

Desenvolvimento de Algoritmos com Processamento de Imagens
para Sistema de Monitoramento da Cultura de Trigo com Objetivo
de Colaborar no Monitoramento do Crescimento Vegetal e
Identificação de Pragas
GCSP-IMT

ottock@outlook.com ; 22.00571-4@maua.br

Pesquisa prévia

Índice:

1. Processamento de Imagens Aplicado à Ultrassonografia Vascular com Doppler – Auxílio aos Procedimentos de Exame em Carótidas;
2. Detecção e Medição do Crescimento de Plantação por Processamento de Imagens - Uma Aplicação Integrada ao Smart Campus e à Horta Automatizada do IMT;
3. Pesquisa Prévia;
4. Referência Bibliográfica;

1 - Processamento de Imagens Aplicado à Ultrassonografia Vascular com Doppler – Auxílio aos Procedimentos de Exame em Carótidas.

O trabalho a seguir demonstra um exemplo de integração de software na área da medicina, com o objetivo de desenvolver um sistema habilitado de auxiliar em exames de ultrassonografia vascular.

Na pesquisa feita por Jonatan Marques dos Santos & César Abraham Flores Cisneros Filho & Pedro Henrique Palauro (2020), utilizou-se diversas implementações, tais como Machine Learning (Aprendizado de Máquina), técnicas de reconhecimento de imagem, big data e redes neurais. No Trabalho de Conclusão de Curso, se utilizou primordialmente o processamento digital de imagens (PDI) com bibliotecas Python como a OpenCV (Open Source Computer Vision Library), o PyTesseract com a ferramenta mais utilizada, o OCR (Optical Character Recognition) e o PyQt5. Além também de que, usar conceitos técnicos como o efeito Doppler e a criação de uma interface gráfica utilizando o QtDesigner. Os processos feitos com tratamento de imagem necessitam de seis regiões de interesse (ROI – Region of interest) para realizar as inevitáveis análises. O processo de diagnóstico automatizado foi feito com a

ferramenta Network/Data manager com o software MatLab, onde cada diagnostico foi feito separadamente para as carótidas direita e esquerda.

O trabalho se destacou em desenvolver e integrar o software no auxílio de diagnósticos para manter a quantidade e qualidade proporcionais. Além de reajustar os dados coletados, o software gera uma pasta com o paciente e contém todas as informações coletadas do exame feito juntamente com um laudo para os especialistas.

- Ferramentas:
 - Linguagem Python;
 - OpenCV;
 - OpenCV - (Open Source Computer Vision Library): Filtrar e reconhecer objetos.
 - Pytesseract;
 - PyTesseract - OCR (Optical Character Recognition): Extrair caracteres de imagens.
 - PyQt5;
 - PyQt5: Associar as variáveis internas do software aos objetos contidos na interface gráfica.
 - Efeito Doppler;
 - QtDesigner.

2 - Detecção e Medição do Crescimento de Plantação por Processamento de Imagens - Uma Aplicação Integrada ao Smart Campus e à Horta Automatizada do IMT

A pesquisa a seguir feita pela equipe Ricardo Banci & Fernando de Almeida Martins & Rogério Cassares Pires & Alessandra Dutra Coelho & Wânderson de Oliveira Assis (2023) tem foco na crescente relevância da inteligência artificial (IA) e no processamento computacional na área da agricultura. Relata também o uso de *dashboards* do *Smart Campus* da própria Mauá no monitoramento do crescimento das plantas. O objetivo do seguinte projeto é o de capturar imagens da horta em questão com o protocolo *RTSP (Real-Time Streaming)*, analisar essas capturas por meio do *YOLOv8* e disponibilizar tais dados a partir de uma *API (Application Programming Interface)* para no final, gerar soluções inteligentes para a situação.

Na iniciação a seguir, se utiliza o método de visão computacional *YOLOv8* e estuda maneiras eficazes de utilizar o projeto *SmartCampus*. Na realização do projeto, foram adquiridas imagens em tempo real da horta que a partir delas, devem ser processadas com o uso do *YOLOv8*. Houve também uma série de treinamentos do *YOLOv8* com o uso de *dataset* na plataforma Roboflow. Com o uso da Inteligência artificial na captação de imagem e identificação de cada planta, apresentou-se um desafio devido a sobreposição de plantas na imagem.

Este projeto possui um grande potencial na agricultura e no futuro projeto que será desenvolvido, já que a implementação de Inteligência Artificial e a captura de imagens servira de grande inspiração para o desenvolvimento do futuro projeto em questão.

- Ferramentas:
 - Protocolo RTSP (*Real-Time Streaming*);
 - Yolov8;
 - LoRaWAN (*Long Ranged Wide Area Network*);
 - IoU (*Intersection over Union*).
- Pontos positivos:
 - Visão computacional;
 - Uso de *dataset* como forma de treinamento da máquina.
- Diferencial do futuro trabalho:
 - Procurar uma nova forma de otimizar a maneira da Inteligência Artificial de captar plantas sem o risco de sofrer sobreposição com outras,

3 – Futuro Projeto

3.1 - Resumo do Tema

Em diversos tipos de cultura, incluindo a cultura do trigo, o monitoramento de variáveis ambientais às quais as plantas e o solo estão submetidos pode contribuir para melhorar a produtividade e a qualidade da colheita. Afinal, com a adequada coleta e tratamento dos dados do sistema obtidos por sensores além de imagens capturadas em tempo real é possível avaliar indicativos relativos às condições atmosféricas, o uso de recursos (como água, fertilizantes e nutrientes) e seu impacto na produção. Adicionalmente, com o uso de sensores e recursos tecnológicos torna-se factível a implementação de estratégias para o controle do processo de irrigação, o monitoramento do crescimento das plantas, o controle de dosagem de nutrientes e fertilizantes, o monitoramento e controle de pragas, além de proporcionar outros benefícios resultantes do emprego dessas tecnologias na automação dos processos. Assim, com a introdução da conectividade na agricultura, espera-se que a coleta de dados e imagens em tempo real e o acesso a esses dados de forma remota, possam contribuir para a assertividade e agilidade na tomada de decisões pelo produtor rural, resultando em melhor eficiência, produtividade, redução de custos e sustentabilidade.

Palavras Chave: Internet das Coisas (IoT), Agricultura de Precisão, Processamento de Imagens, *Machine Learning*.

3.2 – Pesquisa

A expressão Internet das coisas (IoT) foi criada no ano de 1999 por Kevin Ashton, pesquisador britânico do Massachusetts Institute of Technology (MIT) (Luís G. Maschietto; Anderson L. N. Vieira; Fernando E. Torres; et al. 2021). Esse termo é uma referência a habilidade de diferentes

tipos de objetos conseguirem estabelecer conexões com a internet. Em poucas palavras, coletar e transmitir dados a partir da nuvem.

Atualmente, é possível encontrar diversos dispositivos IoT sendo utilizados em situações comuns na vida diária e até mesmo no âmbito profissional para engenheiros de diversas áreas. Existem inúmeras maneiras para a implementação dessa tecnologia na área da agricultura, desde a coleta de dados por meio de sensores agrícolas inteligentes até mesmo na maximização de quantidade e qualidade do produto.

Para o seguinte projeto, serão aplicados equipamentos de IoT e o uso de várias estratégias com o uso de sensores e câmeras com coleta de imagens digitais para a verificação do crescimento de plantas e da proteção de possíveis pragas. Sabendo seus usos e aplicações não é o suficiente, basta saber também o tipo de hardware e de software a ser utilizado, juntamente com o seu protocolo.

3.2.1 - Protocolo LoRaWAN™

O protocolo a ser utilizado no projeto em questão será o LoRaWAN™ (*Long Range Wide Area Network*). Este protocolo define a arquitetura do sistema bem como os parâmetros de comunicação usando a tecnologia LoRa.

Esta norma implementa os detalhes de funcionamento, segurança, qualidade de serviço, ajuste de potência visando maximizar a duração da bateria dos módulos e dos tipos de aplicações tanto do lado do módulo quanto em questão de servidor.

Abaixo, há uma visão simplificada da arquitetura da rede representada exibida pela Figura 1:

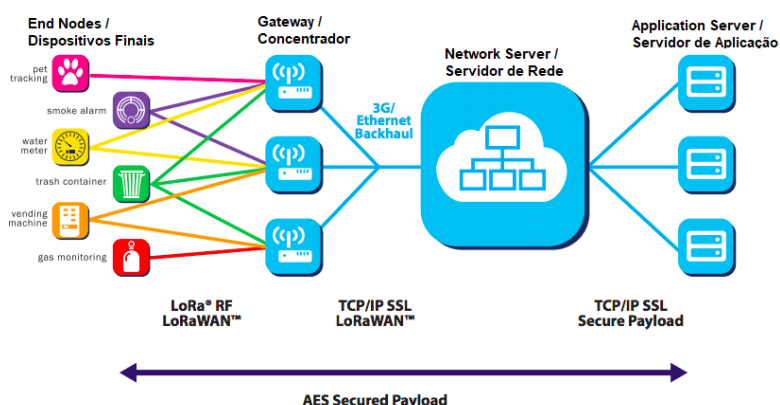


Figura 1 – Representação da arquitetura de rede do protocolo LoRaWAN™ (Paulo Roberto Oliveira Valim, 2020)

Com a representação a seguir em mente, deve-se entender o que cada parte representa e suas aplicações:

1. Módulos: São os elementos básicos da rede, como por exemplo, sensores de temperatura, movimento e leitores de consumo de energia.
2. Gateways: Os elementos de conexão entre os módulos e os servidores de rede. Utilizando um *gateway*, ele pode receber milhares de dados de inúmeros dispositivos e enviá-los para o servidor de rede
3. Servidores de rede: Estes servidores são encarregados pelo gerenciamento das informações enviadas pelos gateways.
4. Servidores de aplicações: Este tipo de servidores são programas específicos que recebem os pacotes dos servidores de rede e de acordo com a informação executam ações específicas.
5. Segurança dos dados: Para garantir a segurança dos dados encaminhados, existem dois níveis de segurança, segurança para informação e na transmissão dos dados.

3.2.2 - Etapas da vida do Trigo

A triticultura, mas conhecida como a plantação de trigo, desempenha um papel importante na alimentação mundial. No Brasil, devido ao estrondoso aumento da demanda, a área de produção do cultivo do trigo tem apresentado um pequeno aumento.

Entretanto, para alcançar altas produtividades, deve-se compreender as etapas do processo produtivo e do ciclo de vida do trigo.

O trigo é um cereal que apresenta como principal característica o perfilhamento, com capacidade de produzir grãos. Os perfilhos vem de ramos laterais, que se desenvolvem e reproduzem de forma idêntica ao colmo principal. A Figura 2 mostra de maneira simplificada e informativa o trigo.

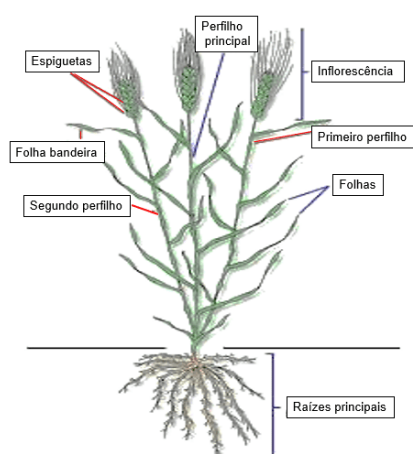


Figura 2 – Exemplo de uma planta de trigo (João Leonardo Corte Baptistella, 2020)

O ciclo de vida do trigo é dividido em diferentes etapas, mas as formas principais do seu desenvolvimento são 7 etapas (João Leonardo Corte Baptistella, 2020):

1ª - Preparação do Solo e Semeadura:

Antes do plantio, o solo é preparado através de aração e nivelamento. A semeadura ocorre geralmente no outono, onde as sementes de trigo são plantadas no solo em sulcos adequados.

2ª - Germinação e Emergência:

Após a semeadura, as sementes absorvem água do solo e germinam, emergindo como plântulas. As raízes começam a se estabelecer no solo, e as folhas começam a surgir da superfície.

3ª - Desenvolvimento Vegetativo:

Durante esta fase, a planta de trigo continua a crescer em altura e volume. A formação de perfilhos laterais aumenta a densidade da planta.

4ª - Formação da Espiga:

A planta desenvolve a espiga onde ocorrerá a produção de grãos. As folhas superiores começam a se dobrar para formar a bainha da espiga.

5ª - Floração e Polinização:

Durante a floração, as anteras liberam o pólen que fertiliza os estigmas. Este é um estágio crucial para determinar o potencial de produção de grãos.

6ª - Enchimento dos Grãos:

Após a polinização, os grãos começam a se desenvolver e a acumular amido. A planta requer nutrientes adequados e água para garantir um enchimento completo dos grãos.

7ª - Maturação e Colheita:

A planta atinge a maturidade quando os grãos estão completamente desenvolvidos. As folhas e caules começam a secar, indicando que a planta está pronta para a colheita.

O trigo é uma cultura que pode ser produzida em regiões tropicais e subtropicais. Para alcançar altas produtividades, a umidade do ar ideal para cultivar o trigo é de 70%.

Isso porque umidades muito elevadas podem causar danos fitossanitários, influenciando diretamente no rendimento dos grãos. A alta umidade também não é bem-vinda durante o plantio do trigo.

Para a emergência do trigo, temperaturas do solo entre 15 °C e 20 °C são favoráveis. As temperaturas acima de 26 °C podem ser prejudiciais para o estabelecimento da cultura (João Leonardo Corte Baptistella, 2020).

Sabendo então do ciclo de vida do trigo e seus potenciais invasores, a situação que foi nos dada fica mais controlada, porém, deve-se criar uma forma para lidar com essas possíveis pragas e monitorar a saúde da plantação.

Condições como umidade, temperatura e chuva durante todo o ciclo da cultura também refletem diretamente na qualidade do grão.

3.2.3 Ocorrência de pragas na agricultura de trigo

A cultura do trigo tem extrema relevância global devido à sua forte demanda, sendo considerado uma matéria-prima base. E, como toda cultura agrícola, existem certas doenças e pragas que podem prejudicar a sua produção.

As pragas do trigo variam dependendo da região que a plantação se localiza (João Leonardo Corte Baptistella, 2020), entretanto, de forma generalizada, as principais ameaças são:

1. Pulgões;
2. Lagarta-do-trigo;
3. Lagarta-militar;
4. Percevejos;
5. Corós;
6. Gorgulhos;

Estes são insetos-pragas que acometem a cultura de forma geral, desde a implantação no campo até o seu armazenamento. A seguir, haverá imagens que demonstram a aparência dessas espécies de insetos-pragas e suas características:

Pulgões:

Pulgões são pequenos insetos que tem em sua alimentação a seiva das plantas de trigo. Eles sugam por meio das folhas, caules e espigas, enfraquecendo as plantas e podendo transmitir doenças virais. Uma infestação severa de pulgões pode resultar em folhas amareladas, enroladas ou murchas, além de reduzir o crescimento e a produção dos grãos.

Lagarta-do-trigo:

Este tipo de praga é a larva de diversas espécies de mariposas que se alimenta das folhas, colmos e espigas do trigo. Elas causam danos significativos, podendo até mesmo consumir grandes porções das folhas e cortar os colmos, levando ao tombamento das plantas e à redução de seu rendimento.

Lagarta-militar:

A lagarta-militar, também conhecida como "*Spodoptera frugiperda*", é uma praga polífaga que ataca várias culturas, incluindo o trigo. As larvas se alimentam das folhas e colmos do trigo, podendo causar danos extensos, especialmente em estágios iniciais de crescimento da planta.

Percevejos:

Os percevejos são insetos que se alimentam sugando a seiva das plantas de trigo. Eles perfuram os tecidos das folhas, colmos e espigas, causando danos diretos e indiretos que incluem descoloração, deformação e redução na produção de grãos.

Corós:

Os corós são larvas de besouros que se alimentam das raízes e partes subterrâneas das plantas de trigo. Eles podem prejudicar o sistema radicular da planta, comprometendo sua capacidade de absorver água e nutrientes do solo, levando ao enfraquecimento e redução do rendimento.

Gorgulhos:

Os gorgulhos (Figura 8) são pequenos insetos que podem infestar grãos armazenados de trigo. As fêmeas depositam seus ovos nos grãos, e as larvas se desenvolvem dentro deles, causando danos aos grãos e diminuindo sua qualidade e valor comercial.

Essas informações oferecem uma visão geral das pragas mencionadas e seus impactos nas plantações de trigo. Elas podem variar de acordo com a região, variedade de trigo e condições ambientais. A identificação e a implementação de medidas de controle adequadas são essenciais para minimizar os danos causados por essas pragas.

3.2.4 Monitoramento com LoRaWAN

Passando agora para a implementação de algoritmos e técnicas para implementar estratégias com o objetivo de coletar e processar imagens digitais da lavoura em estudo, com aplicação de programas de inteligência artificial (IA) e *machine learning* (ML). Aqui estão algumas abordagens e tecnologias relevantes para essa finalidade:

Sensores de Imagem com Transmissão LoRaWAN (Detecção e Medição do Crescimento de Plantação por Processamento de Imagens - Uma Aplicação Integrada ao Smart Campus e à Horta Automatizada do IMT):

Desenvolvimento de dispositivos de captura de imagem baseados em microcontroladores ou microprocessadores embarcados, com capacidade de transmissão de dados via LoRaWAN. Integração de câmeras de baixo consumo e sensores de imagem com esses dispositivos para capturar e enviar imagens para uma estação base ou *gateway* LoRaWAN.

Algoritmos Embarcados para Processamento de Imagens (Normalização dos equipamentos e das técnicas para a realização de exames de ultra-sonografia vascular. Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2004):

Implementação de algoritmos de processamento de imagens diretamente nos dispositivos embarcados, utilizando bibliotecas como OpenCV otimizadas para ambientes de baixo consumo de energia e recursos limitados. Algoritmos de pré-processamento de imagem para redução de ruído, aumento de contraste e realce de características relevantes antes da transmissão dos dados pela rede LoRaWAN.

Aplicações de Inteligência Artificial e Machine Learning (Detecção e Medição do Crescimento de Plantação por Processamento de Imagens - Uma Aplicação Integrada ao Smart Campus e à Horta Automatizada do IMT):

Desenvolvimento de modelos de machine learning otimizados para execução em dispositivos embarcados, com foco em tarefas como identificação de padrões, segmentação de objetos, detecção de contornos e medição de dimensões. Utilização de redes neurais convulsionais (CNNs) e outras arquiteturas de *deep learning* adaptadas para ambientes de baixa potência e processamento distribuído.

Integração com Plataformas de Gerenciamento de Dados (Normatização dos equipamentos e das técnicas para a realização de exames de ultra-sonografia vascular. Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2004):

Implementação de sistemas de gerenciamento de dados na nuvem ou em servidores locais para receber, armazenar e processar os dados de imagem transmitidos pela rede LoRaWAN. Desenvolvimento de interfaces de usuário e painéis de controle para visualização e análise dos dados coletados, permitindo a tomada de decisões baseadas em informações em tempo real.

Essas soluções e tecnologias fornecem uma base sólida para a implementação de sistemas embarcados capazes de coletar, processar e analisar imagens digitais em tempo real, abrindo caminho para uma ampla gama de aplicações em diversos setores agrícolas.

3.2.5 Considerações finais

Contudo, pode-se concluir que o projeto em desenvolvimento se baseia, principalmente, na compreensão do ciclo de vida do trigo, suas ameaças e ferramentas da Internet das Coisas (IoT) que podem servir como forma de interpretar dados reais, como condições climáticas, umidade do solo, incidência de pragas e doenças, entre outros.

A utilização de dispositivos IoT, como sensores de temperatura, umidade e câmeras de monitoramento, permite a coleta contínua de informações relevantes no campo. Esses dados, quando combinados com algoritmos de análise e processamento, possibilitam a tomada de decisões mais precisas e ágeis no manejo da cultura, como a aplicação direcionada de defensivos agrícolas, otimização da irrigação e prevenção de perdas devido a fatores ambientais adversos.

Dessa forma, a integração da compreensão do ciclo de vida do trigo com tecnologias IoT representa uma abordagem inovadora e promissora para aumentar a eficiência e a produtividade na agricultura moderna.

4 - Referências Bibliográficas:

Belém, L. H. J., Nogueira, A. C. S., Schettino, C. D., Barros, M. V. L., Alcantara, M. L., Studart, P. C. C., Araujo, P. P., Amaral, S. I., Barretto, S., & Guimarães, J. I. (2004). Normatização dos equipamentos e das técnicas para a realização de exames de ultra-sonografia vascular.

Sociedade Brasileira de Cardiologia. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2004001200001

Banci, R., Martinis, A. F., Pires, C. R., Coelho, D. A., & Assis, O. W. (n.d.). Detecção e Medição do Crescimento de Plantação por Processamento de Imagens - Uma Aplicação Integrada ao Smart Campus e à Horta Automatizada do IMT. Disponível em: <https://maua.br/files/banci-martins-1702303589.pdf>

Maschietto, Luís G., et al. (2021). Arquitetura e Infraestrutura de IoT. Minha Biblioteca, Grupo A. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786556901947/pages/recent>

Cunha, Lucas, & Valim, Paulo. (2020). Rede de Sensores Sem Fio para Monitoramento de Variáveis de Ambiente. 10.14210/cotb.v11n1.p007-009. Disponível em:

<https://periodicos.univali.br/index.php/acotb/article/view/16714/9444>

Baptistella, Corte. Leonardo. João., et al. Trigo: o que você precisa saber sobre a produção da cultura. Disponível em: [https://blog.aegro.com.br/trigo/#:~:text=Adaptado%20de%20Conab\)-,Quando%20tempo%20dura%20o%20ciclo%20do%20trigo,uma%20faixa%20ideal%20de%20temperatura](https://blog.aegro.com.br/trigo/#:~:text=Adaptado%20de%20Conab)-,Quando%20tempo%20dura%20o%20ciclo%20do%20trigo,uma%20faixa%20ideal%20de%20temperatura)

Matioli, Thaís, Fagundes., et al. Quais são as principais pragas do trigo e como combatê-las.

Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/pragas-do-trigo/>