

## CAPÍTULO 6

# CRESCIMENTO POPULACIONAL DE UMA CIDADE INTELIGENTE USANDO TÉCNICAS COGNITIVAS MOLEDOS MENTAIS FUZZY

*Data de aceite: 01/03/2023*

### **Márcio Mendonça**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná - Campus Cornélio Procópio  
PPGEM-CP - Programa de Pós-Graduação  
Multicampi em Engenharia Mecânica  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

### **Henrique Cavalieri Agonilha**

Universidade Filadélfia (Unifil) Londrina  
Graduação em Engenharia de Software  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/9845468923141329>

### **Vicente de Lima Gongora**

Faculdade da Industria Senai  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/6784595388183195>

### **Marco Antônio Ferreira Finocchio**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/8619727190271505>

### **Marcio Aurélio Furtado Montezuma**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná - Campus Cornélio Procópio  
Departamento Engenharia Mecânica  
(DAMEC)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/2487283169795744>

### **Matheus Gil Bovolenta**

Acadêmico - Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1518815195539638>

### **Wesley Candido da Silva**

Faculdade da Industria Senai  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/6740629293449940>

### **Ricardo Breganon**

Instituto Federal do Paraná, Campus  
Jacarezinho  
Jacarezinho – PR  
<http://lattes.cnpq.br/2441043775335349>

### **Rogério Breganon**

Instituto Federal do Paraná, Campus  
Campo Largo  
Campo Largo – PR  
<http://lattes.cnpq.br/2441043775335349>

### **Rodrigo Rodrigues Sumar**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1461760661483683>

**Gabriela Helena Bauab Shiguemoto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3301713295448316>

**João Maurício Hypólito**

Departamento Computação-FATEC - Ourinhos-SP  
<http://lattes.cnpq.br/5499911577564060>

**Fábio Rodrigo Milanez**

Faculdade da Industria Senai  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

**Kazuyochi Ota Junior**

Mestrando - PPGEM-CP - Programa de  
Pós-Graduação Multicampi em Engenharia Mecânica  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

**Luiz Henrique Geromel**

IFSP Instituto Federal São Paulo  
Piracicaba SP  
<http://lattes.cnpq.br/3945660888230811>

**Vicente de Lima Gongora**

Faculdade da Industria Senai - Londrina

**Francisco de Assis Scannavino Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)

**Carlos Alberto Paschoalino**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)

**RESUMO:** Indicadores sugerem que o mercado global de inteligência artificial possuía um valor de US\$ 65.48 bilhões em 2020 e crescerá para aproximadamente US\$ 1,581.70 bilhões até 2030. Parte deste mercado está contido no desenvolvimento de Cidades Inteligentes, um conceito que usa Inteligência Artificial para aplicar técnicas computacionais inteligentes como Internet das Coisas e Big Data. Cidades Inteligentes já estão melhorando a qualidade de vida em diversas cidades ao redor do mundo e em diferentes campos de conhecimento, como segurança pessoal através de controle de tráfego e outros, como endereçado no desenvolver deste trabalho. Portanto, para validar a proposta dessa investigação científica, uma comparação é feita entre dois casos diferentes, uma cidade com um significativo avanço tecnológico e outra sem desenvolvimento tecnológico significativo. O FCM ajuda a identificar

possíveis melhorias no processo de imigração de uma cidade. Por exemplo, a modernização de uma cidade pode impactar nos trabalhos, mas as condições de saúde podem piorar. Os resultados, mesmo que em um estado inicial, são apresentados e analisados. Finalmente, os autores apresentam a conclusão e cogitam possíveis trabalhos futuros.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Fuzzy Cognitive Maps*, Cidades Inteligentes, *SoftComputing*.

## POPULATION GROWTH OF A SMART CITY USING COGNITIVE TECHNIQUES FUZZY MENTAL MODELS

**ABSTRACT:** Indicators suggest that the global artificial intelligence market was valued at US\$ 65.48 billion in 2020 and will grow to approximately US\$ 1,581.70 billion by 2030. Part of this market is contained in the development of Smart Cities, a concept that uses Artificial Intelligence to employ intelligent computational techniques such as IoT and Big Data. Smart Cities are already improving the quality of life in several cities around the planet in different fields of knowledge, such as personal safety through traffic control and others, as addressed throughout the development of this work. Thus, to validate the proposal of this scientific investigation, a comparison is made with two different cases, one city with significant technological development and another with no significant technological development. The FCM helps identify potential improvements in a city immigration process. For example, an improvement in the modernization of cities can impact jobs. However, health conditions can worsen. The results, even in an initial state, are presented and analyzed. Finally, the authors present a conclusion and address possible future work.

**KEYWORDS:** Fuzzy Cognitive Maps, Smart Cities, *SoftComputing*.

## 1 | INTRODUÇÃO

Sistemas computacionais inteligentes evoluem em alta velocidade proporcionalmente ao avanço tecnológico Mendonça e colaboradores (2019). Dentre esses sistemas pode-se considerar aplicações como as cidades inteligentes evoluem na direção da integração de todas as dimensões da inteligência humana, artificial e coletiva.

Em outras palavras, cidades são consideradas inteligentes quando são construídas como aglomerados multidimensionais, combinando essas três principais dimensões (KOMNINOS, 2009).

Em uma cidade são as pessoas que nela vivem São essenciais. Portanto, o bem-estar e a saúde são relevantes para o conceito de cidades inteligentes (VON SON et al., 2017). Posto isso, com o número de habitantes de uma cidade crescendo, consequentemente haverá mais desafios em sua gestão. Nesse contexto, muitos eventos podem ser relacionados de forma complexa, os quais dificilmente poderão ser controlados (PURNOMO et al., 2016).

A pressão da população diante à limitação dos recursos, impulsiona as pesquisas para atender às demandas dessas cidades. Nesse sentido, o uso de Inteligência Artificial (I.A.) poderá reduzir a pressão sobre a escassez de infraestrutura e atender às necessidades

da sociedade (RAGHUVANSHI, 2022).

Smart city and Internet of Things (IoT) solutions suffer from fragmentation and lack of economies of scale. Thus, to address this issue, the National Institute of Mapas cognitivos (CMs) foram propostos pela primeira vez por Axelrod (1976) para a tomada de decisões. Embora o FCM utilize dois elementos essenciais, conceitos e relações causais, o mapa cognitivo pode ser visto como um modelo matemático simplificado de um sistema de crenças (MILLER, 1979).

Assim, os FCM são modelos que utilizam o CM como uma das técnicas precursoras. Portanto, eles também podem ser considerados (MENDONÇA et al., 2015) modelos de crença.

Os FCMs, por outro lado, são geralmente assinados por gráficos fuzzy ponderados, geralmente envolvendo feedbacks, compostos por nós e ligações direcionados que os conectam. Os nós representam conceitos comportamentais descritivos do sistema e os elos representam relações causa e efeito entre os conceitos. Na teoria FCM, o valor fuzzy de um conceito denota o grau em que o conceito específico está ativo no sistema geral, normalmente limitado em uma faixa normalizada de  $[0,1]$ . Além disso, os pesos das inter-relações no sistema refletem o grau de influência causal entre dois conceitos, e geralmente são atribuídos linguisticamente por especialistas (GLYKAS, 2010). Brevemente mencionados acima, os FCMs combinam aspectos de duas técnicas computacionais inteligentes, por exemplo, a robustez das Redes Neurais e os termos linguísticos da lógica fuzzy (AGUILAR, 2001).

A motivação desta pesquisa reside na inclusão de informações linguísticas no modelo cognitivo, a priori desenvolvido com um objetivo social. Dito isto, a capacidade de inferência e convergência dos FCMs (NÁPOLES et al., 2016) pode contribuir para os fatores das cidades inteligentes.

Este trabalho visa principalmente abordar, entre outros conceitos, o bem-estar e a saúde das pessoas relacionadas à imigração e conseqüentemente o crescimento das cidades através de um FCM, uma técnica computacional inteligente que compila o conhecimento de especialistas na construção de um modelo cognitivo (MENDONÇA; CHUN; ROCHA, 2017). Entretanto, o objetivo principal é desenvolver uma ferramenta que ajude a identificar pontos que podem ser melhorados para que a cidade se torne inteligente. Para testar a ferramenta, dois cenários distintos serão formalizados, um com mais tecnologia e o outro com menos, e uma avaliação das duas situações.

A aplicação de técnicas computacionais é usual no desenvolvimento de cidades inteligentes. Alguns trabalhos serão citados utilizando o FCM aplicado no desenvolvimento de cidades inteligentes. Como, por exemplo, o trabalho de Kalterrieder et al. (2016) que apresenta um software pessoal de um assistente digital 2.0. Baseado em métodos de soft computing (técnicas de computação inteligente) e computação cognitiva, esta aplicação inteligente de programação e gerenciamento de mobilidade em software. Estamos

aplicando Fuzzy Cognitive Maps e álgebra temporal, representando o próximo passo para a realização de cidades cognitivas (i.e., cidades inteligentes com cognição aprimorada).

O trabalho de Sudhagar (2019) estuda o FCM e seu papel no desenvolvimento de um sistema educacional inteligente. É proposto um modelo FCM que pode superar algumas dificuldades no ambiente de aprendizagem estático e essencial em ambientes de aprendizagem digital. O modelo proposto pelo FCM para um sistema de aprendizagem identifica estilos de aprendizagem, avalia os fatores críticos de um sistema de gestão de aprendizagem, avalia o mecanismo de ensino e aprendizagem do FCM e seus desenvolvimentos. Pode-se trabalhar com o FCM aplicado na educação (MENDONÇA et al., 2015), que pode contribuir como um retorno ao nível de satisfação do estudante na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-Campus Cornélio Procópio) e contribuir para o desenvolvimento e adaptação da universidade, o que é essencial no desenvolvimento da cidade.

Como exemplo da aplicação da técnica computacional, o artigo de (KALTENRIEDER et al., 2016) pode ser citado; (PORTMANNRACH, 2015) apresenta uma visão sobre a gestão de cidades inteligentes, olhando em cidades cognitivas. Cidades Cognitivas e Pesquisa Computacional com os conceitos básicos de Gráficos do Conhecimento e FCM são apresentados e apoiados por ferramentas existentes e ferramentas projetadas. O artigo ilustra o FCM como um instrumento adequado para representar a informação/conhecimento em uma cidade ou ambiente impulsionado pela interação homem-tecnologia, impondo o conceito de cidades cognitivas. Um projeto de artigo proposto como uma descoberta do artigo e mostra o próximo passo na implementação da meta-aplicação proposta.

Uma estrutura de sistemas de diálogo permite que os sistemas humanos sejam projetados para o ambiente urbano e ambientalmente projetado em particular o FCM (D'ONOFRIO, et al., et al., 2018). Este trabalho já está na segunda iteração de seu desenvolvimento. Duas experiências foram realizadas para confirmar a estabilidade dos fundamentos teóricos.

Um trabalho relacionado a este artigo, que apresentou uma proposta semelhante, mas com uma estratégia diferente na modelagem de imigrantes para uma cidade baseada no trabalho original de Axelrod (1976), foi o trabalho (PEDRYCZ; JASTRZEBSKA; HOMENDA, 2016), que modelou como relações causais através de dados históricos, e não através de conhecimento especializado como será apresentado na seção de desenvolvimento. Outra diferença é que este trabalho planeja modelar através de um FCM mais genérico.

Ilustra-se o FCM como um instrumento para representar as informações de uma cidade ou ambiente impulsionado pela interação homem-tecnologia, impondo o conceito de cidades inteligentes. Permitindo aos gestores e especialistas uma melhor análise do problema. Este trabalho possibilita identificar possíveis problemas no processo de gestão de uma cidade, exemplificando a correlação entre essas variáveis.

A seção 2, trará uma breve discussão sobre cidades inteligentes, a seção de

fundamentos do FCM será discutida em 3. Na seção 4, a abordagem para o problema é proposta neste artigo. A seção 5 comentará os itens ou conceitos formalizados no modelo cognitivo e seus resultados.

Além disso, a seção 6 conclui e aborda os trabalhos futuros.

## 2 | CIDADES INTELIGENTES

Cidades ao redor do globo têm demonstrado interesse em utilizar a tecnologia da informação e comunicação para resolver seus problemas urbanos. O conceito de cidades inteligentes como uma solução tecnológica aos desafios gerados a partir do aumento populacional e da complexidade das cidades, nas áreas de transporte, meio ambiente, energia e nas relações sociais (YANG, 2021).

Segundo a Comissão da Ciência e da Tecnologia a Serviço do Desenvolvimento de 2016, as cidades estão se tornando maiores e complexas conforme sua população aumenta. Além disso, segundo dados de 2008 mais de 50% da população mundial, cerca de 3.3 bilhões de pessoas, vive em áreas urbanas e até 2030, a expectativa é de que este número aumente para cerca de 5 bilhões.

Em países emergentes, a implementação do conceito é ainda mais desafiadora e capaz de produzir resultados mais relevantes, devido aos maiores índices de crescimento populacional associado às limitações de recursos geram maiores desafios sociais (HAYAR, 2018).

As cidades inteligentes podem ser estudadas de 4 formas diferentes segundo pesquisas recentes. A primeira maneira analisa as características individuais em desenvolvimento ao redor do mundo, levando-se em conta suas regiões. Por exemplo, cidades inteligentes da Europa tem seu foco em resolver problemas urbanos de cidades já existentes utilizando tecnologia (GIFFINGER, 2007).

De acordo com o artigo supracitado o Brasil se enquadra na classe dos países emergentes. Onde há uma maior concentração de indicadores sociais e a prevalência das grandes cidades sobre as cidades de médio porte (MACHADO JUNIOR, 2018).

O segundo modo, analisa os elementos comuns entre as cidades e demonstra como as tecnologias das cidades inteligentes são aplicadas (NEVES, 2020).

O terceiro modo, obtém métodos para a criação das cidades inteligentes, além de gerar exemplos de desenvolvimento de cidades através de empresas de tecnologia (KOLK, 2019).

O quarto tipo aplica os conceitos de cidades inteligentes e compara a sua implementação em diferentes cidades e cenários (YIGITCANLAR, 2018). Como neste trabalho, este estudo compara duas possíveis cidades inteligentes utilizando aproximações conceituais, comparando dois cenários diferentes, como supracitado, tratando de situações com menos e mais utilização de I.A.

### 3 I FUNDAMENTOS MAPAS COGNITIVOS

Proposta em 1986 por Bart Kosko (1986), os FCMs formam uma classe de Redes Neurais Artificiais (RNA) (HAYKIN, 2000), que representam conhecimento de forma simbólica e relatório de estados variáveis com base em eventos de saídas e entradas, utilizando uma abordagem de causa e efeito.

Os FCMs, quando comparados às Redes Neurais Artificiais, têm várias vantagens significativas, tais como a relativa facilidade de representar estruturas de conhecimento e a simplicidade da inferência calculada por operações de matriz numérica (PARSOPOULOS et al., 2003).

Os FCMs têm como objetivo a modelagem e simulação de sistemas dinâmicos. Eles apresentam inúmeras vantagens, como transparência de modelos, simplicidade e adaptabilidade a um determinado domínio, para citar algumas. Os FCMs têm sido aplicados a numerosas áreas industriais, como o trabalho de Mendonça (MENDONÇA et al., 2013). Alguns deles podem ser encontrados em Papageorgiou (2014). Uma das dificuldades na utilização do FCM é determinar os aspectos, variáveis ou conceitos do FCM. A construção destes modelos pode ser feita de duas maneiras, com base no conhecimento de especialistas na área, como foi o caso nesta pesquisa, e com base em dados históricos (YESIL et al., 2013) ou mesmo uma abordagem que utiliza ambos os métodos.

Além disso, os FCMs podem ser cíclicos ou acíclicos. Os cíclicos formam um ou mais ciclos entre os conceitos e suas relações causais. Assim, como mostrado na Figura 1 (YESIL et al., 2013a). Neste exemplo, é possível observar várias conexões cíclicas entre os conceitos (círculos) e suas relações causais (setas), tais como as conexões dos conceitos C3, C4 e C5.

Teoricamente, um FCM pode não convergir, resultando em resultados caóticos e, como no caso deste trabalho, convergir e alcançar um ciclo limite, um ciclo de atração (MENDONÇA et al., 2017).

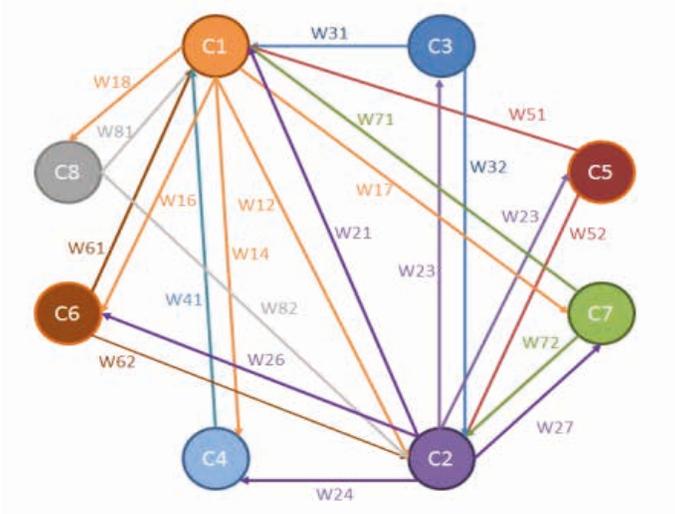


Fig. 1 FCM: Nível de Satisfação Acadêmico – Adaptado de MENDONÇA et al., 2015

#### 4 I PROBLEMÁTICA DAS CIDADES INTELIGENTES

O FCM proposto é uma instanciação do modelo clássico do Axelrod na figura 2. Este modelo cognitivo permite uma visão macro do problema em análise e apresenta apenas uma relação simplista entre os conceitos. Além disso, ele só se apresenta se a influência for positiva ou negativa entre eles.

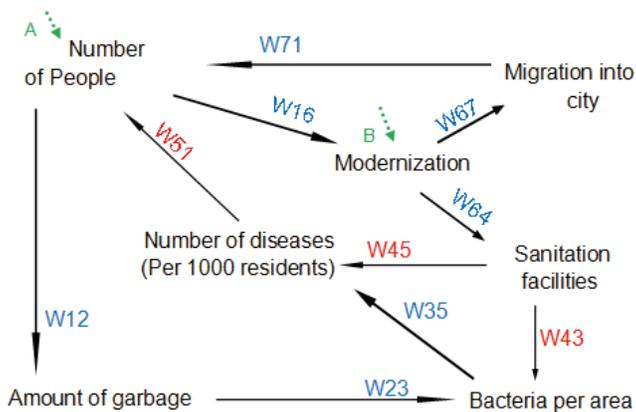


Fig. 2 Mapa Cognitivo Axelrod.

O modelo não faz nenhuma inferência; entretanto, permite que os especialistas o utilizem para analisar o problema. A figura 3 mostra o FCM, de forma específica, um modelo clássico semelhante ao proposto por Kosko nos anos 80. O primeiro passo no

desenvolvimento do FCM foi precisamente o do mapa cognitivo de Kosko.

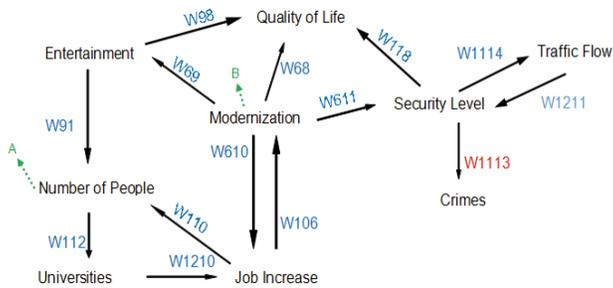


Fig.3 FCM Axelrod.

A vantagem do FCM é que o conhecimento especializado foi adicionado ao modelo através de variáveis fuzzy. Além disso, os termos linguísticos foram quantificados por especialistas, podendo ser alterado posteriormente levando-se em conta as prioridades de cada gestor e as singularidades de cada cidade.

De acordo com a ISO 37122:2019, os valores que envolvem modernização impactam significativamente uns aos outros, cumprindo com as seis características de uma cidade inteligente, como mostrado na Figura 4.

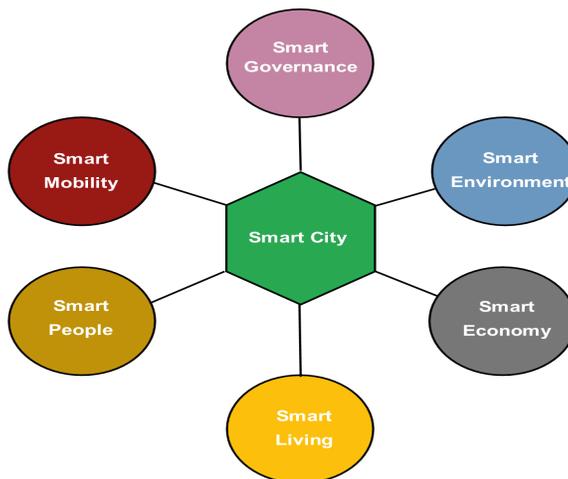


Fig. 4 Pilares da Cidade Inteligente.

Para Colldahl (2013), a Smart Economy refere-se a um mercado de trabalho competitivo, com inovações marcantes, produtividade e flexibilidade de mão de obra, assim como Smart People que trazem um aumento de capital humano qualificado e capacitado,

isto pode ser notado no relacionamento entre universidades, aumento do emprego e modernização. A Smart Mobility, não apenas o transporte de tecnologia de informação e comunicação, mas também a infraestrutura e a segurança do tráfego, como pode ser visto na relação entre modernização e tráfego. Smart Living está diretamente relacionado com a qualidade de vida, proporcionando boa saúde e qualidades financeiras e sociais sólidas, já o Smart Governance fortemente ligado a processos democráticos e sistemas de transparência. Finalmente, o Smart Environment busca a manutenção sustentável dos recursos e a proteção do meio ambiente.

A partir dos pilares de Colldahl (2013) e tomando como referência a aproximação do GCTC de Rhee (2016), utilizando dados disponíveis para consulta, pode-se realizar a inferência mostrada na figura 5.

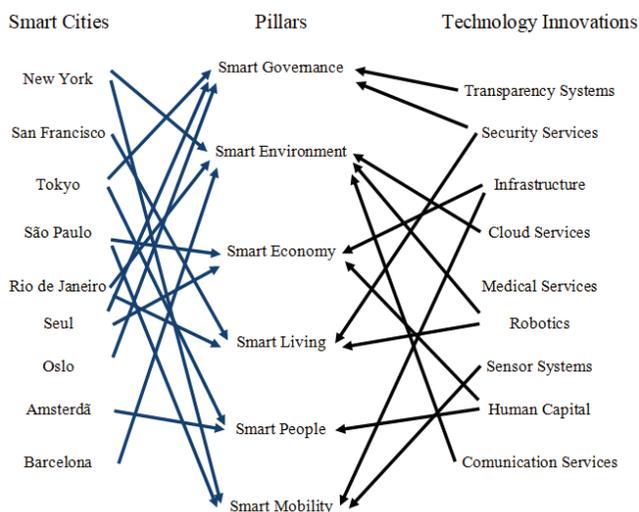


Fig. 5 Inferência – Adaptado Rhee (2016)

No modelo proposto, foram utilizados indicadores para entender melhor o cenário estudado, que pode ser modificado de acordo com as necessidades de cada cidade.

Ambos os cenários utilizam o mesmo modelo cognitivo: “Quais conceitos serão potencialmente implementados em uma cidade inteligente”? como sugerem os indicadores do trabalho de Colldahl (2013). Dado este espectro, dois cenários possíveis foram pensados. O primeiro cenário (cenário 1) apresenta uma menor utilização da Inteligência Artificial (I.A) e um aspecto menos futurista e tecnológico. Apesar da atual modernização, os índices ligados à tecnologia não apresentam um crescimento tão contemporâneo próximo ao estado da arte. O segundo cenário (cenário 2), por sua vez, traz uma modernização mais avançada e futurista, com intensa utilização da I.A., comunicações mais avançadas, especialmente observando itens de relevância que estão presentes na maioria das análises, com base no

trabalho clássico de Axelrod; segurança que parece estar subestimada em muitos estudos, e se apresenta como um componente crucial para a qualidade de vida em várias cidades (LACINÁK, 2017) e; finalmente, Qualidade de Vida, altamente relevante no planejamento de políticas públicas e territoriais (MOLINA-MORALES e MARÍNEZ-FERNÁNDEZ, 2010).

As cidades inteligentes utilizam os dados para resolver problemas urbanos. Por exemplo, os modernos sistemas de monitoramento e gerenciamento de tráfego são baseados em dados em tempo real para ajustar o tempo de chegada ao destino, permitindo uma maior eficiência e encaminhamento de veículos.

Após a construção do FCM, foi possível fazer uma inferência utilizando um sistema computacional, e não apenas um modelo de análise. Apesar das diferentes equações de inferência, uma das mais utilizadas na literatura, dá-se pelas equações 1 e 2 (SOUZA et al., 2017).

$$A_i(k + 1) = f\left(A_i(k) + \sum_{j=1, j \neq i}^N A_j(k)W_{ji}\right) \quad (1)$$

Onde:

$A_i(k+1)$  é o valor do próximo passo do conceito implementado.

A função  $f$  é a função de ativação sigmoide da equação 2.

A somatória  $\sum_{j=1, j \neq i}^N A_j(k)W_{ji}$  é a relação de causa e efeito dos outros conceitos conectados ao analisado.

O resultado da equação (1) será um valor entre 0 e 1. Já a equação (2).

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-\lambda x}} \quad (2)$$

Onde:

$\lambda$  é um número realmente positivo, chamado fator de esquecimento da rede.

$x$  é o valor da I.A. no ponto de equilíbrio.

A manipulação de dados por máquinas requer, de maneira informal, uma descrição hierárquica dos conceitos de um domínio, denominando-se ontologia (GHORBEL, 2010). Uma possível sequência ou ontologia para construir um FCM clássico é apresentada na Tabela 1.

Item	Conceito
1	Identificação de conceitos, suas relações e sua natureza.
2	Aquisição de dados iniciais por conhecimento especializado ou dados de processo, quando conhecidos.
3	Apresentação de dados e entrevista com especialistas para determinar o peso das relações causais ou causa-efeito do FCM.
4	Análise e possível refinamento dos valores das relações causais obtidas para a otimização do FCM.
5	Validação do modelo.

Tabela 1 - Ontologia de um FCM Clássico

Como essa investigação científica não utiliza nenhuma versão estendida do modelo cognitivo original proposto por Kosko, as etapas são similares.

Entretanto, a validação é a parte das etapas mais críticas no desenvolvimento de sistemas computacionais inteligentes, do inglês Softcomputing e consequentemente Fuzzy Cognitive Maps tem a mesma dificuldade.

Em modelos aplicados a controle a observação dinâmica do processo ou robôs em experimentos por meio de simulação ou protótipos Mendonça e colaboradores (2017). Desse modo, nessa investigação científica empregou-se duas situações diferentes e comparou-se as duas para uma possível justificativa da proposta dessa investigação científica.

## 5 | RESULTADOS

De acordo com a ISO 37122:2019, uma cidade inteligente cresce à medida que fornece soluções econômicas, sociais e sustentáveis para o crescimento populacional, a instabilidade econômica e a mudança climática. Ela usa dados e tecnologias modernas para fornecer melhores serviços e qualidade de vida para seus habitantes.

Os resultados obtidos na figura 6 pelo modelo proposto, apontam para uma taxa de imigração de aproximadamente 69%, sem a utilização de grandes investimentos em I.A., sendo influenciado principalmente pela modernização e aumento de empregos, como nota-se nos mapas cognitivos apresentados no item anterior. No segundo cenário, contendo um investimento substancial na modernização das condições sanitárias, há também uma migração mais significativa devido ao aumento de empregos e mão-de-obra qualificada. Além disso, outras variáveis, como universidades influenciam de maneira indireta e, são responsáveis pela maior concentração de pessoas, como podemos ver nas análises a seguir.

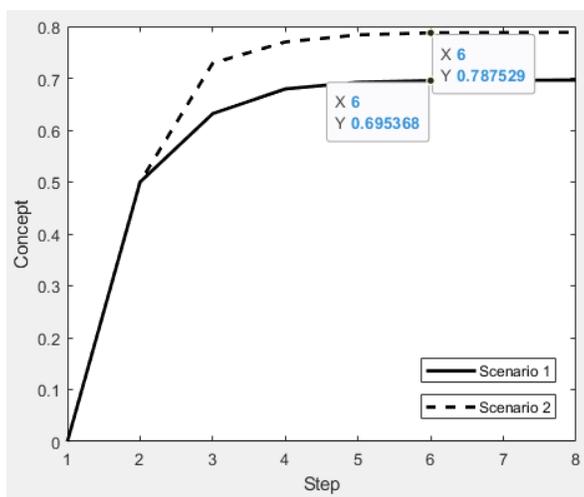


Fig. 6 Imigração: Cenários 1 e 2.

A qualidade de vida pode estar relacionada a numerosos indicadores, desde a saúde até a economia e a governança de uma cidade. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a qualidade de vida está relacionada à percepção de cada pessoa na sociedade, levando em conta seus objetivos, expectativas e contexto cultural. Diferentes indicadores para cada país podem ser observados, mas este trabalho considera a modernização como o item com o peso mais significativo nas correlações.

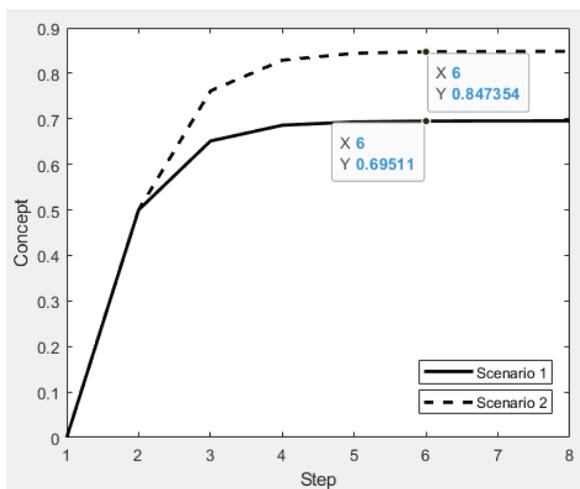


Fig. 7 Qualidade de vida: Cenários 1 e 2.

A Figura 7 mostra um crescimento de aproximadamente 24% na qualidade de vida, considerando o aumento da modernização.

Outro indicador a ser observado é a segurança, e esta variável procura fortalecer o direito à privacidade e a proteção da segurança pública e prevenir e gerenciar riscos nas comunidades (ISO 37101:2016). Além da modernização e do desenvolvimento de novas tecnologias é o controle do fluxo de carros autônomos e até mesmo não-autônomos, através da análise de dados em tempo real e da comunicação entre veículos, permitindo a localização de melhores rotas e a possibilidade de notificação de serviços de emergência, melhorando a eficiência e a segurança na condução de carros (LACINÁK, 2017).

Em um cenário mais tecnológico, a ISO 37122 sugere aumentar a porcentagem de vigilância através de câmeras, além disso o uso de I.A. e um tráfego de veículos autônomos interligados através de um sistema de malhas, seriam componentes cruciais para segurança. A figura 8 demonstra um aumento de cerca de 10% em níveis de segurança utilizando uma maior modernização e tecnologia.

De acordo com os índices dos dois cenários hipotéticos, esta tecnologia inteligente pode auxiliar na gestão de uma cidade para a tomada de decisões ou apoio à decisão e pode ser modificada para cada área e índice que deseje ser mapeado.

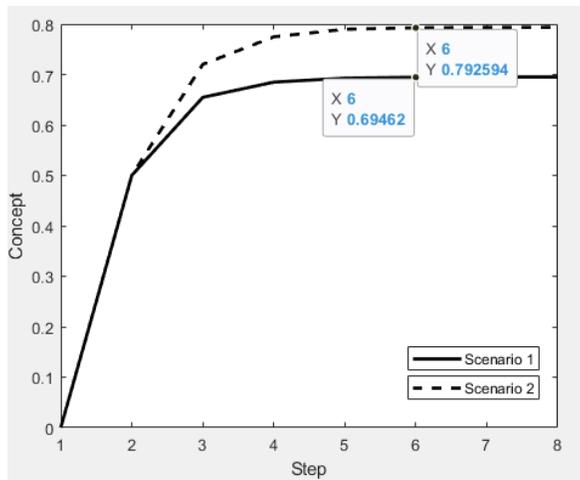


Fig. 8 Segurança: Cenários 1 e 2.

Cidades inteligentes apresentam inúmeras vantagens. Entretanto, existem algumas possíveis desvantagens desse novo conceito.

Segundo o relatório publicado pela Transparency International, o alto nível de coleção de dados levantou questões sobre invasão da privacidade dos cidadãos. A concentração da informação de cidadãos em um banco de dados contribui para a criação de um espaço urbano vigiado. Já em países com maior nível de pobreza, com dificuldades básicas para a maioria da população. Esse conceito pode intensificar as desigualdades. Estes sistemas também estão sujeitos a vulnerabilidade a ataques maliciosos de hackers (KITCHIN, 2017). E, além disso, a alta vigilância pode colaborar com a repressão de movimentos sociais devido a inserção de sensores e câmeras.

## 6 | CONCLUSÃO

A ferramenta proposta aponta para resultados satisfatórios, a partir dos resultados obtidos. Nesse sentido, pode-se observar aumento nos níveis estudados de imigração, qualidade de vida e segurança.

Em segurança, credita-se o aumento considerável ao uso de sistemas integrados, em especial o uso de veículos autônomos e sua relação com serviços de emergência e rotas mais seguras. Ainda, ao se aumentar os níveis de integração do sistema, maiores são as mudanças.

Dentre as variáveis coletadas, o aumento mais expressivo foi na qualidade de vida, dada sua associação com as melhorias proporcionadas pelas novas tecnologias, especialmente em suas ligações com entretenimento e segurança. Estas características estão associadas às percepções sociais e culturais individuais e dependem da política pública de cada cidade.

Por ser um modelo mental, o modelo pode ter seu peso de relação causal alterado de acordo com a realidade de uma cidade especificamente modelada.

Trabalhos futuros devem abordar a inclusão de novos conceitos, como segurança cibernética e aquisição de dados históricos, para um modelo FCM mais preciso e mais próximo do estado da arte para esses modelos mentais. Por exemplo, para cidades brasileiras, a inclusão de métricas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ou do Office of National Statistics (ONS) para cidades do Reino Unido, além de planos diretores das cidades.

## REFERÊNCIAS

Acampora, G.; Loia, V (2011). **About Temporal Granularity in Fuzzy Cognitive Maps**. *IEEE transactions in Fuzzy Systems*.

Aguilar, J. **A Fuzzy Cognitive Map Based on the Random Neural Model** (2001). *Intelligent Systems Engineering*.

Colldahl, C. Et Al. **Smart Cities: Sustainable Strategic Development for an Urban World** (2013).

D'onofrio, S. Et Al. **Fuzzy Reasoning in Cities: an Exploratory Work on Fuzzy Analogical Reasoning Using Fuzzy Cognitive Maps** (2018).

Dickerson, J. A.; Kosko, B. **Virtual Worlds as Fuzzy Cognitive Maps** (1993). *Virtual Reality Annual International Symposium*.

D. van den Buuse; A. Kolk. **An exploration of smart city approaches by international ICT firms**. *Technol. Forecasting Social Change*, vol. 142, p. 220–234, May 2019.

Founoun, A., & Hayar, A. (2019). **Evaluation of the concept of the smart city through local regulation and the importance of local initiative**. 2018 IEEE International Smart Cities Conference, ISC2 2018, 1–6.

Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., & Meijers, E. (2007). **City-ranking of European medium-sized cities**. *Centre of Regional Science, Vienna UT*, October.

Glykas, M. **Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications**. [S.L.] (2010).

Ghorbel, H., Bahri, A., & Bouaziz, R. (2010). **Fuzzy ontologies building method: Fuzzy ontomethodology**. *Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society – NAFIPS*.

Hagiwara, M. **Extended Fuzzy Cognitive Maps** (1992).

Hayar, A., & Betis, G. (2018). **Frugal social sustainable collaborative smart city casablanca paving the way towards building new concept for “future smart cities by and for all.”** 1–4.

Haykin, S. **Neural Networks and Learning Machines**. 3rd ed. 2008.

- International Organization for Standardization. Iso 37101: **Sustainable Development in Communities - Management System for Sustainable Development - Requirements with Use Orientation**. Switzerland, (2016).
- International Organization for Standardization. Iso 37122: **Sustainable Cities and Communities - Indicators for Smart Cities**. Switzerland, (2019).
- Kaltenrieder, P. Et Al. **Personal Digital Assistant 2.0 - A Software Prototype for Cognitive Cities** (2016). Ieee International Conference on Fuzzy Systems.
- Kaltenrieder, P.; Portmann, E.; Myrach, T. **Fuzzy Knowledge Representation in Cognitive Cities** (2015). Ieee International Conference on Fuzzy Systems (Fuzz-IEEE).
- Kitchin, R., & Dodge, M. (2017). **The (In)Security of Smart Cities: Vulnerabilities, Risks, Mitigation, and Prevention**. Journal of Urban Technology.
- Komninos, N. **Smart Cities: Towards Interactive and Global Innovation Environments** (2019). International Journal of Innovation and Regional Development.
- Kosko, B. **Fuzzy Cognitive Maps**. Int. J. Man-Machine Studies (1986).
- Lacinák, M., & Ristvej, J. **Smart City, Safety and Security** (2017). Procedure Engineering.
- Lee, D. Et Al. **Sensor Fusion Localization System for Outdoor Mobile Robot** (2009). Iccros-Sice Joint International Conference.
- Machado Junior, C., Nassif Mantovani Ribeiro, D. M., da Silva Pereira, R., & Bazanini, R. (2018). **Do Brazilian cities want to become smart or sustainable?** Journal of Cleaner Production, 199, 214–221.
- Makrinos, A. Et Al. **Introducing Fuzzy Cognitive Maps for Decision Making in Precision Agriculture** (2007). 6th European Conference on Precision Agriculture.
- Mendonça, M. Et Al. **Fuzzy Cognitive Maps Applied to Student Satisfaction Level in a University** (2015). Ieee Latin America Transactions.
- Mendonça, M. Et Al. **Semi-Unknown Environments Exploration Inspired by Swarm Robotics Using Fuzzy Cognitive Maps** (2019). Ieee International Conference on Fuzzy Systems (Fuzz-IEEE).
- Mendonça, M. Et Al. **Dynamic Fuzzy Cognitive Maps and Fuzzy Logic Controllers Applied in Industrial Mixerxi** (2015). Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (Sbai).
- Mendonça, M. Et Al. **A Cooperative Architecture for Swarm Robotic Based on Dynamic Fuzzy Cognitive Maps** (2017). Artificial Intelligence Engineering Applications.
- Mendonça, M.; Rue, L.V.R.; Neves-Jr, F. **Autonomous Navigation System Using Fuzzy Cognitive Maps with Event Transmission** (2011). Applied Intelligence.
- Mendonça, M.; Chun, I.R.; Rocha, M. E.C. **A Dynamic Fuzzy Cognitive Maps Applied in Realibility Centered Maintanance of Electric Motors** (2017). Ieee Latin America Transactions.

Miao, Y. Et Al. **Dynamic Cognitive Network - An Extension of fuzzy cognitive map. Tools with Artificial Intelligence** (1999). Procedures. 11th International Conference ieee on.

Miller, A. J. Decision-making structure: The Cognitive Maps of Political Elites Robert Axelrod, Ed. Princeton: Princeton University Press (1976). Perception and misperception in Jervis Princeton's international politics: Princeton University Press. Canadian Journal of Political Science.

Molina-Morales, F. X., Marínez-Fernández, M. T. **Social Networks: Effects of Social Capital on Business Innovation** (2010). J. Little Bus. Manage.

Naples, G. Et Al. **On The Convergence of Sigmoid Fuzzy Cognitive Maps** (2016). Information Science.

Pajares, G.; Cruz, J.M. De La. **Fuzzy Cognitive Maps for Stereovision Matching**. Pattern Recognition (2006).

Papageorgiou, E. I. (Ed.). **Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering** (2015). Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Parsopoulos, K. E. Et Al. **A First Study of Fuzzy Cognitive Maps Learning Using Particle Swarm Optimization** (2003). The 2003 Congress on Evolutionary Computing.

Passino, K. M.; Yurkovich, S. **Fuzzy Control** (1998). 1. Ed. Menlo Park, Ca, Usa: Addison Wesley.

Pedrycz, W.; Jastrzebska, A.; Man, W. **Fuzzy Cognitive Map Design for Time Series Modeling** (2016). Ieee transactions in Fuzzy Systems.

Purnomo, F. Et Al. **Smart City's Context Awareness Using social media** (2016). International Ict Conference for the Intelligent Society.

Raghuvanshi, R., Sharma, T. **Smart Cities in Emerging Economies: Opportunities, Challenges and Policy Implications**. In: Goyal, D., Kumar, A., Piuri, V., Paprzycki, M. (eds) Proceedings of the Third International Conference on Information Management and Machine Intelligence. Algorithms for Intelligent Systems (2022). Springer, Singapore.

Rue, L.V.R. Et Al. **Artificial Life Environment Modeled by Dynamic Fuzzy Cognitive Maps** (2018). Ieee Transactions in Cognitive and Developmental Systems.

Souza, L.B. De Et Al. **Dynamic Fuzzy Cognitive Maps Embedded and Classical Fuzzy Controllers Applied in Industrial Process** (2017). Icas 2017: Thirteenth International Conference on Autonomous and Autonomous Systems.

Sudhagar, C. **Role of Fuzzy Cognitive Maps in Smart Education System** (2019). 4th Mec International Conference on Big Data and Smart City (Icbdsc).

Tan Yigitcanlar, Md. Kamruzzaman, Laurie Buys, Giuseppe Ioppolo, Jamile Sabatini-Marques, Eduardo Moreira da Costa, JinHyo Joseph Yun. **Understanding 'smart cities': Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework**, Cities, Volume 81 (2018).145-160.

Transparency International (2017). **Intelligent Cities - Utopian Vision, Dystopian Reality**.

Von Son, F.W. Et Al. **Smart Genetics for Smarter Health-An Innovation Proposal to Improve Wellness and Health Care in the Cities of the Future** (2017). International Conference of Smart Cities.

Yang, J., Kwon, Y., & Kim, D. (2021). **Regional Smart City Development Focus: The South Korean National Strategic Smart City Program**. IEEE Access, 9, 7193–7210.

Yesil, E. Et Al. **Fuzzy Cognitive Maps Learning Using Artificial Bee Colony Optimization** (2013). Ieee International Conference on Fuzzy Systems (Fuzz-IEEE).

Yesil, E. Et Al. **Pi Controllers Self-Regulators Via Fuzzy Cognitive Maps** (2013).