**Universidade Federal de Catalão (UFCAT)**

***Faculdade de Engenharia***

***Chamada CNPq/MCTI/SEMPI Nº 56/2022 - Apoio para Estudando Elaborando TCC em Inteligência Artificial***

***Detecção de falhas em estruturas de engenharia através do uso de técnicas de aprendizado profundo***

***Dr. Wanderlei Malaquias Pereira Junior***

Resumo

Este projeto tem o objetivo de criar uma plataforma multidisciplinar educacional para aplicação de simuladores de engenharia. Inicialmente, pretende-se desenvolver sistemas computacionais que atendam cursos de engenharia nas seguintes grandes áreas: (a) Construção civil; e (b) Estruturas. Pretende-se que esse recurso computacional possa ser utilizado dentro de salas de aula inserindo assim na grade engenharia o contexto da educação 4.0 que é uma necessidade latente e atual. Para o desenvolvimento dos recursos serão empregados métodos de desenvolvimento ágil de *software*. Além de reunirmos uma equipe multidisciplinar com professores de matemática, engenharia e computação. Tal fato agrega valor ao projeto visto que os discentes (IC) participantes do projeto serão alunos com características e saberes distintos. Tal pluralidade poderá contribuir com o sucesso do projeto. Os resultados esperados do projeto são registros de softwares, artigos em periódicos de engenharia, computação e educação. Além de ser a base inicial para o desenvolvimento de um centro de computação aplicada ao ensino para áreas de engenharia no Centro-Oeste brasileiro.

**Catalão - Goiás - Brasil - 2022**

**Título:** Detecção de falhas em estruturas de engenharia através do uso de técnicas de aprendizado de máquina

**Introdução**

As patologias construtivas sempre fizeram parte do dia a dia operacional de um canteiro de obras ou de departamentos de manutenção predial, sendo que estas podem se manifestar em diversos formatos, como por exemplo, fissuras, trincas, manchas, corrosão, entre outros [[1]](https://www.zotero.org/google-docs/?huH9Cj). Em termos de aspectos patológicos a deterioração do material é um processo importante na avaliação de qualquer tipo de estrutura, visto que estes podem induzir a interrupção do uso desta estrutura ou até mesmo provocar o colapso do sistema [[2]](https://www.zotero.org/google-docs/?UfBjS1). Portanto, buscar formas de avaliar o sistema estrutural do ponto de vista da segurança do sistema perante o seu nível de deterioração é uma importante etapa no cálculo da vida útil de uma estrutura [[3]](https://www.zotero.org/google-docs/?8J3XUo).

Neste campo do conhecimento a constante evolução da computação permitiu que fossem criadas técnicas como a de avaliação estrutural por ensaios não destrutivos [[4]](https://www.zotero.org/google-docs/?uNtBHT) e visão computacional [[5]](https://www.zotero.org/google-docs/?6srDN9). Tais técnicas permitem que qualquer sistema estrutural possa ser avaliado ainda em situação de uso, de maneira eficiente e sem ocasionar nenhum tipo de dano ao material analisado. Nesta perspectiva de aplicações de técnicas computacionais na manutenção de edificações este artigo tem como foco a técnica de visão computacional para reconhecimento de padrões.

O reconhecimento de padrões é uma importante ferramenta de classificação dentro do âmbito da Inteligência Artificial. Em termos de aplicações Jain *et al.* [[6]](https://www.zotero.org/google-docs/?qaY8wk) afirma que a mesma possui as seguintes aplicações em diversos setores, são eles:

* Bio-informática: análise de seqüências do genoma;
* Mineração de dados (*data mining*);
* Classificação de documentos da Internet;
* Análise de imagens de documentos para reconhecimento de caracteres;
* Inspeção visual para automação industrial;
* Busca e classificação em base de dados multimídia;
* Reconhecimento biométrico, incluindo faces, íris ou impressões digitais;
* Sensoriamento remoto por imagens multiespectrais;
* Reconhecimento de fala.

Dentro deste vasto campo campo de aplicação este artigo tem o objetivo de trabalhar com o reconhecimento de padrões em imagens de estruturas de concreto considerando a possibilidade de fissuração na imagem analisada.

A averiguação do padrão de fissuração em uma estrutura é uma técnica que pode trazer muitas informações sobre as condições da estrutura e deve ser sempre tratada com muito critério. Portanto, identificar essa manifestação patológica e suas origens são informações essenciais para efetuar o reparo e garantir a durabilidade do elemento [[7,8]](https://www.zotero.org/google-docs/?waDt4T).

Em relação a checagem de fissuras à visão computacional surge como uma alternativa para a parte de inspeção automatizada dos sistemas estruturais. Trabalhos como o de Spencer Jr. et. al. [[9]](https://www.zotero.org/google-docs/?ZzcuOI) e Ham et al. [[10]](https://www.zotero.org/google-docs/?5ObqaK) mostram possibilidade do uso de drones para inspeções em locais de difícil acesso. Nesta perspectiva o uso de técnicas de visão computacional pode melhorar a eficiência das inspeções prediais. Estes sistemas são especialmente eficientes para detectar situações críticas de dano estrutural [[11]](https://www.zotero.org/google-docs/?sZrAFn).

Logo este artigo visa contribuir na temática de monitoramento estrutural com o desenvolvimento de sistemas computacionais inteligentes que permitirão em um futuro próximo a inspeção de uma edificação por meio de objetos autônomos, de forma que esta tarefa de inspeção possa ser realizada mais rapidamente e de maneira mais assertiva.

**Referencial Teórico**

De forma a compreender o andamento das pesquisas em monitoramento estrutural empregando a técnica de visão computacional apresenta-se o Quadro 1 que descreve os trabalhos encontrados para está pesquisa como também as técnicas empregadas e o nível de acurácia alcançado.

É possível perceber que a maioria dos trabalhos que tem como motivação a aplicação de detecção de dano em estruturas por imagem emprega técnicas de inteligência computacional como por exemplo os algoritmos genéticos no caso de problemas inversos e no caso de treinamento para detecção em novas estruturas as redes neurais convolucionais.

Trabalhos como o de Narazaki et. al. [[11]](https://www.zotero.org/google-docs/?Nrr03u), Spencer Jr. et. al. [[9]](https://www.zotero.org/google-docs/?FMNQMy) e Qiao et al. [[12]](https://www.zotero.org/google-docs/?bIrwX8) que são a base para este trabalho empregaram este método com uma acurária maior que 75% na classificação das imagens de estruturas reais.

Quadro 1 - Análise das referências encontradas para o problema monitoramento.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Referência** | **Tipo de estrutura analisada** | **Tipo de dataset** | **Técnica empregada** | **Acurácia encontrada** |
| Narazaki et. al. [[11]](https://www.zotero.org/google-docs/?7ga4xr) | Viadutos e linhas de trem | Sintético via C.G. | Rede Convolucional | Entre 73% e 85% |
| Spencer Jr. et. al. [[9]](https://www.zotero.org/google-docs/?d0mYwL) | Construções em geral | Real | LTSM convolucional | Entre 74% e 80% - fig. 22 |
| Ham et al. [[10]](https://www.zotero.org/google-docs/?Ij6CKe) | Construções em geral | Real | Segmentação de imagens | NA |
| Michael et al. [[13]](https://www.zotero.org/google-docs/?j22u91) | Construções em geral | Real | Segmentação de imagens | NA |
| Gomes e Silva [[14]](https://www.zotero.org/google-docs/?q9SkbZ) | Vigas | Simulação | Algoritmos Genéticos | NA |
| Qiao et al. [[12]](https://www.zotero.org/google-docs/?lC0EJj) | Pontes | Real | Rede Convolucional | Entre 78% e 81% |

\***C.G** - computação Gráfica, **NA** - Não se aplica

**Objetivos:**

Percebendo as potencialidades desta ferramenta computacional esse projeto de pesquisa tem como objetivo estudar a técnica de visão computacional para reconhecimento de padrões de fissuração e exposição de armaduras em placas de concreto.

Pretende-se com essa pesquisa iniciar no grupo pesquisa trabalhos relacionados a Aprendizado de Máquina. No caso relacionados a informações obtidas por meio de imagens.

**Metodologia:**

O plano de trabalho será executado de forma a se iniciar por um mapeamento sistemático de referências que permitirá ao discente obter um panorama detalhado sobre a existência de bancos de dados relacionados ao reconhecimento de padrões empregando imagens. Além disso, montar um conhecimento a respeito das técnicas de Aprendizado de Máquina, em especial as técnicas que permitem a classificação por meio de imagens.

Todo o embasamento teórico para desenvolvimento das aplicações computacionais será feito através do uso de técnicas de classificação como por exemplo a regressão Logística, KNN (K-Nearest Neighbors) e Redes Neurais Convolucionais. Para isso será empregado os algoritmos pré-existentes em bibliotecas da linguagem Python que já possuem os métodos de Aprendizado de Máquina citados anteriormente.

Tais algoritmos já tem sua aplicação consolidada no mundo da ciência de dados, portanto este trabalho visa testar a sua aplicação ao banco de dados de imagens de estruturas de concreto com, sem fissuras, com e sem exposição de armaduras.

O método de desenvolvimento dessa pesquisa exploratória será o SCRUM que é um método de trabalho aplicado em engenharia de software e que nesta pesquisa será adaptado para utilização no desenvolvimento do programa e documentação do mesmo. Tal método consiste em dividir todas as tarefas da iniciação em tarefas de curto prazo denominadas sprints e estas devem ser realizadas no período de 15 dias (cronograma definido pelo orientador que aqui é chamado de SCRUM MASTER).

Após a montagem do conjunto de dados contendo as imagens de placas de concreto com e sem fissura, o processo de Aprendizado de Máquina seguirá as seguintes etapas:

* Montagem e tratamento do banco de dados;
* Seleção dos dados de treino e teste através do emprego de validação cruzada;
* Treino com o métodos de classificação;
* Avaliação das medidas de desempenho dos modelos classificadores como a curva ROC;
* Teste dos dados e obtenção das medidas de desempenho.

Após essa montagem todo o processo tradicional, informado anteriormente, será seguido para treinamento e teste dos classificadores informados.

**Resultados Esperados:**

Com essa pesquisa espera-se avançar na aplicação de técnicas de Aprendizado de Máquina, especialmente na área de reconhecimento de padrões. Além disso, o trabalho pode possibilitar a geração de produtos científicos interessantes em revistas de engenharia.

Esta interação com um grupo de pesquisa da linha de visão computacional trará fortes contribuições para o discente da pesquisa.

**Resultados Parciais:**

Os resultados parciais desta pesquisa se resumem a avaliação dos bancos de dados encontrados na literatura de referência desta pesquisa. Basicamente os bancos constam de imagens reais e sintéticas. Por exemplo no trabalho de Spencer Jr. et. al. [[9]](https://www.zotero.org/google-docs/?djCo4c) é verificado uma série de bancos de dados de diversas regiões do mundo.

Após uma avaliação das diversas possibilidades de imagens que estavam disponíveis o banco de dado escolhido para as fissuras será o Dorafshan et al. [[15]](https://www.zotero.org/google-docs/?0aVlLQ) que contbailiza cerca de 50.000 imagens de concreto fissurado e não fissurado. Caracteristica está que será chave para classificação dos sstemas estruturais estudados nesta pesquisa. Como pretende-se desenvolver nesta pesquisa uma avaliação de exposição de barras será empregada a técnica de sintetização de imagens conforme descrito em Narazaki et. al. [6]. Para isto serão empregadas técnicas de C.G. para criação destas imagens de corrosão/exposição de armaduras.

**Referências bibliográficas:**

[[1] Giacomelli DV. Principais patologias encontradas nos prédios da UFSM executados pelo programa REUNI - Campus sede. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, 2016.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[2] Dong C-Z, Catbas FN. A review of computer vision–based structural health monitoring at local and global levels. Struct Health Monit 2021;20:692–743. https://doi.org/10.1177/1475921720935585.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[3] de Castro EK. Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado. Mestrado em Estruturas. Universidade de Brasília, 1994.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[4] Wahab A, Aziz MMA, Sam ARMohd, You KY, Bhatti AQ, Kassim KA. Review on microwave nondestructive testing techniques and its applications in concrete technology. Constr Build Mater 2019;209:135–46. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.110.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[5] Baduge SK, Thilakarathna S, Perera JS, Arashpour M, Sharafi P, Teodosio B, et al. Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. Autom Constr 2022;141:104440. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104440.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[6] Jain AK, Duin PW, Jianchang Mao. Statistical pattern recognition: a review. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell 2000;22:4–37. https://doi.org/10.1109/34.824819.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[7] ACI Committee 224, American Concrete Institute. Causes, evaluation, and repair of cracks in concrete structures. Farmington Hills, Mich.: American Concrete Institute; 2007.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[8] Frasson BJ, Pelisser F, Silva BV. Concrete crack repair analysis with metakaolin-based geopolymer cement. Rev IBRACON Estrut E Mater 2020;13:298–313. https://doi.org/10.1590/s1983-41952020000200007.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[9] Spencer BF, Hoskere V, Narazaki Y. Advances in Computer Vision-Based Civil Infrastructure Inspection and Monitoring. Engineering 2019;5:199–222. https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.11.030.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[10] Ham Y, Han KK, Lin JJ, Golparvar-Fard M. Visual monitoring of civil infrastructure systems via camera-equipped Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): a review of related works. Vis Eng 2016;4:1. https://doi.org/10.1186/s40327-015-0029-z.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[11] Narazaki Y, Hoskere V, Yoshida K, Spencer BF, Fujino Y. Synthetic environments for vision-based structural condition assessment of Japanese high-speed railway viaducts. Mech Syst Signal Process 2021;160:107850. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2021.107850.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[12] Qiao W, Ma B, Liu Q, Wu X, Li G. Computer Vision-Based Bridge Damage Detection Using Deep Convolutional Networks with Expectation Maximum Attention Module. Sensors 2021;21:824. https://doi.org/10.3390/s21030824.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[13] Michael N, Shen S, Mohta K, Mulgaonkar Y, Kumar V, Nagatani K, et al. Collaborative mapping of an earthquake-damaged building via ground and aerial robots: Collaborative Mapping of an Earthquake-Damaged Building. J Field Robot 2012;29:832–41. https://doi.org/10.1002/rob.21436.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[14] Gomes HM, Silva NRS. Some comparisons for damage detection on structures using genetic algorithms and modal sensitivity method. Appl Math Model 2008;32:2216–32. https://doi.org/10.1016/j.apm.2007.07.002.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

[[15] Dorafshan S, Thomas RJ, Maguire M. SDNET2018: An annotated image dataset for non-contact concrete crack detection using deep convolutional neural networks. Data Brief 2018;21:1664–8. https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.11.015.](https://www.zotero.org/google-docs/?i5Q5TY)

**Cronograma:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Item** | **Mês** | | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** |
| **1** | **X** | **X** | **X** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2** |  | **X** | **X** | **X** | **X** |  |  |  |  |  |  |  |
| **3** |  |  |  | **X** | **X** |  |  |  |  |  |  |  |
| **4** |  |  |  |  | **X** | **X** |  |  |  |  |  |  |
| **5** |  |  |  |  |  |  | **X** | **X** |  |  |  |  |
| **6** |  |  |  |  |  |  | **X** | **X** | **X** |  |  |  |
| **7** |  |  |  |  |  |  |  | **X** | **X** | **X** |  |  |
| **8** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **X** | **X** | **X** |

Atividades:

**1 -** Mapeamento sistemático dos bancos de dados relacionados a reconhecimento de padrões;

**2 -** Estudo dos modelos de Aprendizado de Máquina para classificação;

**3 -** Redação da teoria empregada das técnicas de IA;

**4 -** Tratamento do banco de dados, limpeza e estudo estatístico do banco;

**5 -** Criação do algoritmo para análise do banco de dados utilizando a biblioteca scikit-learn;

**6 -** Elaboração das rotinas de testes com os algoritmos classificadores;

**7 -** Testes e análise dos resultados;

**8 -** Considerações finais e redação final do relatório de pesquisa.