

# **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MERCADO IMOBILIÁRIO**

Um cenário das pesquisas dos anos de **2018** até **2023**

Hugo Tocha Ferreira<sup>1</sup>; Marcilon Fonseca de Lima<sup>2</sup>.

1. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brazil, hugotocha0308@gmail.com

2. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brazil, marcilon@pucgoias.edu.br

**RESUMO:** O mercado imobiliário se valoriza com modelos mais atuais de análise para acompanhar suas rápidas mudanças e complexidades. A crescente demanda por imóveis exige ferramentas avançadas e precisas para garantir decisões informadas e estratégias eficazes. Assim, este trabalho visou explorar a interseção entre inteligência artificial (IA) e mercado imobiliário, examinando pesquisas e ferramentas recentes que utilizam IA para transformar o setor. Uma revisão e apresentação de artigos foi feita desde os anos de 2018 até junho de 2023 revelando uma transformação impulsionada por inovações em algoritmos inteligentes, *big data* e aprendizado de máquina, a fim de entender e contextualizar os cenários. A análise aborda diferentes técnicas de IA, como redes neurais, sistemas especialistas, lógica *fuzzy* e aprendizado de máquina, destacando suas aplicações e limitações na avaliação imobiliária. Os resultados mostram ainda que a IA oferece uma análise mais precisa e detalhada dos dados, permitindo decisões mais informadas e estratégicas no mercado imobiliário, comparada com os sistemas atuais e suas dificuldades.

**Palavras chaves:** *mercado imobiliário, inteligência artificial, big data, aprendizado de máquina, algoritmos inteligentes.*

**ABSTRACT/ABSTRACT/RESUMO:** *The real estate market needs more current analysis models to keep up with its rapid changes and complexities. The growing demand for real estate requires advanced and accurate tools to ensure informed decisions and effective strategies. Therefore, this work aimed to explore the intersection between artificial intelligence (AI) and the real estate market, examining recent research and tools that use AI to transform the sector. A review and presentation of articles was made from the years 2018 to June 2023 revealing a transformation driven by innovations in intelligent algorithms, big data and machine learning, to understand and contextualize the scenarios. The analysis addresses different AI techniques, such as neural networks, expert systems, fuzzy logic and machine learning, highlighting their applications and limitations in real estate valuation. The results also show that AI offers a more accurate and detailed analysis of data, allowing for more informed and strategic decisions in the real estate market, compared to current systems and their difficulties.*

**Keywords:** *real estate, artificial intelligence, big data, machine learning, intelligent algorithms.*

## 1. Introdução

O mercado imobiliário constitui o setor da economia no qual se negociam os chamados bens imóveis. Tecnicamente, no âmbito jurídico, um bem imóvel é aquele que não pode ser transportado de um lugar para outro sem que sua essência seja alterada. Essa definição é suscetível de interpretação, considerando que o setor engloba atividades de negociação, condições dos bens, possíveis alterações no estado do imóvel e sua categorização, todos esses aspectos gerando dados que compõem o conceito de bem imóvel.

Os bens imóveis são produtos de uma formação socioeconômica historicamente e espacialmente determinada. Cada segmento do mercado imobiliário possui suas singularidades, e cada cidade apresenta um amplo espectro de submercados específicos, além de políticas próprias e influências dos paradigmas das respectivas regiões, como situação da economia e inflação (Lacerda, 2022). Assim, a categoria mercado imobiliário resulta de uma abstração, referindo-se a uma diversidade de fenômenos, cada qual carregando uma imensa carga de informações.

“Mercado é competitividade, com isso para vencer nos mercados globais e altamente competitivos, as organizações bem-sucedidas compartilham uma forte ênfase em inovação, aprendizado e colaboração.” Chiavenato (2003, p. 570). Nesta busca incessante por novas tecnologias, destaca-se a opinião de Andrew (2017), “A IA é a nova eletricidade, e há cerca de 100 anos, a eletricidade transformou todas as grandes indústrias. É difícil pensar em uma grande indústria que não será transformada pela inteligência artificial.”

Tendo a IA como uma das tecnologias com muito destaque atualmente, surge uma vontade de ampliar essa relação com o setor imobiliário a fim de explorar as últimas pesquisas e ferramentas desenvolvidas nos últimos anos, que têm aproveitado o potencial da IA para transformar o mercado imobiliário e demonstrar seus resultados e dificuldades enfrentadas, a fim de dar um parâmetro das melhores práticas adotadas, oferecendo uma visão mais organizada e abrangente.

Com isso realizou-se uma procura a fim de traçar a evolução desse tema desde os anos 2018 até junho de 2024, além de identificar quais são os assuntos mais abordados. E, dentro desse contexto, é revelado que esse cenário contemporâneo está passando por uma transformação, impulsionada por inovações baseadas em algoritmos inteligentes, análise de *big data* e aprendizado de máquina. Com isso, a IA também melhora a personalização do atendimento ao

cliente, fornecendo recomendações baseadas nas preferências e no histórico de comportamento dos consumidores, o que aumenta a eficiência das transações e a satisfação do cliente. No entanto, o uso desse sistema levanta preocupações éticas e de privacidade, como discriminação, viés algorítmico e transparência nas decisões automatizadas, exigindo práticas responsáveis.

A interseção entre a IA e o mercado imobiliário têm redefinido os paradigmas tradicionais de transações imobiliárias, oferecendo informações valiosas para tomada de decisão, otimização de processos e experiências personalizadas para os entes do mercado. Com isso ao examinar de perto as tecnologias emergentes, algoritmos de ponta e suas estratégias, este estudo destaca não apenas as conquistas alcançadas pela IA no mercado imobiliário, mas também os desafios e limitações inerentes à sua implementação.

## **2. Referencial teórico**

O mercado imobiliário é altamente dinâmico, influenciado por fatores como oferta e demanda, taxas de juros, condições econômicas, regulamentações governamentais e tendências demográficas. Nos últimos anos, os *softwares* de avaliação de imóveis evoluíram, porém ainda são métodos mais imprecisos, ao considerar a grande quantidade de informações que essa área provém (Vincenza, 2014). Esses programas utilizam uma variedade de métodos, como modelos hedônicos, comparação de vendas e análise de mercado, integrando dados geoespaciais e informações de inspeções digitais. Utilizar essas tecnologias e dados permite uma visão abrangente e estratégica do valor de uma propriedade.

Começando com as regressões lineares, atualmente o sistema mais usado para avaliação e da gestão de dados do mercado imobiliário, encontrados em sistemas como o SisDEA e CastleR, *softwares* avançados, utilizados em avaliação de imóveis. A regressão múltipla é uma técnica estatística utilizada para modelar a relação entre uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes. Diferente da regressão linear simples, que envolve apenas uma variável preditora, a regressão múltipla permite a inclusão de múltiplos fatores que podem influenciar a variável de interesse, oferecendo uma visão mais abrangente e precisa das relações entre os dados. Nisso ela é utilizada para, principalmente, avaliar como características de uma propriedade (tamanho, localização, número de quartos) afetam seu valor de mercado.

A principal vantagem da regressão múltipla é a capacidade de incluir múltiplos fatores, permitindo a consideração simultânea de várias variáveis independentes e oferecendo uma análise mais completa. Além disso, ela ajuda a isolar o efeito de cada variável independente,

controlando outras variáveis que possam confundir os resultados. No entanto, essa técnica também apresenta algumas limitações. A presença de alta correlação entre variáveis independentes, conhecida como multicolinearidade, pode distorcer os coeficientes do modelo. Além disso, com muitas variáveis independentes, a interpretação dos resultados pode se tornar mais difícil, tendo um erro médio de 10 a 15% (Júlio Gallego,2004).

A inteligência artificial (IA) é uma ferramenta que permite às pessoas repensarem a forma como integram informações, analisam os dados e utilizam-se de informações-chaves resultantes para melhorar a tomada de decisões e já está transformando todas as esferas da vida (Darrell West; John Allen, 2020). No entanto, ao entrar no mundo das IAs, por mais que ocorra essa facilitação de processo e análise automática de dados é importante ressaltar que vem acompanhada de uma dificuldade inerente: a necessidade de uma quantidade substancial de dados para alimentar e aprimorar os modelos.

Essa necessidade de dados é uma das principais barreiras enfrentadas no desenvolvimento e na melhoria contínua da IA. A qualidade e a quantidade dos dados disponíveis têm um impacto direto na eficácia e na precisão dos modelos. Sem dados suficientes e representativos, os algoritmos de IA podem não ser capazes de aprender padrões relevantes ou tomar decisões precisas (Idan Benishu, 2023).

Então o termo *Big Data* entra em destaque, referindo-se a conjuntos de dados extremamente volumosos e complexos, cujo tamanho ou tipo ultrapassam a capacidade de ferramentas convencionais de processamento de dados. As ferramentas analíticas associadas ao *Big Data*, como os sistemas de aprendizado de máquina, contam com a capacidade de processar esses volumes massivos de dados e identificar padrões, sendo assim possível antecipar flutuações de preços e demanda, além de modelos mais precisos, como dito no texto de Horst Treiblmaier (2019) como uma forma de aplicação da geração *big data*.

Ao definir até onde vai o alcance da IA, é comparada ao ser humano, pela precisão e rapidez em suas ações, sem seus defeitos e falhas. Podendo ser definida como: conjunto de ações de *software* que, se fossem realizadas por um ser humano seriam consideradas inteligentes, (Lima, Pinheiro, Santos, 2014 Apud Oliveira, 2018). Com isso, tem-se como base que ela imita o raciocínio humano, dando destaque, assim, às redes neurais artificiais que, inspiradas no funcionamento do cérebro humano, são modelos de aprendizado de máquina que consistem em camadas de neurônios interconectados. Essas redes são capazes de aprender e realizar tarefas complexas, como reconhecimento de padrões e tomada de decisões, uma dúvida muito comum

é que, redes neurais são um tipo específico de técnica de aprendizado de máquina, mas aprendizado de máquina é um campo mais amplo que inclui muitas outras técnicas além das redes neurais. Portanto, embora estejam relacionados, eles não são a mesma coisa.

As técnicas de aprendizado de máquina são algoritmos e métodos, na interpretação de Mario Bodenbender (2019), que permitem que os sistemas de computador aprendam a partir de dados e melhorem seu desempenho ao longo do tempo sem serem explicitamente programados. Essas técnicas podem ser divididas em três categorias principais: aprendizado supervisionado, onde o algoritmo é treinado com exemplos rotulados; aprendizado não supervisionado, onde o algoritmo encontra padrões nos dados sem a necessidade de rótulos; e aprendizado por reforço, onde o algoritmo aprende a partir de feedback recebido do ambiente. As técnicas de aprendizado de máquina são amplamente utilizadas em uma variedade de aplicações, incluindo reconhecimento de padrões, previsão, classificação, entre outras.

Os métodos utilizados pelas inteligências, como já visto antes são lógicas e raciocínios a fim de encontrar padrões e aprender com eles, na visão de Guang-bin et al. (2006).

O termo, lógica *fuzzy*, é uma extensão da lógica booleana clássica que permite lidar com incerteza e imprecisão. Em vez de atribuir valores binários (verdadeiro ou falso) às proposições, nisso ela permite que os valores variem entre 0 e 1, representando o grau de pertinência de uma afirmação. Isso é especialmente útil em sistemas onde as fronteiras entre as categorias não são claramente definidas, permitindo uma modelagem mais flexível e mais próxima do raciocínio humano.

Já os sistemas especialistas, são sistemas de IA que utilizam conhecimento especializado para resolver problemas complexos em áreas específicas. Eles empregam regras de inferência e bancos de dados de conhecimento para emular a tomada de decisão humana. Esses sistemas são especialmente úteis em domínios onde há uma quantidade significativa de conhecimento especializado disponível, como medicina, direito ou engenharia.

E então vêm o raciocínio baseado em casos que é uma abordagem de resolução de problemas que se baseia em experiências passadas armazenadas como casos individuais. Esses casos consistem em problemas específicos e soluções correspondentes. Quando um novo problema surge, o sistema busca por casos semelhantes em seu banco de dados e adapta as soluções encontradas para a situação atual. Essa abordagem é especialmente útil em situações em que os problemas são complexos e mal estruturados.

São assim caminhos empregados pelas IA's a fim de desenvolver sistemas que possam realizar tarefas que normalmente exigiriam a inteligência humana. Tendo seu destaque em: reconhecimento de padrões, tomadas de decisões mais precisas, compreensão da linguagem natural, percepção visual, aprendizado e resolução de problemas.

### **3. Materiais e Métodos**

Os métodos empregados foram guiados por uma abordagem estruturada, dividida em várias etapas. Na fase preliminar, ocorreu uma busca ativa por uma seleção de artigos relevantes utilizando bases de dados: *Google Acadêmico*, *Scopus*, *SciELO*. E aplicando critérios de inclusão e exclusão para assegurar a qualidade dos estudos escolhidos. Foram escolhidos estudos recentes, no período dos anos 2018 a 2023, com exceção de quatro artigos mais antigos que se destacaram em seus conteúdos. A fim de, abranger as últimas tendências no campo, explorando fontes específicas sobre as aplicações práticas da tecnologia no setor imobiliário. Os artigos publicados nos periódicos em ano posterior a 2024, mesmo que tenham sido publicados online até este ano não entraram na pesquisa.

Os vinte e seis artigos considerados mais relevantes para o estudo foram classificados por ano, autores, assuntos, localidades das pesquisas e metodologias empregadas. Todos os artigos são da língua inglesa e foram lidos e classificados. Para a pesquisa, foram utilizados métodos como busca por autor, palavras-chave e termos relacionados: *Machine Learning*, *Artificial Neural Networks*, *Big Data*, *real state* (mercado imobiliário) e *artificial intelligence*. Artigos que não abordaram esses dois últimos não foram incluídos no estudo.

Os artigos foram categorizados por metodologia, acompanhados por uma análise das metodologias empregadas juntamente com uma consideração cuidadosa de seus resultados e desafios. Essa abordagem viabiliza uma compreensão mais detalhada de artigos similares, além de possibilitar a identificação de complementaridades, comparações e divergências entre eles.

Esta abordagem não apenas visa consolidar o entendimento das teorias e conceitos existentes, mas também procura identificar lacunas na literatura que possam orientar a pesquisa de maneira mais refinada destacando-se como elemento-chave na estruturação e sucesso da condução e reprodução efetiva das pesquisas.

#### 4. Resultados e Discussão

Ao lidar com uma ampla gama de artigos sobre um determinado tema, foi estabelecido uma metodologia clara para organizar e compreender as diversas abordagens e perspectivas apresentadas. Nesse contexto, optou-se por separar os artigos por técnicas específicas, para uma melhor compreensão, permitindo uma análise mais aprofundada e comparativa das semelhanças e diferenças entre elas. Os artigos foram divididos nos temas lógica *fuzzy*, raciocínios baseados em casos (representado por CBR ou RBC), técnicas de aprendizado de máquina e redes neurais, representado pela Figura 1, mostrando a quantidade de artigos por tema e suas tendências.

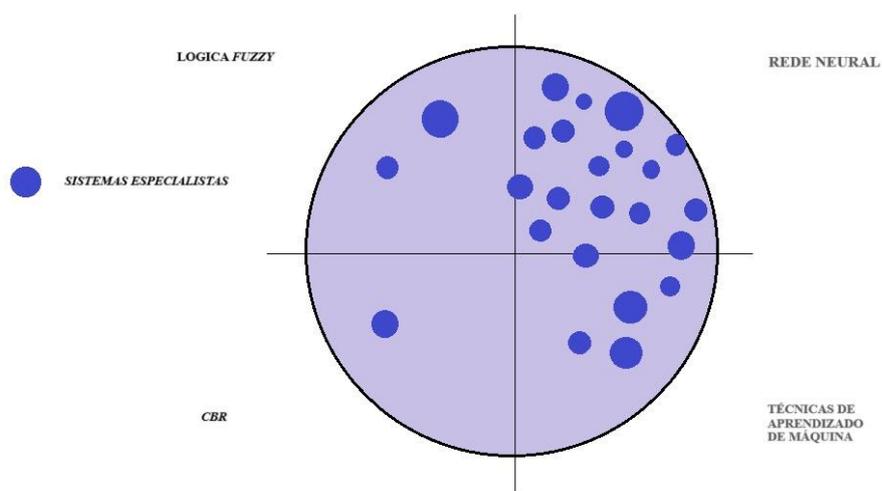


Figura 1 – Distribuição dos artigos por temas.

Vale a pena mencionar que encontrar informações sobre dados imobiliários no Brasil tem se tornado uma tarefa cada vez mais complicada, principalmente devido às restrições impostas pela Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). A LGPD, sancionada em 2018 e em vigor desde 2020, tem como objetivo proteger os dados pessoais dos cidadãos, incluindo aqueles relacionados ao setor imobiliário. No entanto, com a nova legislação, informações detalhadas sobre propriedades, incluindo histórico de preços, características dos imóveis e detalhes dos proprietários, passaram a ser consideradas dados sensíveis e, portanto, sujeitas a restrições mais rigorosas de acesso e uso. Embora a lei traga importantes benefícios em termos de privacidade e segurança, ela também impõe desafios significativos para quem precisa acessar dados imobiliários.

Quando comparamos essa situação com outros países, percebemos diferenças marcantes. Nos Estados Unidos, por exemplo, a disponibilidade de dados imobiliários é mais ampla, porém

ainda pouca. O mercado norte-americano possui sistemas como o *Multiple Listing Service* (MLS), que oferece uma maior quantidade de informações acessíveis a corretores, investidores e até o público em geral. Esses sistemas facilitam a transparência e eficiência do mercado imobiliário, permitindo uma análise detalhada e precisa das tendências de mercado e preços dos imóveis.

Um dos indícios dessa falta de informação também é a escassez de artigos, quesito de pesos e assuntos abordados. Muitos artigos foram excluídos por falta de relevância, ou por falta de embasamentos focando somente na parte inteligência artificial. Dos cinquenta artigos lidos apenas 26 foram considerados relevantes e cinco deles tiveram que ser mais velhos, conforme a Figura 2 demonstra, com uma taxa de aproveitamento de 52%, sendo que cinco deles são mais antigos, para motivo de comparação e contextualização, apresentando uma taxa real de 42% abrangendo todo o globo.

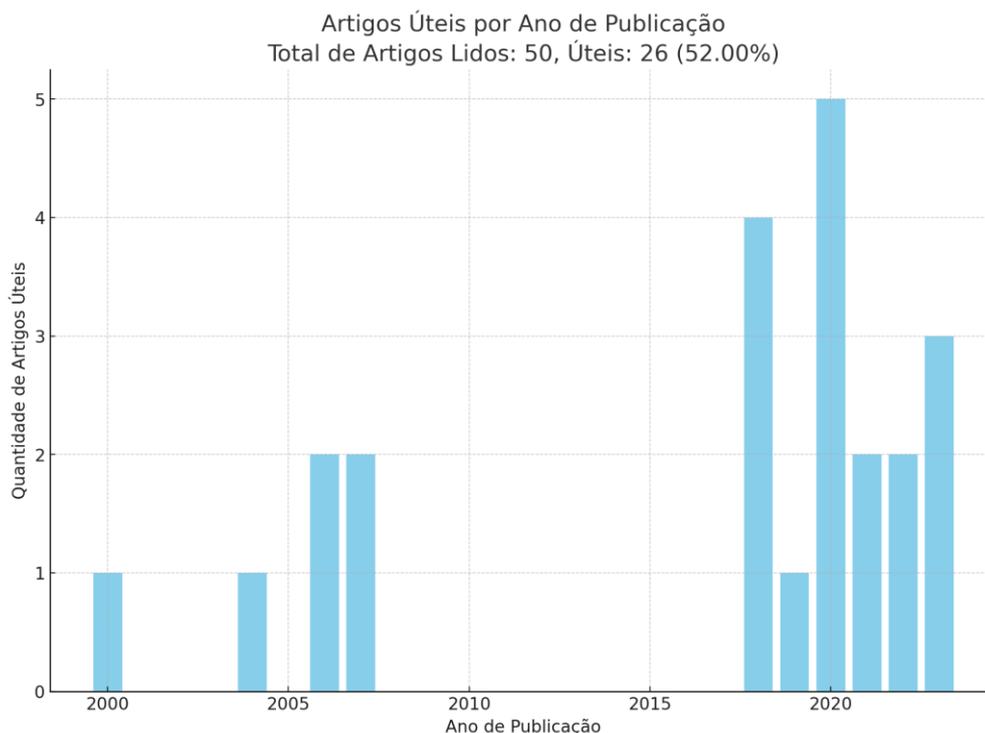


Figura 2 - Artigos úteis por ano de Publicação

### Lógica Fuzzy

Foram encontrados dois artigos como demonstrados na Figura 1. Tanto o de Dr. N. B. Chaphalkar (2013) quanto de Mario Bodenbender (2019) exploram o uso da Inteligência Artificial (IA) na avaliação de propriedades imobiliárias, enfatizando a importância da previsão precisa dos retornos e riscos associados. Ambos começam abordando os métodos tradicionais

de avaliação, como o método de comparação de vendas e o método de aluguel, destacando os desafios enfrentados por esses métodos ao longo do tempo. Em seguida, apresentam várias técnicas de IA incluindo Redes Neurais Artificiais (RNA) e principalmente a lógica *fuzzy*, e discutem exemplos de estudos comparativos de desempenho.

O uso de sistemas especialistas, algoritmos genéticos e outras abordagens, como árvores de decisão e modelagem de preços hedônicos, também são discutidos em ambos os documentos. Destacam-se que o desempenho dos modelos de IA dependem da seleção de variáveis, do tamanho do conjunto de dados e dos parâmetros do modelo, e concluem que não há uma única técnica de IA que consistentemente supere os métodos tradicionais. Por fim, ressaltam a necessidade de mais pesquisas para desenvolver modelos capazes de prever variações nos preços imobiliários, levando em consideração o impacto de recessões. Essa análise sugere uma forte correlação entre os dois documentos, pois abordam os mesmos temas e compartilham conclusões semelhantes sobre o uso da IA na avaliação imobiliária.

### **Sistemas Especialistas**

O texto de Peter Rossini (2000) por ser uma pesquisa mais antiga, aborda o uso de sistemas especialistas e inteligência artificial, na previsão do mercado imobiliário. Ele destaca a falta de literatura sobre como a inteligência artificial pode ser aplicada na previsão imobiliária, apesar de sua ampla utilização na avaliação em massa. O autor examina o uso atual de inteligência artificial, especialmente redes neurais, na previsão de negócios e considera aplicações adequadas no setor imobiliário. Além disso, o texto considera a questão mais ampla dos sistemas especialistas e como um sistema melhor pode levar a melhores resultados.

O autor também apresenta um exemplo de sistema de avaliação residencial que utiliza inteligência artificial e discute possíveis aplicações de sistemas especialistas em outras áreas da prática imobiliária. O texto destaca a importância dos sistemas especialistas como ferramenta de aprendizado e treinamento, fornecendo orientação especializada e assistência na resolução de problemas imobiliários, fornecendo uma visão abrangente e perspicaz sobre o uso de sistemas especialistas e inteligência artificial no mercado imobiliário, destacando seu potencial para melhorar a prática e os resultados no setor imobiliário.

### **Raciocínio Baseado em Casos (RBC)**

O raciocínio baseado em casos aplica a analogia de problemas resolvidos anteriormente para resolver novos problemas similares. No mercado imobiliário, o RBC é utilizado para recomendar propriedades e avaliar imóveis com base em casos históricos. Esta abordagem é

eficaz na personalização de recomendações e na adaptação a mudanças nas preferências dos clientes.

No documento de Woubishet Zewdu (2007), oferece uma visão abrangente de duas abordagens de Inteligência Artificial (IA) - Raciocínio Baseado em Casos (RBC) e Redes Neurais (RNA) - no contexto da avaliação imobiliária. Ambos são considerados mais eficazes do que a análise de regressão múltipla tradicional (MRA). Enquanto o RBC reutiliza casos passados para resolver novos problemas, as RNAs processam informações com base em modelos matemáticos ou computacionais. O texto detalha a implementação desses sistemas na avaliação imobiliária, com estudos de caso destacando sua eficácia, vantagens e desvantagens. Também explora a integração de RBC com RNAs, mostrando como essa abordagem híbrida pode superar limitações individuais. Embora ainda não exista um sistema híbrido desenvolvido especificamente para a avaliação imobiliária, o documento destaca estudos de caso que demonstram sua viabilidade e vantagens. Concluindo, destaca a crescente necessidade de sistemas de avaliação imobiliária mais eficientes e objetivos, impulsionados pela demanda do mercado, e sugere o potencial promissor da abordagem híbrida de RBC e RNA para atender a essa necessidade.

### **Técnicas de Aprendizado de Máquina**

Ao analisar os textos, podemos identificar algumas correlações entre eles. Primeiramente, tanto o artigo de Yu Liu (2022) quanto o de Aurora Greta (2023) abordam o uso de inteligência artificial (IA) e análise de dados na indústria imobiliária. Enquanto Yu Liu discute a aplicação de IA e *big data* no desenvolvimento imobiliário, destacando a importância da compreensão da demanda real do mercado e da consideração das necessidades dos consumidores, Aurora Greta (2023) propõe a integração de IA e computação de otimização para viabilizar investimentos em *retrofit* (uma técnica de revitalização de sistemas antigos) de energia em ativos imobiliários complexos, enfatizando a automação de processos e a flexibilidade para comparar cenários.

Por outro lado, os artigos de Andrii Rosynskyi (2023) e Ivana Miljkovic (2023) abordam temas relacionados à gestão econômica e tecnológica na indústria imobiliária. Enquanto o de Andrii Rosynskyi (2023) discute a gestão do potencial econômico para empresas de desenvolvimento imobiliário, propondo o uso de modelos multifatoriais dinâmicos baseados em algoritmos de inferência lógica difusa para tomar decisões informadas e maximizar a rentabilidade dos projetos, Ivana Miljkovic (2023) explora o uso de IA e Realidade Virtual (RV) na indústria imobiliária, destacando os benefícios e desafios associados a essas tecnologias, como

automação de tarefas, melhoria da experiência do cliente e análise de dados para decisões mais informadas.

Por fim, o estudo de Jui-Sheng Chou (2022) se concentra na previsão de preços de imóveis em Taipei City, utilizando técnicas de aprendizado de máquina. Embora seu foco seja específico na previsão de preços, essa abordagem complementa os outros artigos, pois a previsão de preços é crucial para o desenvolvimento e investimento imobiliário. Essas correlações destacam a convergência de temas como IA, análise de dados, tomada de decisões e previsão de preços na indústria imobiliária, evidenciando a importância desses aspectos para o desenvolvimento e gestão eficaz nesse setor.

### **Redes Neurais Artificiais (RNA)**

Os estudos conduzidos por Jun Kang (2020) e Bin Ge (2021) oferecem uma análise aprofundada sobre a previsão de preços de leilão imobiliário em diferentes regiões e sob diferentes condições de mercado. Em seu estudo, Jun Kang concentra-se na cidade de Seul, examinando os dados de 2013 a 2017 para entender como os modelos de regressão, redes neurais artificiais (RNA) e algoritmo genético se comparam na previsão de preços de leilão. Seu destaque recai sobre o algoritmo genético, que demonstrou uma segmentação regional eficaz e uma precisão preditiva notável, especialmente quando comparado ao preço de avaliação do leilão. Esta abordagem mostrou-se particularmente eficaz em todas as cinco zonas de Seul e em 25 distritos individuais, com médias de EPMA (Erro Percentual Médio Absoluto) e RQME (Raiz Quadrática Média do Erro) de 8,31 e 0,0047, respectivamente.

Por outro lado, o estudo de Bin Ge (2021) se concentra na Malásia, especificamente em Gana, explorando o desempenho das redes neurais artificiais (RNA) na previsão de preços de leilão de apartamentos de 2016 a 2020. Aqui, as RNA's se destacam por sua capacidade de oferecer uma precisão notável em comparação com métodos tradicionais, particularmente em ambientes de mercado voláteis. A segmentação zonal, baseada no preço de avaliação do leilão, aprimorou ainda mais a precisão da previsão. O estudo destaca o papel fundamental da inteligência artificial, especialmente das redes neurais, em economias emergentes como Gana, onde as condições do mercado podem ser mais imprevisíveis.

Além disso, o estudo de Steven Peterson & Albert Flanagan (2020) compara modelos de preços hedônicos lineares com redes neurais em uma amostra significativa de 46.467 propriedades residenciais. Os resultados indicam que as redes neurais produzem erros de precificação menores e são mais precisas fora da amostra, especialmente em ambientes voláteis de

precificação. Esta conclusão ressalta a eficácia das redes neurais em modelar complexidades não-lineares e gerenciar grandes conjuntos de variáveis, características frequentes nos modelos hedônicos.

Por outro lado, o estudo de Regina Fang-Ying (2021) destaca a inovação das redes neurais espaciais na análise imobiliária. Essa abordagem integra dados geoespaciais e temporais para modelar a influência de fatores espaciais na valorização imobiliária. O modelo proposto, denominado *Property Appraisal 4.0*, incorpora técnicas avançadas de aprendizado profundo, como a destilação de conhecimento e a inspeção óptica automatizada profunda, para melhorar a precisão da avaliação imobiliária. Esta abordagem inovadora promete trazer mudanças significativas para a indústria imobiliária, ao mesmo tempo em que reduz custos e influências subjetivas.

Tem-se o estudo que reforça a eficácia das ANN na valoração imobiliária, enfatizando sua capacidade de selecionar características importantes das propriedades e melhorar a precisão dos modelos de avaliação. Chiarazzo (2014) usa a utilização de algoritmos genéticos para aprimorar a seleção de variáveis demonstra o potencial das ANN em lidar com conjuntos de dados complexos e heterogêneos, resultando em avaliações mais precisas e confiáveis.

Já o texto de Jennifer Conway (2010), um artigo mais antigo, fala sobre uma especificação que é a empresa Foxy AI, que utiliza tecnologias avançadas, como visão computacional e aprendizado profundo, para analisar imagens de propriedades e transformar isso em informações de interesse do mercado. Suas soluções abrangem desde a análise de características específicas das propriedades até a identificação de tendências de mercado, fornecendo informações valiosas para investidores e provedores de serviços de análise.

Por fim, o estudo sobre a aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNAs) de Hamzaoui e Hernández (2011) conta a previsão do preço de venda de propriedades, e destacando a capacidade desses modelos em lidar com variáveis complexas e a subjetividade dos métodos tradicionais. Detalha-se o processo de treinamento da RNA, a seleção da topologia da rede e a validação do modelo, mostrando sua eficácia na previsão de preços de venda. Demonstrando assim uma alternativa promissora para a avaliação imobiliária baseada em modelos de RNA.

Com isso se tem os textos de Wilkowski (2006), Gallego (2004) e de dois textos de Taffese (2007) como são textos menos recentes foram agrupados e apresentam ideias parecidas. Utilizando comparativos das Redes Neurais Artificiais (RNAs) e modelos atuais na avaliação imobiliária abordam a aplicação dessas técnicas como alternativas à regressão múltipla

tradicional. Todos destacam a capacidade das RNAs em lidar com a complexidade dos dados e oferecer avaliações mais precisas e confiáveis em comparação com os métodos tradicionais. No entanto, enquanto alguns textos apresentam resultados positivos em mercados com grande volume de transações, outros identificam problemas durante a implementação das RNAs, como inconsistências entre pacotes de software e longos tempos de execução. Além disso, alguns estudos discutem a aplicação geral da Inteligência Artificial (IA) na avaliação imobiliária, enquanto outros exploram a integração de diferentes sistemas de IA, como o Raciocínio Baseado em Casos (RBC), para superar as limitações dos sistemas individuais. Em resumo, os textos oferecem uma visão abrangente sobre o uso de RNAs na avaliação imobiliária e ressaltam a importância de pesquisas adicionais para determinar a eficácia dessas técnicas em diferentes contextos e cenários

## **5. Conclusão**

No mercado imobiliário, a inteligência artificial (IA) demonstra potencial para transformar avaliações, previsões e estratégias de desenvolvimento. Estudos recentes mostram que a IA proporciona análises mais precisas e detalhadas dos dados, permitindo decisões mais embasadas e seguras. Algoritmos avançados e aprendizado de máquina ajudam a prever tendências de mercado, identificar oportunidades de investimento e otimizar avaliações de propriedades.

A IA tem uma grande capacidade para atender a demanda da grande quantidade de dados gerados pelo setor. Tornando-se ideal dentro do contexto da dificuldade apresentadas por métodos atuais, capacitando assim, os profissionais e empresas do setor a tomarem decisões mais embasadas e estratégicas. E ao mesmo tempo alguns estudos não chegaram a conclusões certas, e indicam que necessitam de mais pesquisas sobre o assunto.

Embora a IA tenha a capacidade de lidar com grandes quantidades de dados, muitos desses dados no mercado imobiliário são não estruturados, como imagens, vídeos e descrições de propriedades. Pesquisas futuras podem se concentrar em técnicas mais avançadas de processamento de linguagem natural e análise de imagem para extrair novos tipos de informações desses dados.

## **6. Referências Bibliográficas**

Allen, John; West, Darrell. Artificial intelligence. The Lawfare Podcast.

- Bodenbender, Mario; Kurzrock, Björn-Martin; Müller, Philipp Maximilian. Broad application of artificial intelligence for document classification, information extraction and predictive analytics in real estate. *Journal of General Management*, v. 44, n. 3, p. 170–179, Alemanha, 2019.
- Wilkowski, Wojciech; Budzyński, Tomasz. Application of Artificial Neural Networks for Real Estate Valuation. In: FIG CONGRESS, 23., 2006, Munich. Shaping the Change. Poland, 2006.
- Chaphalkar, N. B.; Sandbhor, Sayali. Use of Artificial Intelligence in Real Property Valuation. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*. USA, 2013.
- Chíarazzo, Vincenza; Caggiani, Leonardo; Marinelli, Mario; Ottomanelli, Michele. A Neural Network based model for real estate price estimation considering environmental quality of property location. In: Meeting of the euro working group on transportation. Sevilla, 2014.
- Chou, Jui-Sheng; Fleshman, Dillon-Brandon; Truong, Dinh-Nhat. Comparison of machine learning models to provide preliminary forecasts of real estate prices. *Journal of Housing and the Built Environment*, [S.l.], v. 37, p. 2079-2114, Taiwan, 2022.
- Conway, Jennifer. *Artificial Intelligence and Machine Learning: Current Applications in Real Estate*. 2018. 123 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Imobiliário) – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2018.
- Delisle, James r.; Never, Brent; Grissom, Terry V. The big data regime shift in real estate. USA, 2020.
- El Hamzaoui, Youness; Hernández perez, Jose Alfredo. Application of artificial neural networks to predict the selling price in the real estate valuation process. In: mexican international conference on artificial intelligence, 10., 2011. Mexico, 2011.
- Elaine Worzala, Margarita Lenk & Ana Silva, An Exploration of Neural Networks and Its Application to Real Estate Valuation, *Journal of Real Estate Research*, 10:2, 185-201, EUA, 2020.
- Ge, B., Ishaku, M.M. and Lewu, H.I. Research on the Effect of Artificial Intelligence Real Estate Forecasting Using Multiple Regression Analysis and Artificial Neural Network: A Case Study of Ghana. *Journal of Computer and Communications*. Ghana, 2021.
- GHYSELS, Eric; PLAZZI, Alberto; VALKANOV, Rossen; TOROUS, Walter. Forecasting Real Estate Prices. In: ELLIOTT, Graham; TIMMERMANN, Allan (ed.). *Handbook of Economic Forecasting*. 2. ed. Elsevier, 2013. v. 2, pt. A. Cap. 9. USA, 2013.
- Huang, Guang-Bin; Zhu, Qin-Yu; Siew, Chee-Kheong. *Extreme learning machine: Theory and applications*. School of Electrical and Electronic Engineering, Singapore, 2006.
- Kang, Jun; Lee, Hyun Jun; JEONG, Seung Hwan; LEE, Hee Soo; OH, Kyong Joo. Developing a Forecasting Model for Real Estate Auction Prices Using Artificial Intelligence. *Journal of Real Estate Research*. Korea, 2020.
- KOK, Nils; KOPONEN, Eija-Leena; MARTÍNEZ-BARBOSA, Carmen Adriana. Automated Valuation: Big Data in Real Estate? From Manual Appraisal to. *Journal of Portfolio Management*, [S.l.], v. 43, n. 6, p. 202-211, USA, 2017.
- LACERDA, N.; ZAGURY TOURINHO, H. L. Mercados imobiliários: universalidades, particularidades e singularidades. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, [S. l.], v. 24, n. 1, Brazil, 2022. DOI: 10.22296/2317-1529.rbeur.202230pt.

- Lin, Regina Fang-Ying et al. The Spatial neural network model with disruptive technology for property appraisal in real estate industry. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 173, p. 121067. China, 2021.
- Liu, Yu. Real Estate Development Strategy Based on Artificial Intelligence and Big Data Industrial Policy Background. *Scientific Programming*, v. 2022, Article ID 6249065, 6 pages, 2 mar. China, 2022. DOI: 10.1155/2022/6249065.
- Mccarthy, John. *What is Artificial Intelligence*, Stanford University. USA, 2014.
- Miljkovic, I.; Shlyakhetko, O.; Fedushko, S. *Real Estate App Development Based on AI/VR Technologies*. Austria, 2023.
- Mora-esperanza, Julio Gallego. *Artificial Intelligence Applied to Real Estate Valuation: An example for the appraisal of Madrid*. In: *Artificial intelligence and traditional systems*, Madrid, 2004.
- Munawar, Hafiz Suliman; Qayyum, Siddra; Ullah, Fahim; Sepasgozar, Samad. *Big Data and Its Applications in Smart Real Estate and the Disaster Management Life Cycle: A Systematic Analysis*. USA, 2020.
- Ng, Andrew. *AI Frontiers Conference*. Palestra – conferência, California, 2017.
- Pagourtzi, E.; Metaxiotis, K.; Nikolopoulos, K.; Giannelos, K.; Assimakopoulos, V. Real estate valuation with artificial intelligence approaches. *International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications*, v. 2, n. 1, p. 51, Greece, 2007.
- Pinter, Gergo; Mosavi, Amir; Felde, Imre. *Artificial Intelligence for Modeling Real Estate Price Using Call Detail Records and Hybrid Machine Learning Approach*, Switzerland, 2020.
- ROSSINI, Peter. *Using Expert Systems and Artificial Intelligence for Real Estate Forecasting*. Apresentação no Sixth Annual Pacific-Rim Real Estate Society Conference, Sydney, 24-27, 2000.
- Rosynskiy, A. The economic potential growth management for real estate development company through automation and artificial intelligence technologies. *Economics, Finance and Management Review*, (3), 99–114. Ukraine, 2023.
- Ruggeri, A.G.; Gabrielli, L.; Scarpa, M. *Artificial Intelligence and Optimization Computing to Lead Energy Retrofit Programs in Complex Real Estate Investments*. Eng. Proc. Switzerland, 2023.
- SisDEA: Sistema de Desenvolvimento de Aplicações. Versão 2.5. São Paulo: Empresa Pelli sistemas, 2023. Disponível em: <https://pellisistemas.com/software/sisdea-avaliacao-de-imoveis/>.
- Steven Peterson & Albert Flanagan. *Neural Network Hedonic Pricing Models in Mass Real Estate Appraisal*, *Journal of Real Estate Research*, 31:2, 147-164, USA, 2020.
- Taffese, W. Z. *Case-based reasoning and neural networks for real estate valuation*, 2007.
- Taffese, Woubishet Zewdu. *A Survey on Application of Artificial Intelligence in Real Estate Industry*. In: *international conference on artificial intelligence in engineering & technology*, 3., 2006, Kota Kinabalu. Turku, Finland, 2006.
- Treiblmaier H, *Toward More Rigorous Blockchain Research: Recommendations for Writing Blockchain Case Studies*. *Front. Blockchain* 2:3, Austria, 2019.