

# Extração de linhas georreferenciadas para Agricultura de Precisão

1<sup>st</sup> André Luiz da Silva Conde

Instituto Federal de São Paulo (IFSP)

Birigui, Brasil

andre.conde@aluno.ifsp.edu.br

2<sup>nd</sup> Higor Grigorio dos Santos

Instituto Federal de São Paulo (IFSP)

Birigui, Brasil

higor.santos@aluno.ifsp.edu.br

3<sup>rd</sup> Raul Prado Dantas

Instituto Federal de São Paulo (IFSP)

Birigui, Brasil

r.dantas@aluno.ifsp.edu.br

**Abstract**—This document is a model and instructions for L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. This and the IEEEtran.cls file define the components of your paper [title, text, heads, etc.]. \*CRITICAL: Do Not Use Symbols, Special Characters, Footnotes, or Math in Paper Title or Abstract.

**Index Terms**—component, formatting, style, styling, insert

## I. INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade fundamental para a humanidade, sendo responsável pelo desenvolvimento de diversas civilizações e pela produção de alimentos. No Brasil, a agricultura tem evoluído significativamente, contribuindo com uma grande parcela do PIB e das exportações do país [6].

Com o avanço da tecnologia, a agricultura de precisão surgiu como uma forma de otimizar a produção e minimizar os custos e impactos ambientais. Essa abordagem utiliza tecnologias de georreferenciamento, como o GPS, e técnicas de automação, como drones e maquinário agrícola automatizado.

No entanto, um dos principais desafios enfrentados pela agricultura de precisão é a obtenção de dados de georreferenciamento de áreas de interesse em imagens de campos agrícolas. Atualmente, esse processo é realizado manualmente, o que consome tempo significativo e requer mão de obra especializada.

Este trabalho propõe uma solução para esse problema através da utilização de técnicas de processamento de imagens e inteligência artificial. A ideia é desenvolver uma solução automatizada para o georreferenciamento de imagens agrícolas, a fim de melhorar a eficiência, a precisão e a escalabilidade deste processo crucial.

Em resumo, este trabalho apresenta uma contribuição significativa para o avanço do conhecimento na área de IA aplicada à geografia, na área de processamento digital de imagens e para o desenvolvimento de novas ferramentas e aplicações que possam auxiliar os usuários em suas necessidades geográficas. Através da exploração e marcação geográfica automatizada, espera-se melhorar a eficiência e a precisão da agricultura de precisão.

## II. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

O Processamento Digital de Imagens é uma área de estudo que se concentra na manipulação e análise de imagens digitais para melhorar a qualidade ou extrair informações úteis, sendo um conjunto de técnicas computacionais voltadas

para a análise de dados multidimensionais, como imagens que possuem conjuntos de valores numéricos representados em duas ou mais dimensões. Esses dados são adquiridos por sensores orbitais e suborbitais, normalmente embarcados em satélites, ônibus espacial, aviões, balões, drones, ou por dispositivos mais comuns, por exemplo câmeras de celulares.

[5], afirma que o PDI envolve a manipulação de uma imagem (ou dado) por computador, de tal maneira que a entrada e a saída do processo são imagens, tendo como objetivo principal melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais, de tal maneira que o analista consiga melhor interpretar, classificar e tomar decisões com base nos dados existentes na imagem.

Suas técnicas podem ser aplicadas praticamente a toda e qualquer informação gerada via sensoriamento remoto. Seja a mesma obtida de maneira orbital, sub-orbital ou terrestre. Aplicações do PDI incluem áreas como: A análise de recursos naturais e meteorologia por meio de imagens de satélites; A transmissão digital de sinais de televisão ou *fac-símile*; A análise de imagens biomédicas; A análise de imagens metalográficas e de fibras vegetais; A obtenção de imagens médicas por ultra-som, radiação nuclear ou técnicas de tomografia computadorizada; Aplicações em automação industrial envolvendo o uso de sensores visuais em robôs.

É possível dividir o PDI em 3 etapas: Pré-processamento; Realce e; Classificação de imagens.

### A. Pré Processamento

De acordo com [5], o pré-processamento de imagens digitais é uma etapa de fundamental importância para a obtenção de resultados satisfatórios em qualquer aplicação de processamento de imagens. O pré-processamento é uma etapa de preparação da imagem para as etapas seguintes, que podem ser de segmentação, classificação, reconhecimento, etc. O pré-processamento pode ser dividido em duas etapas: aquisição e melhoria da qualidade da imagem.

1) *Aquisição*: A aquisição de imagens é a primeira etapa do pré-processamento, e é responsável pela obtenção da imagem a ser processada, podendo ser feita por meio de digitalizadores, câmeras digitais, satélites, etc. A qualidade da imagem obtida depende diretamente do equipamento utilizado para a aquisição. Aquisição de imagens é uma etapa

fundamental, pois a qualidade da imagem obtida influencia diretamente na qualidade do resultado do processamento.

2) *Melhoria da qualidade*: A melhoria da qualidade da imagem é a segunda etapa do pré-processamento, e é responsável por realçar a qualidade da imagem obtida na etapa anterior. A melhoria da qualidade da imagem pode ser feita por meio de técnicas de filtragem, que podem ser de dois tipos: filtragem espacial e filtragem em frequência.

3) *Filtragem*: A filtragem é uma técnica de processamento de imagens que visa melhorar a qualidade da imagem por meio da remoção de ruídos e/ou realce de detalhes. A filtragem pode ser feita no domínio espacial ou no domínio da frequência. A filtragem espacial é feita por meio de máscaras de convolução, matrizes de números que são aplicadas sobre a imagem, enquanto, filtragem em frequência é feita por meio da transformada de Fourier, que transforma a imagem do domínio espacial para o domínio da frequência, onde a filtragem é feita, e depois a imagem é transformada novamente para o domínio espacial.

4) *Realce das Bordas*: O realce das bordas é uma técnica de processamento de imagens que visa realçar as bordas da imagem, de modo que as bordas fiquem mais visíveis. Este método é realizado por meio de máscaras de convolução, como a máscara de Sobel, Laplace e Roberts. O realce das bordas é uma técnica de filtragem espacial.

5) *Binarização*: A Binarização é uma técnica de processamento de imagens que visa transformar uma imagem em uma imagem binária, ou seja, uma imagem que possui apenas dois níveis de intensidade, preto e branco. A Binarização é feita por meio de um limiar, sendo um valor que determina se o *pixel* será preto ou branco. Se o valor do *pixel* for maior que o limiar, o *pixel* será branco, caso contrário, o *pixel* será preto.

6) *Redimensionamento*: O redimensionamento é uma técnica de processamento de imagens que visa alterar o tamanho da imagem. O redimensionamento pode ser feito por meio de interpolação, uma técnica que visa estimar o valor de um pixel a partir dos valores dos pixels vizinhos, sendo feita por meio de uma função de interpolação, que é uma função que mapeia o valor do pixel para um novo valor. O redimensionamento pode ser feito por meio de interpolações, como linear, bilinear ou bicúbica.

7) *Correções Geométricas*: A correção geométrica é uma etapa do pré-processamento que visa corrigir distorções geométricas presentes na imagem. A correção geométrica é feita por meio de pontos de controle, pontos de referência que possuem coordenadas conhecidas. A correção geométrica é feita por meio de transformações geométricas, transformações que alteram a posição dos *pixels* da imagem. As transformações geométricas mais utilizadas são: translação, rotação, escala, cisalhamento, etc.

8) *Normalização*: A normalização é uma técnica de processamento de imagens que visa alterar o intervalo de intensidade dos *pixels* da imagem. A normalização é feita por meio de uma função de normalização, uma função que mapeia o intervalo de intensidade original para um novo intervalo de intensidade.

## B. Realce

O objetivo principal das técnicas de realce é processar uma imagem, de modo que a imagem resultante seja mais adequada para uma aplicação específica. [4] afirma a importância da ênfase na palavra *específica*, pois uma imagem pode ser melhorada para uma aplicação, mas para outra aplicação, a imagem pode não ser adequada. Por exemplo, uma imagem pode ser melhorada para uma aplicação de detecção de bordas, mas para uma aplicação de detecção de textura, a imagem pode não ser adequada.

As abordagens de realce podem ser divididas em duas categorias: realce no domínio espacial e realce no domínio da frequência. O domínio espacial refere-se ao próprio plano da imagem, logo as abordagens referentes a esse domínio são aplicadas diretamente sobre os pixels da imagem. Técnicas abordadas no domínio da frequência são aplicadas sobre a transformada de *Fourier* da imagem, sendo necessário realizar a transformada de *Fourier* da imagem, aplicar a técnica e depois realizar a transformada inversa de *Fourier*.

1) *Realce por Processamento Ponto a Ponto*: Técnicas de realce mais comuns são baseadas em processamento ponto-a-ponto (pixel a pixel), essa operação é caracterizada por uma função matemática aplicada a cada pixel da imagem, de modo que o valor do pixel resultante seja uma função do valor do pixel original, independente dos valores dos pixels vizinhos.

Um exemplo de realce ponto-a-ponto é a transformação de intensidade negativa. Negativos de imagens são úteis em aplicações de microscopia, onde a imagem é obtida por meio de um processo de revelação, e a imagem resultante é uma imagem negativa. O negativo de uma imagem é obtido por meio da negação do valor do pixel, ou seja, o valor do pixel resultante é igual ao valor máximo de intensidade menos o valor do pixel original. A ideia é reverter a imagem, de modo que os pixels mais escuros fiquem mais claros e os pixels mais claros fiquem mais escuros.

$$g(x, y) = L - 1 - f(x, y) \quad (1)$$

onde  $L$  é o valor máximo de intensidade e  $f(x, y)$  é o valor do pixel original.

2) *Compressão da Escala Dinâmica*: A compressão de escala dinâmica é uma técnica de realce que visa melhorar o contraste da imagem, de modo que a imagem resultante possua um contraste melhor. A compressão de escala dinâmica é feita por meio de uma função que mapeia o intervalo de intensidade original para um novo intervalo de intensidade. De acordo com [4], uma alternativa eficiente para comprimir a escala dinâmica de uma imagem é a transformação logarítmica, dada por:

$$s = c \cdot \log(1 + |r|) \quad (2)$$

onde  $r$  é o valor do pixel original,  $s$  é o valor do pixel resultante e  $c$  é uma constante que controla a amplitude da transformação.

### C. Realce no Domínio da Frequência

A ideia central do processamento no domínio da frequência é que certas operações, como filtragem, podem ser realizadas mais facilmente ou de forma mais intuitiva no domínio da frequência do que no domínio espacial. [4]

Inicialmente, a imagem é convertida do domínio espacial para o domínio da frequência usando a Transformada de Fourier, em imagens, normalmente é usada a Transformada de Fourier 2D.

No domínio da frequência, a imagem representada por suas frequências é multiplicada por um filtro. Essa multiplicação tem o efeito de "passar" ou "bloquear" certas frequências.

Por fim, a imagem modificada é convertida de volta ao domínio espacial usando a Transformada Inversa de Fourier, produzindo a imagem final realçada.

Para a realização das filtrações temos os seguintes filtros:

- **Passa-Baixa:** Ao usar um filtro passa-baixa, as bordas e outras transições abruptas, como o ruído, nos níveis de cinza de uma imagem, contribuem fortemente para o conteúdo de alta frequência da transformada de Fourier.
- **Passa-Alta:** Usando um filtro passa-alta, as bordas e contornos são mantidas, e em alguns casos realçando-as com alguns filtros, enquanto as componentes de baixa frequência são rejeitadas.
- **Homomórfica:** A filtragem homomórfica pode ser utilizada para comprimir o intervalo de iluminação e realizar o realce de contraste simultaneamente, resultando em uma imagem com evidente melhorias de aparência.

### D. Operações de Processamento

As operações de processamento de imagens desempenham um papel crucial na manipulação e melhoria da qualidade das imagens digitais. Estas operações envolvem uma série de técnicas e métodos que visam modificar características específicas da imagem para atender a requisitos específicos. Abaixo, destacam-se algumas das operações de processamento de imagens mais relevantes:

1) *Equalização de Histograma:* A equalização de histograma é uma técnica comumente utilizada para melhorar o contraste em imagens. Essa operação redistribui as intensidades dos pixels na imagem, de modo que a gama completa de intensidades seja mais bem aproveitada. Isso resulta em uma imagem com um espectro mais equilibrado de cores, o que pode ser benéfico para diversas aplicações, como reconhecimento de padrões e análise de texturas.

2) *Filtros de Suavização:* Os filtros de suavização são utilizados para reduzir o ruído e as imperfeições de uma imagem, tornando-a mais homogênea. Estes filtros incluem técnicas como a média, a mediana e a filtragem gaussiana. A aplicação de filtros de suavização é especialmente útil em imagens que possuem distorções devido a condições adversas, como iluminação inadequada ou interferência de sinal.

3) *Transformações Logarítmicas e Exponenciais:* As transformações logarítmicas e exponenciais são utilizadas para comprimir ou expandir a escala de intensidade de uma imagem. A transformação logarítmica é frequentemente utilizada

para realçar detalhes em áreas de baixa intensidade, enquanto a transformação exponencial pode ser empregada para realçar áreas de alta intensidade. Essas transformações são valiosas em situações onde certos detalhes necessitam de maior ênfase.

4) *Filtragem de Frequência:* A filtragem de frequência no domínio espacial visa realçar ou atenuar componentes de alta ou baixa frequência em uma imagem. Essa operação é frequentemente realizada por meio da aplicação de máscaras de convolução, que enfatizam ou suprimem determinadas características. A filtragem de frequência é útil em diversas aplicações, como a remoção de ruídos específicos ou o destaque de detalhes importantes.

5) *Transformação de Cores:* A transformação de cores refere-se à manipulação das componentes de cor em uma imagem. Pode incluir ajustes no equilíbrio de cores, saturação, intensidade, entre outros. Essas operações são valiosas para corrigir distorções de cor e garantir uma representação mais precisa da cena.

### E. Segmentação de Imagens

A segmentação de imagens é uma tarefa de PDI que tem como objetivo a identificação de regiões de interesse em uma imagem, sendo capaz de separar a imagem em regiões, que podem ser utilizadas para a extração de características, para a classificação de imagens, entre outras tarefas.

A segmentação de imagens é uma tarefa de grande importância para o PDI, sendo utilizada em diversas áreas, como a medicina, a astronomia, a agricultura, entre outras. Na medicina é utilizada para a identificação de tumores, na astronomia é utilizada para a identificação de estrelas, na agricultura é utilizada para a identificação de plantas daninhas, entre outras aplicações.

Neste trabalho, a segmentação de imagens será utilizada para a identificação do traçado de maquinário agrícola, para a extração das coordenadas geográficas, para o uso em equipamentos de agricultura de precisão.

A segmentação de imagem será realizada através do uso de redes neurais convolucionais, que são redes neurais artificiais especializadas no processamento de imagens, sendo capazes de realizar a segmentação de imagens, a classificação de imagens, entre outras tarefas.

## III. METODOLOGIA

Neste capítulo, será apresentada a metodologia utilizada para desenvolver a solução proposta. O processo de georreferenciamento automatizado de imagens agrícolas envolverá diversas etapas, desde a aquisição das imagens até a extração e aplicação das coordenadas geográficas. A seguir, descrevemos as principais etapas da metodologia:

### A. Aquisição de Dados

A obtenção de imagens agrícolas é o ponto de partida do processo. Essas imagens podem ser adquiridas por meio de drones equipados com câmeras de alta resolução, satélites ou outras fontes de sensoriamento remoto. A escolha da fonte de dados dependerá das necessidades específicas do projeto,

considerando fatores como resolução espacial, cobertura da área e frequência de aquisição.

### *B. Pré-processamento das Imagens*

As imagens adquiridas passarão por um processo de pré-processamento para garantir a qualidade e uniformidade necessárias para as etapas subsequentes. Isso inclui correções geométricas, remoção de ruídos, ajustes de contraste e brilho, entre outros. O objetivo é preparar as imagens de maneira adequada para a segmentação e extração de coordenadas geográficas.

### *C. Segmentação de Imagens com Redes Neurais Convolucionais*

A segmentação de imagens será realizada por meio de redes neurais convolucionais (CNNs). Essas redes são capazes de aprender padrões complexos em imagens e são particularmente eficazes em tarefas de segmentação. O treinamento da CNN envolverá o uso de conjuntos de dados rotulados, onde as regiões de interesse nas imagens estarão marcadas.

### *D. Extração de Coordenadas Geográficas*

Uma imagem saída do processo de segmentação de imagens não possui nenhuma informação geográfica, sendo necessário a extração das coordenadas geográficas das regiões de interesse, para que se possa utilizar as informações extraídas para o uso em equipamentos de agricultura de precisão.

Dessa forma é necessário o desenvolvimento de um algoritmo que seja capaz de extrair as coordenadas geográficas das regiões de interesse, e aplica-las a imagem resultante do processo de segmentação.

### *E. Validação da Solução*

A solução proposta será validada por meio da comparação das coordenadas geográficas extraídas automaticamente com coordenadas de referência conhecidas. A precisão e eficácia do método serão avaliadas em diferentes cenários e condições.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos com a implementação da solução proposta. Serão discutidos os desempenhos da segmentação de imagens, da extração de coordenadas geográficas e da validação da solução em diferentes contextos agrícolas. Serão também abordadas possíveis limitações e melhorias para trabalhos futuros.

## V. CONCLUSÃO

Na conclusão, serão apresentadas as principais contribuições do trabalho, destacando a importância da solução proposta para a agricultura de precisão. Serão discutidos os resultados obtidos, as limitações do método e possíveis direções para pesquisas futuras. A conclusão reforçará a relevância da automatização do georreferenciamento de imagens agrícolas e seu impacto positivo na eficiência e sustentabilidade da agricultura.

## REFERENCES

- [1] BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L. F.; LUDERMIR, T. B. *Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações*. 2. ed. [S.l.]: LTC, 2016.
- [2] BRAGA, D. F. M. M. d. S. *Algoritmos de processamento da linguagem natural para sistemas de conversao texto-fala em português*. 2008.
- [3] FACELI, K. et al. *Inteligência Artificial: Uma Abordagem de Aprendizado de Máquina*. 2. ed. [S.l.]: LTC, 2022.
- [4] GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. *Processamento Digital de Imagens*. 1. ed. [S.l.]: Edgard Blücher Ltda, 2000. ISBN 8576054019.
- [5] GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. *Processamento Digital de Imagens*. [S.l.]: Pearson Universidades, 2009. ISBN 8576054019.
- [6] LAMAS, F. M. *A evolução da agricultura do brasil*. EMBRAPA, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81665485/artigo-a-evolucao-da-agricultura-do-brasil>.
- [7] LIMA, I.; PINHEIRO, C. A. M.; SANTOS, F. A. O. *Inteligência Artificial*. 1. ed. [S.l.]: Elsevier, 2014.