

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À ENGENHARIA

Marco Aurélio Chaves Ferro

O presente trabalho apresenta as principais características e metodologias de Inteligência Artificial adotadas em Engenharia, com destaque para a Engenharia Civil. São descritos os aspectos fundamentais de Aprendizado de Máquinas (Machine Learning) e Aprendizado Profundo (Deep Learning) e suas principais técnicas, com enfoque especial em Redes Neurais Artificiais (Artificial Neural Network). Alguns exemplos de utilização da Inteligência Artificial são mostrados, como Gêmeos Digitais, Computação Quântica, Metaverso e ChatGPT. O exemplo de aplicação mostra a predição da resistência do concreto à compressão, usando-se uma planilha disponível na internet (dataset), com 1032 experimentos realizados em laboratório. O código R do programa usou a técnica de Redes Neurais Artificiais para obter os resultados que foram plenamente satisfatórios.

Palavras Chave: Inteligência Artificial; Redes Neurais Artificiais; Linguagem R.

1 Introdução

Este trabalho apresenta os principais aspectos da Inteligência Artificial, com suas aplicações à Engenharia de maneira geral, no entanto focado na Engenharia Civil, considerando a sua multidisciplinaridade, quais sejam as disciplinas Arquitetura, Engenharia Mecânica, Engenharia Mecatrônica, Robótica, Computação, Engenharia de Sistemas, Meio Ambiente, dentre outras, conforme ilustrado na Figura 1, a seguir.

A simulação numérica é abordada em Engenharia desde o advento do computador e diversos métodos numéricos foram sendo criados por pesquisadores e cientistas ao longo do tempo, destacando-se, dentre outros, Diferenças Finitas, Elementos Finitos, Elementos de Contorno, Volumes Finitos, de acordo com (FERRO 2020). Há várias definições sobre o significado de Inteligência Artificial na literatura que trata do assunto, destacando-se o descrito no livro de (RUSSELL e NORVIG 2003). Ela pode ser entendida como a ciência que procura simular o comportamento humano (peopleware) com o uso de programas de computadores (softwares) e máquinas (hardwares), conforme ilustrado na Figura 2.

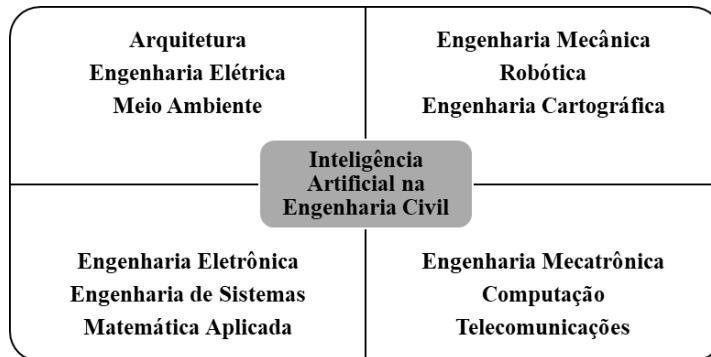


Figura 1: Multidisciplinaridade da IA na Engenharia Civil. Fonte: O autor.

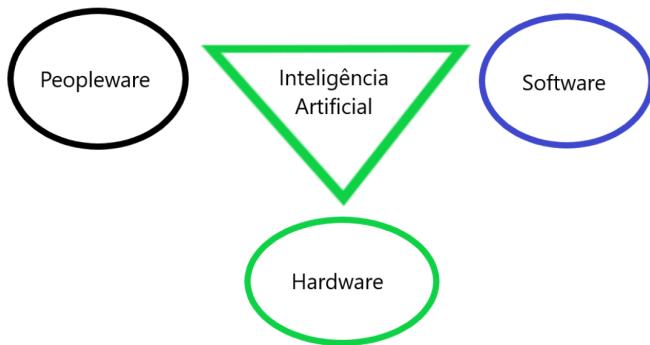


Figura 2: Tripé da Inteligência Artificial. Fonte: O autor.

2 Objetivo

A simulação em Inteligência Artificial é realizada por diversas técnicas, cada uma utilizada sozinha ou em combinação com outras, de acordo com o seu objetivo, destacando-se Redes Neurais Artificiais (RNA)/Artificial Neural Network (ANN), Aprendizado de Máquinas (AM)/Machine Learning (ML), Aprendizado Profundo (AP) /Deep Learning (DL), Algoritmos Genéticos (AG)/Genetic Algorythms, dentre outros. Após uma explicação sucinta de algumas aplicações da Inteligência Artificial, destacando-se gêmeos digitais, metaverso, computação quântica e o ChatGPT, será apresentada a técnica de Redes Neurais Artificiais que foi utilizada em um exemplo de aplicação na Engenharia Civil, que é a predição da resistência do concreto, quando são mostradas as considerações finais.

O Aprendizado de Máquina (Machine Learning) é um método de análise de dados que busca a automação, o desenvolvimento e a criação de modelos analíticos. É baseado na hipótese de que sistemas computacionais (software e hardware) podem aprender com dados genéricos, estruturados ou não, identificar padrões e tomar decisões com o mínimo de intervenção humana (peopleware).

Aprendizagem Profunda (Deep Learning) é um termo adotado dentro do campo do Aprendizado de Máquinas sendo formado por programas, computadores, sensores e dispositivos inteligentes, conectados entre si e que desempenham suas tarefas sem ou com muito pouca necessidade de ações humanas. É um tipo especializado do Aprendizado de Máquinas, com um linguajar matemático mais especializado. É muito utilizado no reconhecimento de face, de voz e nos processamentos de imagem e de linguagem. Redes Neurais Artificiais (Artificial Neural Network) são sistemas de computação com nós interconectados que funcionam como o sistema nervoso do ser humano.

Gêmeos digitais, conforme ilustrado na Figura 3, são cópias digitais das estruturas reais. Possuem sensores que permitem a aquisição de grandezas importantes como deslocamentos e temperatura, por exemplo. São capazes de identificar falhas e tomar decisões sobre manutenção preventiva e corretiva.



Figura 3: Gêmeos Digitais:saiba o que é. Fonte: (PEDERNEIRAS 2023).

Os computadores quânticos (ver Figura 4) aproveitam o comportamento exclusivo da física quântica, como sobreposição, emaranhamento e interferência quântica, e o aplicam à com-

putação. Isso apresenta novos conceitos para os métodos de programação tradicionais. No entanto, por ser uma tecnologia pouco acessível ao público, o tema ainda causa dúvidas e controvérsias



Figura 4: Computador Quântico. Fonte: (MELKO 2023).

O metaverso é um mundo 3D virtual compartilhado, ou mundos, que são interativos, imersivos e colaborativos (ver Figura 5) . Assim como o universo físico é uma coleção de mundos conectados no espaço, o metaverso também pode ser considerado um conjunto de mundos conectados digitalmente. O metaverso se tornará uma plataforma que não estará vinculada a nenhuma aplicação ou ambiente único, digital ou real.



Figura 5: Metaverso .Fonte: (STOCCO 2023).

O Chat GPT é um algoritmo baseado em Inteligência Artificial (machine learning e redes neurais). Ele foi criado por um laboratório de pesquisas em Inteligência Artificial chamado OpenAI, com sede em San Francisco, EUA. O nome Chat GPT é uma sigla para “Generative Pre-Trained Transformer”. O sucesso da ferramenta está em oferecer ao usuário uma forma simples de conversar e obter respostas. A gama de assuntos é bem vasta e o Chat GPT é capaz de elaborar textos sobre assuntos variados, dentre inúmeras outras tarefas.

3 Aplicações

Algumas aplicações da Inteligência Artificial na Engenharia Civil são mostradas nas figuras a seguir. Todos eles demonstram que na Inteligência Artificial traz como resultados extrema precisão , rapidez, segurança, economia de material e de mão de obra, dentre muitas outras vantagens.

O primeiro exemplo é o uso de robôs para assentamento de alvenaria de tijolos, conforme visto nas figura Figura 6.



Figura 6: Assentamento de alvenaria com robô. Fonte: (TheB1M 2023).

O segundo exemplo é a colocação de armadura de aço e sua amarração com arames, com o uso de robôs, ver Figura 7.

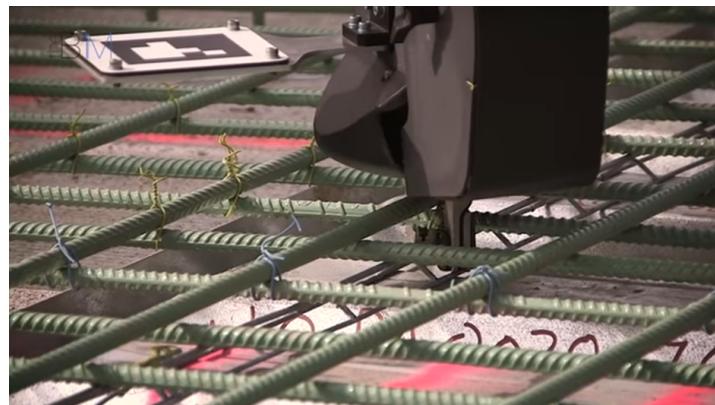


Figura 7: Execução de amarração de armadurta de laje com robô. Fonte: (TheB1M 2023).

O terceiro exemplo consiste no transporte de material pesado por um robô, ao invés do uso de carrinho de mão por operários, conforme mostrado na Figura 8,



Figura 8: Transporte de material pesado em obra por robô. Fonte: (TheB1M 2023).

O quarto exemplo mostra o serviço de terraplenagem realizado por máquinas automatizadas, conforme visto na Figura 9.



Figura 9: Serviço automatizado de terraplenagem. Fonte: (TheB1M 2023).

A evolução de fiscalização de obras pode ser evidenciada no quinto exemplo. A grande maioria das medições e verificações realizadas na fiscalização de obras é feita de forma tradicional, utilizando materiais como trenas, esquadros, níveis, calculadoras, pranchetas, dentre outros, como visto na Figura 10

Uma evolução tecnológica da fiscalização de obras é o uso de óculos especiais (ver Figura 11) que verificam instalações (ver Figura 12), fazem medições, enviam relatórios para o escritório indicando não conformidades, dentre outros.

Uma evolução ainda mais avançada é o uso de um robô (ver Figura 13) para realizar os serviços de fiscalização de obras, e na Figura 14) podem ser verificadas as medições atualizadas, ou seja, 78,28%, 42,61% e 83,26% do total, executados para os serviços mecânicos, elétricos e

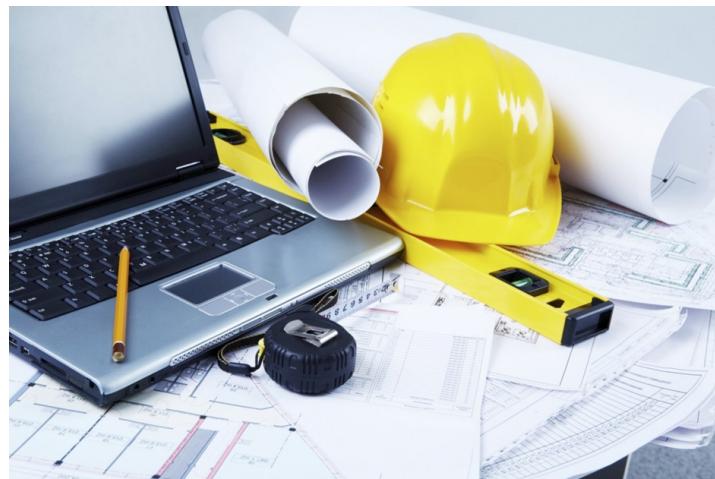


Figura 10: Fiscalização de obra tradicional. Fonte: (PORTILHO 2023).



Figura 11: Óculos especial para medição de obras. Fonte: (SRI 2023).

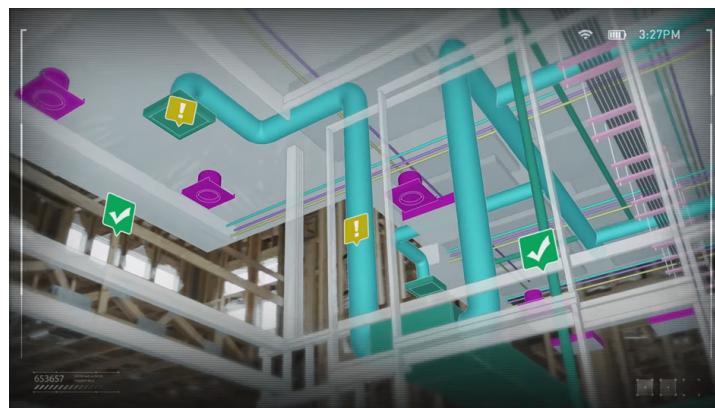


Figura 12: Verificação de instalações .Fonte: (SRI 2023).

hidrossanitários, respectivamente. O cronograma está com 78,2% executado, em relação ao previsto, indicando atraso de 21,8%.

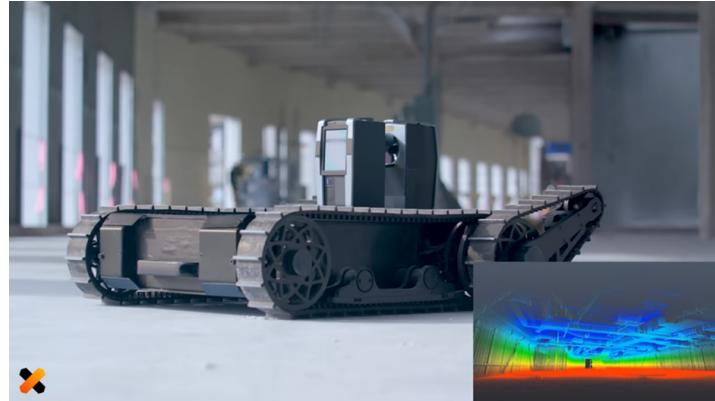


Figura 13: Robô para fiscalizar obras. Fonte: (Doxel 2023).

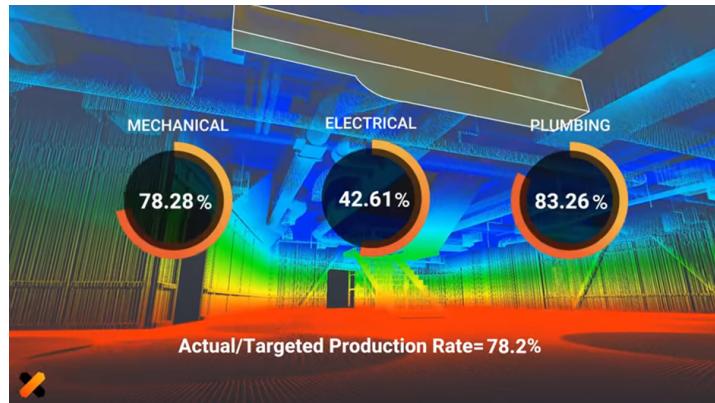


Figura 14: Fiscalização de obras com robô. Fonte: (Doxel 2023).

O conhecimento da Resistência do Concreto à Compressão é fundamental no Cálculo de Estruturas de Concreto. Essa característica depende de vários fatores, destacando-se a taxa de cimento (kg/m^3), taxa de escória (kg/m^3), cinzas (kg/m^3), água (kg/m^3), superplastificante (kg/m^3), agregado graúdo ou brita (kg/m^3), agregado miúdo ou areia (kg/m^3), idade (dias), resistência do concreto (MPa). Um arquivo de dados com 1030 linhas na forma de planilha eletrônica está disponibilizado em (YEH 2023) e foi criado por (YEH 1998). O exemplo consta do livro de (LANTZ 2019), em seu capítulo 7, na página 229. As quatro primeiras linhas do arquivo de dados estão mostradas na Figura 15.

Uma linha aleatória do conjunto de dados foi separada para verificação da Rede Neural Artificial, cujo resultado final é uma Resistência do Concreto de 30,14 MPa, o que é denominado alvo.

Redes Neurais com R – Predição da Resistência do Concreto – 4 primeiras linhas do arquivo de entrada

141.3,212,0,203.5,0,971.8,748.5,28,29.89
168.9,42.2,124.3,158.3,10.8,1080.8,796.2,14,23.51
250,0,95.7,187.4,5.5,956.9,861.2,28,29.22
266,114,0,228,0,932,670,28,45.85

Figura 15: 4 primeiras linhas do arquivo de dados. Fonte: (LANTZ 2019).

A primeira rede a ser rodada consta de apenas um neurônio (perceptron) e está mostrada na Figura 16.

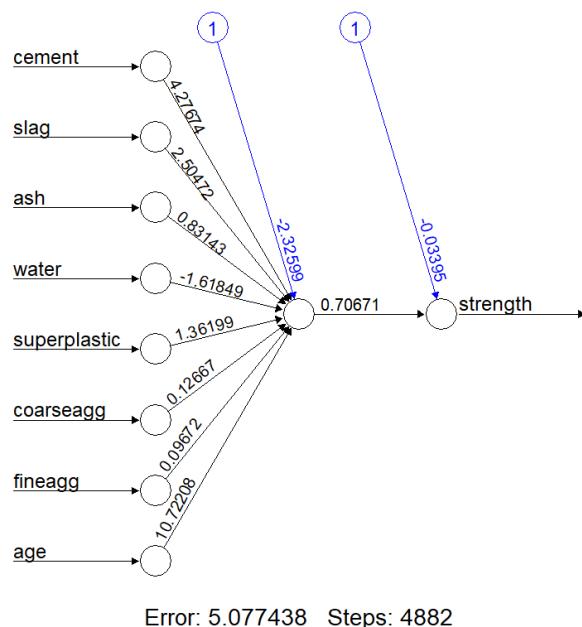


Figura 16: Rede Neural com um neurônio. Fonte: (LANTZ 2019).

4 Resultados e Discussões

O resultado indicou um valor predito de 32,59 MPa e coeficiente de correlação (r) igual a 0,806. Em seguida foi rodada uma Rede Neural Artificial com uma camada oculta e cinco neurônios, sendo o valor predito igual a 29,29 MPa e o coeficiente de correlação (r) igual a 0,924. A Rede Neural Artificial pode ser aperfeiçoada ao aumentar-se o número de camadas ocultas

e de neurônios por camada, assim como usar outras funções de ativação, de erro e demais hiperparâmetros. Comparado com o alvo, ou seja 30,14 MPa, o resultado de 29,29 MPa dá um erro relativo de -2,82%, o que já pode ser considerado excelente.

O código em R que resolve o problema está disponibilizado em <https://github.com/PackPublishing/Machine-Learning-with-R-Third-Edition> ou <https://github.com/dataspelunking/MLwR>.

5 Conclusões

A Inteligência Artificial está no dia a dia das pessoas. Ela pode ajudá-las a eliminar ou diminuir tarefas repetitivas e mecânicas e tornar os trabalhos mais eficazes, eficientes e efetivos. Várias aplicações da Inteligência Artificial foram apresentadas neste capítulo e um exemplo prático da predição da Resistência do Concreto com Redes Neurais Artificiais foi desenvolvido. Os resultados mostraram-se excelentes e muitas outras aplicações de Inteligência Artificial podem ser elaboradas nas diversas áreas da Engenharia.

Referências

- Doxel. 2023. «Doxel Uses AI and Robots to Track Construction Projects». https://www.youtube.com/watch?v=0369vlp_fjg.
- FERRO, MARCO AURÉLIO CHAVES. 2020. «Inteligência Artificial Aplicada à Engenharia Civil: Um Enfoque Multidisciplinar». Em. <https://www.even3.com.br/icobicet2020/>.
- LANTZ, BRETT. 2019. *Machine Learning with R*. PACKT Publishing.
- MELKO, A. e BOVA, R.; GOLDFARB. 2023. «Como a computação quântica desafiará a computação clássica nos negócios». <https://www.mitsloanreview.com.br/post/como-a-computacao-quantica-desafiara-a-computacao-classica-nos-negocios>.
- PEDERNEIRAS, GABRIELA. 2023. «Gêmeos Digitais». <https://www.industria40.ind.br/artigo/19798-gemeos-digitais-saiba-o-que-e>.
- PORTILHO, GABRIELA. 2023. «8 coisas que você precisa saber se quer fazer engenharia». <https://guiadoestudante.abril.com.br/orientacao-profissional/8-coisas-que-voce-precisa-saber-se-quer-fazer-engenharia/>.
- RUSSELL, s., e P. NORVIG. 2003. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson.
- SRI. 2023. «Augmented Reality Solutions for Construction Inspection». <https://www.youtube.com/watch?v=8lY4qaVvR8c>.
- STOCCHI, GUGA. 2023. «O que tem de real dentro do buzz do metaverso?» <https://mittechreview.com.br/o-que-tem-de-real-dentro-do-buzz-do-metaverso/>.
- TheB1M. 2023. «The Construction Robots are Coming». <https://www.youtube.com/watch?v=nKGGHdl3NyQ>.
- YEH, I. 1998. «Modeling of Strength of Hight-Performence Concrete Using Artificial Neural Network». *Cement and Concrete Research* 28 (2): 1797–1808.
- . 2023. «UCI Machine Learning Repository». <http://archive.ics.uci.edu/>.