2.camara.leg.br/acamara/estruturaadm/altosestudios/pdf/desafio_mobilidade_conle.pdf. Recuperado em 18 abril de 2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *População estimada em 2020*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/panorama>. Recuperado em 25 abril de 2021.

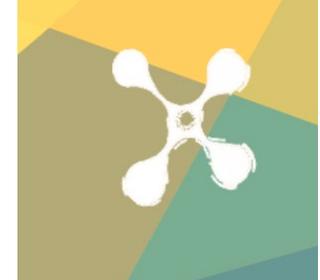
Chaves, G. L. D., Fontoura, W. B., Mattos, G. (2018). The Brazilian Urban Mobility Policy: The Impact In São Paulo Transport System Using System Dynamics. *A Journal of the Conference on Transport Research Society*. 74, pp. 51-61.

<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.09.014>. Recuperado em 18 abril de 2021.

Choi, B. Su-il Park, S. Dae Lee, K. (2019). A System Dynamics Model of the Modal Shift from Road to Rail: Containerization and Imposition of Taxes. *Journal of Advanced Transportation*. 201, p. 01-08. <https://doi.org/10.1155/2019/7232710>.

Recuperado em 18 abril de 2021.

Carvalho, D. E., Sutter, M. B., Polo, E. F., Wright, J. T. C. (2011). *Construção de cenários: apreciação de métodos mais utilizados na administração estratégica*.



International Journal of Knowledge Engineering and Management,

Florianópolis, v. 10, n. 26, p. 198-227, 2021.

• ISSN 2316-6517 •

• DOI: 1047916 •

In: XXXV Encontro ENPAD, 2011. pp. 1-17.

<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/ESO1387.pdf> J. Recuperado em 18 abril de 2021.

Da Silva, A. N. R., De Azevedo Filho, M. A. N., Macêdo, M. H., Serratini, J. A., Da

Silva, A. F., Lima, J. P., & Pinheiro, A. M. G. S. (2015). A comparative evaluation of mobility conditions in selected cities of the five Brazilian regions.

Transport policy, 37, pp. 147-156.

<https://downloads.hindawi.com/journals/jat/2019/7232710.pdf>. Recuperado em 22 abril de 2021.

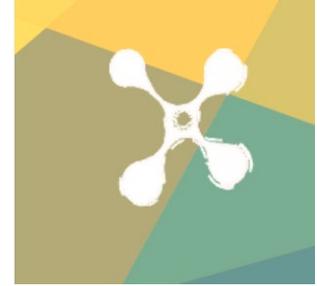
Delcin, G. (2019 maio). *Simulando Cenários Urbanos Futuros*: modelagem de dinâmicas do uso do solo como suporte ao planejamento urbano. XVIII ENANPUR, Natal – RN, Brasil. 28. <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/7526>. Recuperado em 14 dezembro de 2021.

Hong, L., Yan, Y., Ouyang, M., Hui T. (2017). Vulnerability effects of passengers' intermodal transfer distance preference and subway expansion on complementary urban public transportation systems. *Reliability Engineering and System*. 158, pp. 58-72.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095183201630624X>.

Recuperado em 23 abril de 2021.

Jetha, A., Kernan, L., Kurowski, A. (2017). Conceptualizing the dynamics of workplace stress: a systems-based study of nursing aides. *BMC Health Serv Res*. 17:12. pp. 1-11. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s12913-016-1955-8>. Recuperado em 20 abril de 2021.



Jo An, M., Atkinson, W. R., Page, A., Dominello, A., Haines, M., Wilson, A. (2015).

Applications of system dynamics modelling to support health policy. *Public Health Res Pract.* 25(3): e2531531. [http:// dx.doi.org/10.17061/phrp2531531](http://dx.doi.org/10.17061/phrp2531531).

Recuperado em 22 abril de 2021.

Liu, P. Mu, D. Gong, D. (2017). Eliminating overload trucking via a modal shift to achieve

intercity freight sustainability: a system dynamics approach. *Sustainability.* 9(3), 398, pp. 1-24. <https://doi.org/10.3390/su9030398>. Recuperado em 22 abril de

2021.

Liu, X., Ma, S., Tian, N. J., Li, G. (2015). A system dynamics approach to scenario

analysis for urban passenger transport energy consumption and CO2 emissions: A case study of Beijing. *Energy Policy.* 85, pp. 253-270.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.06.007>. Recuperado em 20 abril de 2021.

Medeiros, V. A. S. *Urbis Brasiliae ou sobre cidades do Brasil: inserindo assentamentos*

urbanos do país em investigações configuracionais comparativas. 2006. 520 f. Tese (Doutorado Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília

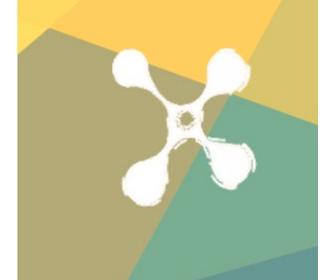
2006. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/1557>. Recuperado em 14 dezembro de 2021.

Melkonyan, A., Koch, J., Lohmar, F., Kamath, V., Munteanu, V. J., Schmidt, A.,

Bleischwitz, R. (2020). Integrated Urban Mobility Policies in Metropolitan Areas: A System Dynamics Approach for the Rhine-Ruhr metropolitan region in

Germany. *Sustainable Cities and Society.* 61, pp. 1-17.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102358>. Recuperado em 22 abril de 2021.



International Journal of Knowledge Engineering and Management,

Florianópolis, v. 10, n. 26, p. 198-227, 2021.

• ISSN 2316-6517 •

• DOI: 1047916 •

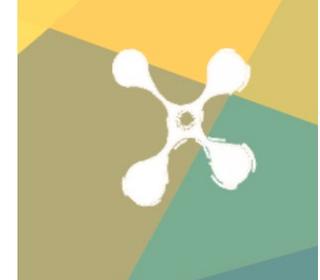
Moradi, A. Vagnoni, E. (2017). A multi-level perspective analysis of urban mobility system dynamics: What are the future transition pathways? *Technological Forecasting & Social Change*. Elsevier, 126(C), pp. 231-243. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.09.002>. Recuperado em 22 abril de 2021.

Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G. Scorrano, F. (2014). Current trends in Smart City initiatives: *Some stylised facts*. *Cities*. 38, 25-36. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275113001935>. Recuperado em 18 abril de 2021.

Paes, F. W. (2018) *Terminal intermodal de passageiros*. 69 f. Universidade do Sul de Santa Catarina, curso de Arquitetura e Urbanismo do campus Tubarão, Santa Catarina. <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8567/1/TCC-%20I.pdf>.

Pelizza, G. (2014). *Estudo Preliminar de Implantação do VLT no Cenário da Mobilidade Urbana na Região Metropolitana de Florianópolis*. 90 f. Universidade Federal de Santa Catarina, curso de Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, Santa Catarina. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/121988>. Recuperado em 22 abril de 2021.

Pfaffenbichler, P., Emberger, G., Shepherd; Simon Peter. (2010). A system dynamics approach to land use transport interaction modelling: the strategic model MARS and its application. *System Dynamics Review*. 26(3), pp. 262–282. DOI: 10.1002/sdr.451. Recuperado em 18 abril de 2021.



International Journal of Knowledge Engineering and Management,

Florianópolis, v. 10, n. 26, p. 198-227, 2021.

• ISSN 2316-6517 •

• DOI: 1047916 •

PRÉ-EVTE. Aquaviário do governo de Santa Catarina / BID (2021). *Resumo dos componentes da demanda, engenharia e financeiros.*

<https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc->

[tecnicos/aquaviario/Projeto%20Aquaviario%20SC.pdf](https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/aquaviario/Projeto%20Aquaviario%20SC.pdf). Recuperado em 18 abril de 2021.

Rosenberg, R., Margolis, D., Karnopp, D. (2012). *System dynamics: modelling. Simulation and control of mechatronic systems.* Wiley, London.

Suryani, E., Hendrawan, R.A., Adipraja, P. F. E., Wibisoto, A., Dewi, L. P. (2021). Urban mobility modeling to reduce traffic congestion in Surabaya: a system dynamics framework. *Journal of Modelling in Management.* 16(1). pp. 37-69. DOI 10.1108/JM2-03-2019-0055. Recuperado em 22 junho de 2021.

Sant'ana, J. L. G., Maldonado, M. U., Gontijo, L. A. (2019). Dinâmica de geração e dissipação do estresse na equipe de enfermagem num centro de oncologia. *Rev. latinoam. enferm.* (Online). 27: e3156. pp. 1-10. [://www.revenf.bvs.br/pdf/rlae/v27/1518-8345-rlae-27-e3156.pdf](https://www.revenf.bvs.br/pdf/rlae/v27/1518-8345-rlae-27-e3156.pdf).

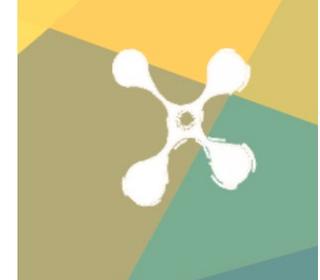
Recuperado em 22 abril de 2021.

Saysel, A. K., Barlas, Y., Yenigun, O. (2002). Environmental sustainability in an agricultural development project: a system dynamics approach. *Journal of Environmental Management.* 64(3), pp. 247-260.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479701904888>.

Recuperado em 22 abril de 2021.

Setiafindari, W. Anggara, A. (2017). Transportation Mode Selection using System Dynamics Approach. *International Journal of Software Engineering and its*



International Journal of Knowledge Engineering and Management,

Florianópolis, v. 10, n. 26, p. 198-227, 2021.

• ISSN 2316-6517 •

• DOI: 1047916 •

Applications, 11(4), pp. 51-60. DOI:10.14257/ijseia.2017.11.4.04. Recuperado em 14 dezembro de 2021.

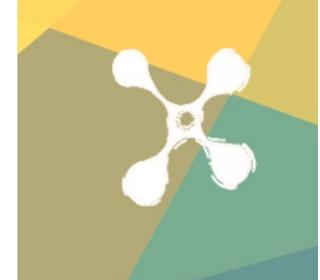
Shepherd, S. (2014). "A review of system dynamics models applied in transportation," *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, 2(2), pp. 83–105. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21680566.2014.916236?journalCode=ttrb20>. Recuperado em 22 abril de 2021.

Sobral, T., Galvão, T., Borges, J. (2012). Visualization of Urban Mobility Data from Intelligent Transportation Systems. *Sensors*. 19(332), pp. 01-28. DOI:10.3390/s19020332. Recuperado em 22 abril de 2021.

Xue, Y.; Guan, H.; Corey, J.; Zhang, B.; Yan, H.; Qin, H. (2017). Transport Emissions and Energy Consumption Impacts of Private Capital Investment in Public Transport. *Sustainability*, 10(1760). <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/10/1760>. Recuperado em 22 abril de 2021.

Xue, Y., Cheng, L., Wang, K., An, J., Guan, H. (2020). System Dynamics Analysis of the Relationship between Transit Metropolis Construction and Sustainable Development of Urban Transportation—Case Study of Nanchang City, China. *Sustainability*. 12 (3028), pp. 1-25. DOI:10.3390/su12073028. Recuperado em 22 abril de 2021.

Yao, H., Chen, D. (2015). A System Dynamics Model for Urban Sustainable Transportation Planning international conference on geoinformatics. *IEEE Xplore*. pp. 1-5. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7378639>. Recuperado em 22 abril de 2021.



International Journal of Knowledge Engineering and Management,

Florianópolis, v. 10, n. 26, p. 198-227, 2021.

• ISSN 2316-6517 •

• DOI: 1047916 •

Wallace, A. B., Okafor, S. C. (2008). Sustainability of Public Transport in Nottinghamshire: A Look at Bus Service Quality. *Nottingham Trent University*, 2021, pp. 30–41.

Wang, J. W. H. L. HU, P. System Dynamics Model of Urban Transportation System and Its Application. *J Transpn Sys Eng & IT*. 8(3), pp. 83-89. [https://doi.org/10.1016/S1570-6672\(08\)60027-6](https://doi.org/10.1016/S1570-6672(08)60027-6). Recuperado em 22 abril de 2021.

Waze Driver Satisfaction Index: Brasil conta com 9 dos 100 melhores lugares para dirigir entre 39 países. *Waze*. 2021. <https://waze-br.prezly.com/waze-driver-satisfaction-index-brasil-conta-com-9-dos-100-melhores-lugares-para-dirigir-entre-42-paises>. Recuperado em 14 dezembro de 2021.

Zandonade, P., Moretti, R. (2012). O padrão de mobilidade de São Paulo e o pressuposto de desigualdade. *EURE* (Santiago). 38(113), pp. 77-97. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612012000100004. Recuperado em 22 abril de 2021.