

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO  
PAULO  
CAMPUS AVARÉ  
ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE**

**TÂNIA CRISTINA BUENO PEREIRA**

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE GEOPROCESSAMENTO, SENSORIAMENTO  
REMOTO E AGRICULTURA DE PRECISÃO FOCADOS NO MUNICÍPIO DE  
AVARÉ.**

**AVARÉ  
2023**

**TÂNIA CRISTINA BUENO PEREIRA**

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE GEOPROCESSAMENTO, SENSORIAMENTO  
REMOTO E AGRICULTURA DE PRECISÃO FOCADOS NO MUNICÍPIO DE  
AVARÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia de Biosistemas do  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de São Paulo - *Campus Avaré*.

Orientador: Dr. Rodrigo Wienskoski Araújo

**AVARÉ  
2023**

Bueno Pereira, Tânia Cristina

Revisão bibliográfica sobre geoprocessamento,  
sensoriamento remoto e agricultura de precisão focados no município de  
Avaré / Tânia Cristina Bueno Pereira - Avaré, 2023.

32 p.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Wienskoski Araújo

Monografia (Graduação – Engenharia de Biosistemas) –  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo –  
Campus Avaré, Avaré, 2023.

1. Geoprocessamento 2. Sensoriamento Remoto 3. Agricultura de  
Precisão. I. Araújo, Rodrigo Wienskoski.

ATA N.º 25/2023 - CBEB-AVR/DAE-AVR/DRG-AVR/IFSP

## Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação

No dia 19 de dezembro de 2023 realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "Revisão bibliográfica sobre geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão focados em Avaré - contribuições do curso de Engenharia de Biossistemas para o desenvolvimento sustentável e tecnológico regional" apresentado pela aluna "Tânia Cristina Bueno Pereira" (AV3001733) do Curso SUPERIOR EM ENGENHARIA DE BIOSSISTEMAS, (Campus Avaré). Os trabalhos foram iniciados às 19:00 pelo professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

Membros	IES	Presença (Sim/Não)	Aprovação/Conceito
Rodrigo Wienskoski Araujo (Presidente/Orientador)	IFSP- Câmpus Avaré	Sim	Aprovado/8,76
Maria Cristina Marques (Examinador 1)	IFSP - Câmpus Avaré	Sim	Aprovado/8,31
Edvaldo Guedes Júnior (Examinador 2)		Sim	Aprovado/8,46

### Observações:

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado(a)

Reprovado(a)

Nota Final: 8,51

O segundo examinador é avaliador externo:

Sim     Não

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos às 21 horas e, para constar, eu lavei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Campus Avaré,

20 de dezembro de 2023

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rodrigo Wienskosi Araujo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/12/2023 17:51:29.
- **Maria Cristina Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/12/2023 18:01:39.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 20/12/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 672772

Código de Autenticação: b15ebddcc3



ATA N.º 25/2023 - CBEB-AVR/DAE-AVR/DRG-AVR/IFSP



Documento assinado digitalmente

**EDVALDO GUEDES JUNIOR**

Data: 22/12/2023 09:42:22-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente à minha mãe, Lucélia e meu pai, João que sempre me apoiaram e se fizeram presentes me dando forças para que eu continuasse na luta principalmente durante essa etapa da minha vida.

Agradeço a minha amiga Amanda Haidar por todo suporte e companheirismo na faculdade, durante a pandemia e em momentos importantes de decisões da minha vida.

Agradeço ao meu orientador Rodrigo Araújo por gentilmente ter me ajudado e me guiado no decorrer deste trabalho, me dando todo suporte necessário.

Por fim, expresso minha gratidão a todos que, de alguma maneira, colaboraram para a realização deste objetivo.

*Se ansiamos que nosso planeta seja importante, há algo que podemos fazer quanto a isso. Podemos fazer com que ele seja significativo com a coragem de nossas perguntas e a profundidade de nossas respostas.  
Carl Sagan, 2017.*

## RESUMO

Este estudo realiza uma revisão bibliográfica centrada em geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão no município de Avaré. Utilizando fontes da biblioteca do IFSP – *campus* Avaré, Linda Bimbi, e trabalhos disponíveis na plataforma virtual Google Acadêmico, onde os resultados apontam para uma defasagem em estudos nessas áreas no município de Avaré. Observa-se que os exemplares da biblioteca são pouco mencionados em trabalhos sobre o tema na região, e há títulos de livros amplamente citados em trabalhos acadêmicos que não estão disponíveis na biblioteca. A complexa interação entre recursos hídricos, práticas agrícolas e uso da terra no município de Avaré revela desafios significativos, evidenciando a aplicação prática dessas ferramentas desde a agricultura até o manejo florestal e a gestão dos recursos hídricos. O curso de Engenharia de Biosistemas destaca-se como um impulsionador de pesquisas, principalmente nas áreas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão, apresentando potencial para capacitar profissionais a conduzir estudos e implementar soluções práticas, contribuindo assim para a superação dos desafios identificados na região de Avaré.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Agricultura de Precisão.



## **ABSTRACT**

This study carries out a literature review focusing on geoprocessing, remote sensing and precision agriculture in the municipality of Avaré. Using sources from the library of the IFSP - Avaré campus, Linda Bimbi, and works available on the Google Scholar virtual platform, the results point to a lack of studies in these areas in the municipality of Avaré. It can be seen that the library's copies are rarely mentioned in works on the subject in the region, and there are book titles widely cited in academic works that are not available in the library. The complex interaction between water resources, agricultural practices and land use in the municipality of Avaré reveals significant challenges, highlighting the practical application of these tools from agriculture to forest management and water resource management. The Biosystems Engineering course stands out as a driver of research, especially in the areas of geoprocessing, remote sensing and precision agriculture, with the potential to train professionals to conduct studies and implement practical solutions, thus helping to overcome the challenges identified in the Avaré region.

**Key-words:** Geoprocessing, Remote Sensing, Precision Agriculture.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Agricultura de Precisão
GPS	Global Positioning System
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
TI	Tecnologia da Informação
IFSP	Instituto Federal de São Paulo
TCCs	Trabalhos de Conclusão de Curso
EEcAv	Estação Ecológica de Avaré
UGRHI 17	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema
BHRN	Bacia Hidrográfica do Rio Novo
VEN $\mu$ S	Vegetation and Environment monitoring on a New Micro Satellite

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Print de tela da pesquisa avançada no Google Acadêmico. ....	7
Figura 2: Print da tela do levantamento de trabalhos acadêmicos no município de Avaré.....	8
Figura 3: Print da tela do levantamento de trabalhos acadêmicos no município de Botucatu. ....	9
Figura 4: Obtenção de imagens por sensoriamento remoto. ....	16
Figura 5: Espectro eletromagnético.....	17
Figura 6: Curva espectral da vegetação, da água e do solo. ....	17
Figura 7: Tecnologias na agricultura 4.0. ....	19
Figura 8: Monitoramento completo do campo com a AP.....	20
Figura 9: Represa Jurumirim – Avaré.....	22
Figura 10: Pivô central. ....	24

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Levantamento dos livros na Biblioteca Linda Bimbi IFSP – campus Avaré. .....	11
Quadro 2: Levantamento dos trabalhos acadêmicos sobre geoprocessamento, sensoriamento remoto e o uso do solo focados em Avaré.....	12

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	OBJETIVOS DO ESTUDO .....	4
2.1	OBJETIVOS GERAIS .....	4
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
2.3	JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO.....	4
3.	METODOLOGIA .....	6
3.1	TIPO DO ESTUDO .....	6
3.2	INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS .....	6
4.	RESULTADOS E REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
4.1	RESULTADOS .....	8
4.2	CONCEITOS DE GEOPROCESSAMENTO.....	12
4.3	SENSORIAMENTO REMOTO .....	15
4.4	AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	18
4.5	COMPARAÇÃO DOS MATERIAIS BIBLIOGRÁFICOS SOBRE GEOPROCESSAMENTO, SENSORIAMENTO REMOTO E AGRICULTURA DE PRECISÃO EM TRABALHOS FOCADOS NO MUNICÍPIO DE AVARÉ.....	21
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
6.	REFERÊNCIAS .....	31

## 1. INTRODUÇÃO

O avanço das tecnologias de informação e computação nos últimos anos tem redefinido a relação com dados geográficos, desencadeando uma revolução no entendimento e gerenciamento do meio ambiente, da agricultura e dos recursos naturais. No ponto central dessa transformação encontra-se o geoprocessamento, um conjunto de técnicas e ferramentas matemáticas e computacionais que permitem o eficiente armazenamento de dados geoespaciais, e capacitam sua análise detalhada e interpretação significativa. A habilidade de manipular informações conferiu ao geoprocessamento um papel importante em várias disciplinas, desde o planejamento urbano até a gestão de recursos naturais, transporte e comunicações.

No cenário ambiental, o geoprocessamento surgiu como uma ferramenta indispensável, possibilitando a análise e monitoramento de áreas anteriormente inexploradas e desempenhando um papel fundamental no licenciamento ambiental e na tomada de decisões relacionadas ao meio ambiente. Ao detectar a escassez de água, avaliar a qualidade do solo e analisar a distribuição geográfica de recursos minerais, o geoprocessamento se tornou uma ferramenta estratégica para o desenvolvimento sustentável, fornecendo informações fundamentais para decisões informadas.

No setor agrícola, observa-se uma transformação notável, desde os primórdios da agricultura baseada na força física e tração animal até a era atual da Agricultura 4.0. Caracterizada pela transformação digital e pelo uso extensivo de tecnologias como GPS (Global Positioning System), Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), a agricultura moderna tornou-se uma arena de inovação e eficiência. A Agricultura de Precisão (AP), que emprega tecnologias para gerenciar a variabilidade espacial e temporal das unidades produtivas, possibilitando uma gestão agrícola eficaz e sustentável, é agora uma realidade concreta e está moldando o futuro da produção de alimentos.

A integração do sensoriamento remoto com o geoprocessamento tem sido particularmente revolucionária. Ao adquirir dados sobre propriedades da Terra sem a necessidade de contato físico, essa abordagem simplifica a coleta de informações e expande substancialmente nosso entendimento do mundo ao nosso redor. As diversas definições de sensoriamento remoto, desde a análise de dados eletromagnéticos até a avaliação das mudanças que os objetos impõem no ambiente,

ilustram a amplitude e complexidade dessa disciplina, reforçando seu papel central na revolução tecnológica que molda o entendimento e gestão do mundo natural.

A interação entre Engenharia de Biosistemas e geoprocessamento é uma convergência estratégica no cenário atual, impulsionada por avanços tecnológicos e científicos. O geoprocessamento, como conjunto de técnicas matemáticas e computacionais para informação geoespacial, desempenha papel fundamental na coleta e manipulação de dados em fenômenos biológicos, ambientais e agrícolas. A visualização e análise de dados georreferenciados proporcionam à Engenharia de Biosistemas uma abordagem precisa na compreensão de padrões espaciais e na tomada de decisões.

A aplicação conjunta dessas disciplinas é relevante principalmente na agricultura, destacando-se na transformação digital e automação da produção agrícola. A capacidade de integrar informações biológicas e ambientais com dados espaciais oferece base sólida para estratégias sustentáveis e eficientes na gestão de recursos naturais e na produção de alimentos. Em resumo, a união entre Engenharia de Biosistemas e geoprocessamento representa uma abordagem integrada e avançada para soluções inovadoras e sustentáveis em diversos contextos, principalmente agrícolas e ambientais.

Nesse contexto, os livros especializados desempenham um papel fundamental. Além de oferecer uma compreensão teórica sólida dos sistemas de informação geográfica, técnicas de mapeamento, análise espacial e modelagem geoespacial, essas obras fornecem uma aplicação prática desses conhecimentos em projetos do mundo real. Ao detalhar os princípios por trás da captura de dados por satélites e outras tecnologias, esses livros apresentam métodos avançados para otimizar cultivos, gerenciar recursos e utilizar eficientemente insumos agrícolas, tudo isso fundamentado em dados geoespaciais. Os estudos de caso e exemplos práticos contidos nesses livros ilustram a aplicação desses conceitos em contextos ambientais, agrícolas e urbanos e destacam a grande importância dessa literatura especializada.

Circunstancialmente, o presente trabalho visa realizar uma revisão bibliográfica abrangente, explorando os conceitos fundamentais de geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão, e examinando os trabalhos acadêmicos relacionados a essas temáticas específicas no município de Avaré. Para atingir esse objetivo, foi realizada uma pesquisa com os livros disponíveis na biblioteca

Linda Bimbi IFSP – *campus* Avaré, bem como no banco de dados da plataforma virtual Google Acadêmico.

Esta revisão oferece uma visão panorâmica e minuciosa das tendências, descobertas e aplicações desses conceitos no contexto local, e consolida uma compreensão aprofundada dessas disciplinas e seu impacto no cenário acadêmico do município de Avaré.



## 2. OBJETIVOS DO ESTUDO

### 2.1 OBJETIVOS GERAIS

Este estudo tem como objetivo geral realizar uma análise das obras literárias disponíveis na biblioteca do Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – *campus Avaré* sobre o geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão. Essa abordagem permitirá uma análise comparativa entre a literatura acadêmica geral e a disponível localmente, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada e contextualizada desses temas na região.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Apresentar e discutir o conceito de geoprocessamento, sensoriamento remoto, agricultura de precisão com base na bibliografia disponível na biblioteca do IFSP- *campus Avaré*;
- b) Realizar um levantamento bibliográfico sobre trabalhos acadêmicos publicados sobre geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão focados nos municípios de Avaré e Botucatu;
- c) Selecionar, analisar e comparar as bibliografias dos trabalhos publicados sobre geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão focados no município de Avaré.

### 2.3 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO

O presente trabalho visa contribuir com a comunidade acadêmica e estudantil do IFSP – *campus Avaré* ao apresentar os conceitos de geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão dos livros presentes na biblioteca Linda Bimbi, direcionando o leitor a identificar de forma direta os autores que descrevem os conceitos desses temas, inclusive sobre trabalhos realizados sobre os temas no município de Avaré.

A busca por livros relacionados ao tema é importante para quem almeja adquirir um conhecimento teórico sólido, aplicá-los na prática, manter-se atualizado com as últimas tecnologias e ter acesso a referências científicas confiáveis. Neste contexto,

destaca-se a relevância da Engenharia de Biosistemas, que, ao integrar tecnologias na resolução de problemas, desempenha um papel fundamental na aplicação prática desses conhecimentos. Essa literatura é fundamental para estudantes, pesquisadores, profissionais e entusiastas dessas áreas presentes no IFSP – *campus* Avaré, proporcionando uma base sólida para a tomada de decisões e inovações significativas.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 TIPO DO ESTUDO**

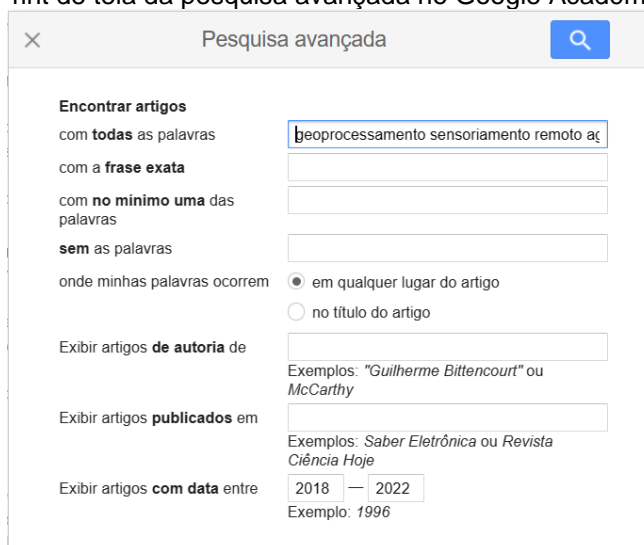
O propósito deste estudo é realizar uma revisão bibliográfica abrangente e integrada sobre os conceitos de geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão, além de investigar os trabalhos acadêmicos relacionados a esses temas no município de Avaré. Para alcançar esse objetivo, foram consultados livros disponíveis na biblioteca Linda Bimbi, bem como artigos científicos acessados através da plataforma de busca virtual Google Acadêmico.

#### **3.2 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS**

Na biblioteca Linda Bimbi, sob orientação da bibliotecária, foram selecionados os livros disponíveis sobre sensoriamento remoto, geoprocessamento e agricultura de precisão. Esses livros foram quantificados e seus detalhes estão apresentados no Quadro 1. No entanto, para a elaboração do referencial teórico, apenas os livros que abordam os conceitos relacionados aos temas selecionados foram considerados.

Para o levantamento de trabalhos acadêmicos sobre geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão no município de Avaré, utilizaram-se dados provenientes de artigos científicos. A ferramenta de busca virtual escolhida para a seleção dos artigos foi a do Google Acadêmico. Foram examinados artigos publicados no período de 2018 a 2022, utilizando palavras-chave como: geoprocessamento, sensoriamento remoto, agricultura de precisão e Avaré, conforme indicado na Figura 1.

Figura 1: Print de tela da pesquisa avançada no Google Acadêmico.



Pesquisa avançada

**Encontrar artigos**

com **todas** as palavras

com a **frase exata**

com **no mínimo uma** das palavras

**sem** as palavras

onde minhas palavras ocorrem  em qualquer lugar do artigo  
 no título do artigo

Exibir artigos **de autoria** de   
Exemplos: "Guilherme Bittencourt" ou McCarthy

Exibir artigos **publicados** em   
Exemplos: Saber Eletrônica ou Revista Ciência Hoje

Exibir artigos **com data** entre  —   
Exemplo: 1996

Fonte: A Autora (2023).

Além de analisar os trabalhos acadêmicos sobre geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão no município de Avaré, também foi conduzido um levantamento no município de Botucatu, localizado na mesma região no interior de São Paulo. O objetivo foi fazer uma seleção quantitativa de trabalhos publicados sobre esses temas entre as duas cidades.

## 4. RESULTADOS E REFERENCIAL TEÓRICO

Por meio da metodologia empregada na pesquisa, conduzida tanto na biblioteca quanto na plataforma virtual, foram obtidos os resultados necessários para a elaboração do referencial teórico.

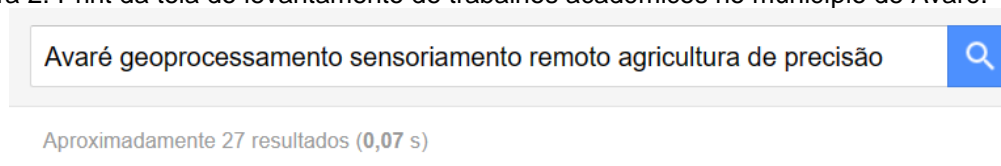
### 4.1 RESULTADOS

Os livros encontrados na biblioteca Linda Bimbi somaram um total de dezesseis exemplares sobre geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão. Dentre esses, oito apresentam os conceitos desejados (Quadro 1).

Dentre os livros encontrados, há dois especificamente que se trata da transdisciplinaridade dos temas abordados. Os livros “Geoprocessamento e Meio Ambiente” dos autores Xavier da Silva e Zaidan (2010), e “Agricultura Digital” de Borém (2021) tratam, respectivamente, de uma contribuição na divulgação de técnicas e métodos de geoprocessamento e agricultura digital usados com variados exemplos de aplicabilidade. Os livros constituem fundamentos para análises de estudos conduzidos por grupos específicos de pesquisadores.

Na etapa seguinte, na busca sobre os trabalhos acadêmicos sobre geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão na região de Avaré foram encontrados um total de aproximadamente vinte e sete trabalhos (Figura 2).

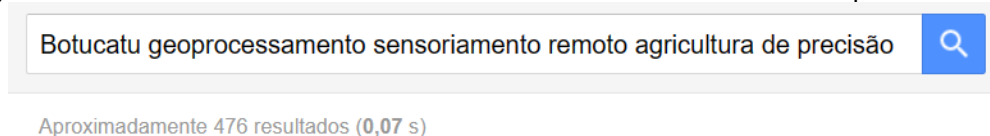
Figura 2: Print da tela do levantamento de trabalhos acadêmicos no município de Avaré.



Fonte: A Autora (2023).

Ao comparar os trabalhos acadêmicos encontrados no município de Avaré com os de outro município da região, Botucatu, é evidente uma discrepância significativa no número de publicações. Avaré contou com vinte e sete trabalhos identificados, enquanto Botucatu apresentou um total de quatrocentos e setenta e seis, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Print da tela do levantamento de trabalhos acadêmicos no município de Botucatu.



Fonte: A Autora (2023).

Essa diferença substancial sugere uma disparidade no nível de pesquisa e produção acadêmica entre os dois municípios, indicando que Botucatu é um centro mais proeminente no que diz respeito aos estudos em geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão. Essa discrepância pode ser atribuída a diversos fatores, como a presença de instituições de ensino e pesquisa mais robustas em Botucatu, bem como o interesse e o investimento da comunidade acadêmica nesses temas naquela região. Portanto, essa análise ressalta a importância de incentivar e promover a pesquisa nessas áreas em Avaré, visando equiparar o nível de produção científica com outras localidades da região. Essa disparidade ressalta a importância de identificar e abordar os fatores que podem estar limitando a produção acadêmica na área de geoprocessamento no município. A resolução dessa problemática poderia contribuir para o fortalecimento da pesquisa e do conhecimento nesses campos na região de Avaré.

Para a elaboração do referencial teórico foram selecionados os trabalhos que usam o município de Avaré em alguma pesquisa realizada. O somatório foi de nove trabalhos acadêmicos, incluindo livros, artigos, teses de mestrado e trabalhos de conclusão de curso (TCCs) relatados no Quadro 2. Dentre esses, nove dissertam sobre geoprocessamento e sensoriamento remoto e seis citam a respeito do uso do solo no município de Avaré.

Observa-se, no Quadro 2, a substituição do termo "agricultura de precisão" pelo conceito de "uso do solo". Tal alteração decorre da ausência de resultados pertinentes à pesquisa empregando a palavra-chave "agricultura de precisão". Contudo, durante a análise da literatura acadêmica, identificou-se o emprego do termo "uso do solo" em alguns trabalhos, justificando, assim, a modificação terminológica efetuada.

Dentre os materiais identificados, foram encontrados dois livros intitulados "Geoprocessamento aplicado na caracterização de Bacias Hidrográficas visando a sua sustentabilidade" e "Geoprocessamento Aplicado no Planejamento de Bacias Hidrográficas" do mesmo organizador, Sergio Campos, aos quais não estão

disponíveis na biblioteca Linda Bimbi. Estes livros representam uma compilação de estudos derivados de pesquisas que exploram os temas relacionados ao geoprocessamento, planejamento e à distribuição espacial da capacidade de uso em uma microbacia na região de Avaré.

Nesse contexto, a partir desta pesquisa foi notável a contribuição do autor amplamente referenciado Edson Luís Piroli, especialmente em trabalhos voltados para os recursos hídricos no município de Avaré. Piroli, possui mestrado e doutorado nas áreas de sensoriamento remoto, geoprocessamento, manejo de bacias hidrográficas, recursos florestais, turismo e gestão ambiental. Vale ressaltar que Piroli é autor de dois livros que abordam de forma teórica, metodológica e prática o planejamento do uso de recursos naturais em bacias hidrográficas, e suas obras também não estão disponíveis na biblioteca.

Quadro 1: Levantamento dos livros na Biblioteca Linda Bimbi IFSP – campus Avaré.

Livros da Biblioteca	Geoprocessamento	Sensoriamento remoto	Agricultura de precisão	Apresentam os conceitos desejados
Agricultura de Precisão (Molin, 2015)			X	X
Agricultura Digital (Borém et al., 2021)			X	X
Fundamentos de geodésia e cartografia (Tuler, 2016)	X			
Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação (Moreira, 1949)		X		
Geoprocessamento & Meio Ambiente (Xavier da Silva; Zidan, 2011)	X			
Geoprocessamento sem complicação (Fitz, 2008)	X	X		X
Iniciação à Análise geoespacial (Ferreira, 2014)	X			
Georreferenciamento (Menzori,	X			
Iniciação em sensoriamento remoto (Florenzano, 2011)		X		X
Introdução ao geoprocessamento ambiental (Ibrahin, 2014)	X	X		X
Mapas da geografia e cartografia matemática (Martinelli, 2020)	X			
Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto (Lorenzetti, 2015)		X		X
Processamento de imagens de satélites (Zanotta, 2019)		X		
QGIS e geoprocessamento na prática (Bossle, 2017)	X			X
Reflectância dos Materiais Terrestres (Meneses et al., 2019)	X			
Sensoriamento remoto em agricultura (Formaggio; Sanches, 2017)		X		X

Fonte: A Autora (2023).



Quadro 2: Levantamento dos trabalhos acadêmicos sobre geoprocessamento, sensoriamento remoto e o uso do solo focados em Avaré.

Trabalhos acadêmicos	Geoprocessamento	Sensoriamento remoto	Uso do solo
Análise multicriterial e multivariada na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando a conservação dos recursos hídricos na sub-bacia do Alto Pardo – SP (Reissler, 2019)	X	X	X
Avaliação de técnicas de preenchimentos de dados faltantes em séries temporais de imagens do satélite VEN $\mu$ S para classificação do uso da terra (Shibuya, 2021)	X	X	X
Avaliação do potencial hidrológico da estação ecológica de Avaré (SP) para segurança hídrica local (Pinheiro, 2018)	X	X	X
Diagnóstico e definição de áreas prioritárias à conservação e preservação ambiental da bacia hidrográfica do rio novo, UGRHI-17, SÃO PAULO (Amorim, 2022)	X	X	X
Geoprocessamento aplicado na caracterização de bacias hidrográficas visando a sua sustentabilidade (Campos, 2021)	X	X	X
Geoprocessamento Aplicado no Planejamento de Bacias Hidrográficas (Campos, 2019)	X	X	
Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais e a gestão de recursos hídricos na unidade de gerenciamento de recursos hídricos do médio Paranapanema (UGRHI 17) (Bertoli, 2021)	X	X	X
Meio Ambiente em Foco (Toledo, 2019)	X	X	
Uso de aeronaves remotamente pilotadas na estimativa de valor potencial de exploração sustentável de populações de <i>Eutерpe edulis</i> . (Ciraqui, 2022)	X	X	

Fonte: A Autora (2023).

#### 4.2 CONCEITOS DE GEOPROCESSAMENTO

Segundo Ibrahin (2014), o desenvolvimento da tecnologia de informática possibilitou o armazenamento e a representação das informações coletadas sobre uma determinada distribuição geográfica em um ambiente computacional. Antes, uma coleta de informações de recursos naturais, por exemplo, era realizada em documentos e mapas de papel. Isso tornava difícil uma análise que combinasse diferentes mapas de dados.

Nesse contexto, surge o geoprocessamento, onde Ibrahim (2014) afirma que é um conjunto de técnicas, métodos e ferramentas que emprega abordagens matemáticas e computacionais no tratamento da informação geográfica. Esta disciplina influencia e possibilita a análise de diversos setores, incluindo recursos naturais, transporte, comunicações, energia, planejamento urbano, e outros aspectos.

Para Bossle (2017), o geoprocessamento abarca o domínio de todas essas técnicas, e é notável o entrelaçamento entre elas. Contudo, o geoprocessamento emprega esses elementos e o conhecimento proveniente de outras áreas para conduzir análises referentes ao contexto socioambiental, abrangendo aspectos como a avaliação direta do meio ambiente e questões relacionadas à educação, saúde, entre outros. Por esse motivo, o geoprocessamento é uma disciplina que exige muita precisão e atenção aos detalhes. Erros ou omissões podem ter implicações significativas nas análises e nas decisões baseadas em dados geoespaciais. Portanto, um planejamento cuidadoso e uma abordagem metódica são essenciais para garantir resultados confiáveis e úteis.

Dentro do contexto ambiental, Ibrahim (2014) argumenta que o geoprocessamento pode ser uma excelente ferramenta capaz de auxiliar e dirigir rumo ao desenvolvimento sustentável.

O geoprocessamento instrumentaliza as decisões envolvendo o meio ambiente. Pode-se, por exemplo, indicar a escassez da água em uma determinada região geográfica; a pobreza do solo; a distribuição geográfica de recursos minerais; propriedades, animais e plantas. Inclusive, o geoprocessamento é um importante instrumento para o licenciamento ambiental (Ibrahim, 2014, p. 22).

O geoprocessamento é uma área relativamente nova no conhecimento humano. Em razão de utilizar-se de equipamentos eletrônicos, principalmente computadores, para atingir seu objetivo primordial, qual seja, o de realizar análises para permitir a tomada de decisões, o geoprocessamento, tal como hoje é conhecido, tem origem relativamente recente na história científica. No senso comum diz-se que o geoprocessamento envolve um conjunto de técnicas que utiliza elementos de cartografia, sensoriamento remoto, GPS e SIG (Bossle, 2017).

Para Xavier da Silva (2011), o SIG facilita a gestão ambiental e simplifica a comunicação de dados complexos tanto para cientistas quanto para o público em geral. A capacidade do SIG de tornar informações acessíveis é importante em processos participativos, já que os seres humanos são influenciados pela

apresentação visual. Embora o uso do SIG em interações com comunidades tenha um potencial significativo, ainda permanece em grande parte inexplorado, revelando uma riqueza de possibilidades a serem exploradas (Cornett, 1994 apud Xavier Da Silva, 2011).

Derivando dessa e de outras definições e caracterizações, Rocha apud Fitz (2008) define o geoprocessamento como

uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados (Rocha, 2000, p.210 apud Fitz, 2008).

Com isso, Fitz (2008) considera o geoprocessamento como uma tecnologia, ou mesmo um conjunto de tecnologias, que possibilita a manipulação, a análise, a simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados.

Uma visão semelhante é compartilhada por Xavier da Silva (2011) quando se discute que o uso do geoprocessamento para compreender a distribuição e o comportamento espacial das unidades geomorfológicas, além de servir como base para ações administrativas, tornou-se um importante fator atualmente. Sua importância é evidente no estudo de questões ambientais, seja no georreferenciamento de mapas temáticos ou na construção de bancos de dados digitais. Além disso, o geoprocessamento é uma ferramenta fundamental nas análises de questões ambientais, contribuindo significativamente para o planejamento ambiental/territorial. Os resultados diagnósticos e prognósticos obtidos têm um impacto substancial nos planos e intervenções político-administrativas da gestão territorial (Xavier Da Silva, 2011).

As oportunidades proporcionadas pela tecnologia computacional, combinadas com a demanda crescente por dados ambientais e a necessidade de utilizar de forma mais eficiente os recursos naturais, têm impulsionado as práticas e o campo da ciência do geoprocessamento. Isso tem levado ao desenvolvimento contínuo e robusto de sistemas geográficos de informação.

Para explorar novas direções nas análises ambientais, zoneamento, planejamento e gestão de recursos ambientais em áreas urbanas e rurais, é essencial promover a aplicação de ferramentas de geoprocessamento. Estimular o uso dessa técnica torna-se importante para estabelecer metodologias que otimizem o uso

racional e eficaz de espaços e regiões. O geoprocessamento tem a capacidade de fornecer informações abrangentes, precisas (dependendo da qualidade da base de dados disponível) e atualizadas. Além disso, possibilita a manipulação eficaz desses dados, orientando a tomada de decisões para alcançar os objetivos estabelecidos por programas de gerenciamento ambiental ou iniciativas de administração pública (Xavier Da Silva, 2011).

### 4.3 SENSORIAMENTO REMOTO

Um conceito intrinsecamente vinculado ao geoprocessamento, o termo sensoriamento remoto foi usado pela primeira vez no fim dos anos 1950 pela cientista Evelyn Pruitt para descrever o processo de observação, mensuração e identificação dos objetos sem estar em contato diretamente com eles (Ibrahin, 2014).

No entanto, sensoriamento remoto pode ser definido como a ciência e a prática de adquirir informações sobre uma determinada área, objeto ou fenômeno por meio da análise de dados obtidos por dispositivos que não mantêm contato direto com a região, objeto ou fenômeno investigado Ibrahin (2014).

Schowengerdt (2007, apud Lorenzzetti, 2015) considera SR como a medida das propriedades de um objeto na superfície da Terra usando dados adquiridos por meio de aeronaves e satélites. Slater (1980, apud Lorenzzetti, 2015) vai pela mesma linha, sendo um pouco mais restritivo onde diz que SR

é o conjunto de atividades utilizadas para a aquisição de informações relativas aos recursos naturais da Terra, ou ao seu meio ambiente, obtidas pela análise da energia eletromagnética refletida, emitida ou retro espalhadas pelos alvos, coletada por meio de sensores instalados a bordo de plataformas em altitudes, como balões, foguetes, aviões ou satélites (Slater 1980, apud Lorenzzetti, 2015, p.15).

Segundo Florenzano (2011), sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens - e outros tipos de dados - da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. O termo *sensoriamento* refere-se à obtenção de dados por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas (balões e aeronaves) e orbitais (satélites artificiais). O termo *remoto* significa distante, ou seja, é utilizado sem contato físico entre o sensor e objetos na superfície terrestre, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4: Obtenção de imagens por sensoriamento remoto.



Fonte: Florenzano (2011, p. 9).

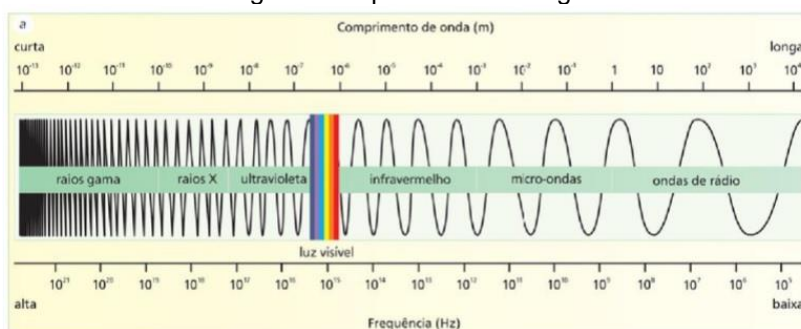
Na figura, pode-se observar que o sol ilumina a superfície terrestre. A energia proveniente do Sol, refletida pela superfície em direção ao sensor, é captada e registrada por este.

Para Lorenzetti (2015), sensoriamento remoto é definido como a aquisição de informações sobre alguma propriedade de um objeto ou fenômeno sem contato físico com ele. A informação sobre um alvo sobre um alvo seria obtida pela detecção e medida de mudanças que o objeto impõe sobre o meio circundante, seja ele eletromagnético, acústico ou potencial (Elachi e Zyl, 2006 apud Lorenzetti, 2015).

O sensoriamento remoto está intimamente ligado à medida da radiação eletromagnética, refletida ou emitida dos alvos da superfície terrestre, bem como ao tratamento e à disposição dessas informações numa forma passível de ser interpretada. No entanto, quando se fala em aplicar técnicas de sensoriamento remoto nos estudos dos recursos naturais renováveis e não renováveis, não tem sentido pensar em outra fonte de energia a não ser a radiação solar (Moreira, 2012).

Segundo Florenzano (2011), o espectro eletromagnético representa a distribuição da radiação eletromagnética, por regiões, segundo o comprimento de onda e a frequência (Figura 5). Observa-se que o espectro eletromagnético abrange desde curtos comprimentos de onda, como os raios cósmicos e os raios gama ( $\gamma$ ), de alta frequência, até longos comprimentos de onda, até longos comprimentos de onda, como as ondas de rádio e TV, de baixa frequência.

Figura 5: Espectro eletromagnético.

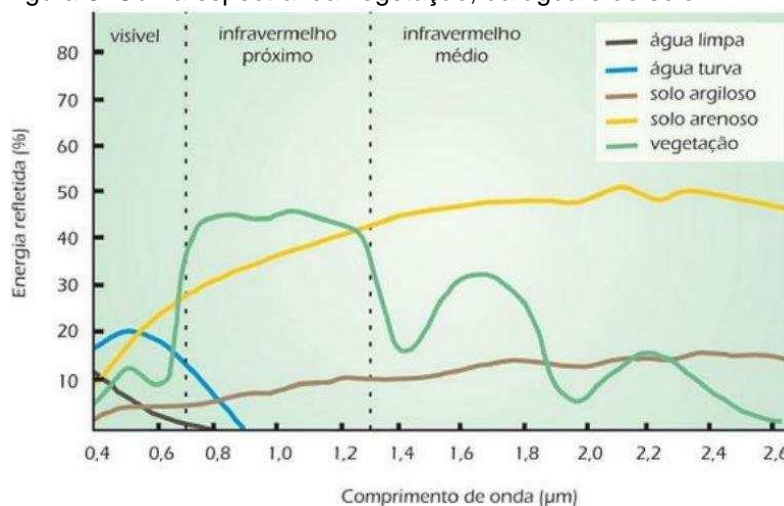


Fonte: Florenzano (2011, p. 10).

As imagens da superfície terrestre, como a vegetação, a água e o solo, refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda, de acordo com suas características biofísicas e químicas.

As variações da energia refletida pelos objetos podem ser representadas como curvas, como as da Figura 6. A partir dessas variações é possível distinguir os objetos da superfície terrestre nas imagens de sensores remotos. A representação dos objetos nessas imagens vai variar do branco (quando refletem muita energia) ao preto (quando refletem pouca energia) (Florenzano, 2011).

Figura 6: Curva espectral da vegetação, da água e do solo.



Fonte: Florenzano (2011, p. 12).

Observa-se que na região da luz visível, a vegetação reflete mais energia na faixa correspondente ao verde. A curva do solo indica um comportamento mais uniforme com uma variação menor de energia refletida em relação à vegetação, ao

longo do espectro. A água pura (no estado líquido) reflete pouca energia na região do visível e nenhuma na região do infravermelho, absorvendo praticamente toda a energia. Os diferentes tipos e concentrações de material na água, no entanto, alteram seu comportamento espectral, particularmente na região visível (Florenzano, 2011).

Segundo Ibrahim (2015), o sensoriamento remoto viabiliza a análise e monitoramento de regiões onde a presença humana era anteriormente impossível, difícil ou inviável, como em áreas com vulcão ativo, oceanos, florestas, desertos, áreas de geleiras e locais sujeitos à radioatividade

#### 4.4 AGRICULTURA DE PRECISÃO.

O sensoriamento remoto revolucionou e é amplamente utilizado na agricultura ao fornecer informações precisas e abrangentes em tempo real sobre as condições das culturas e do solo. Isso permite aos agricultores ajustarem estratégias de manejo de forma proativa, otimizando o uso de recursos de maneira sustentável e econômica. A gestão de terras é aprimorada com o mapeamento detalhado, enquanto a previsão de colheitas e a detecção precoce de pragas contribuem para uma eficiente cadeia de suprimentos. Essa abordagem, alinhada à agricultura de precisão, impulsiona a sustentabilidade, a eficiência operacional e a rentabilidade no setor agrícola.

Para Borém et al. (2021, p.11) “a agricultura está passando por uma transformação nunca vista. Nos últimos séculos ela tem se reinventado para atender à crescente demanda mundial de alimentos”. O autor continua explicando as fases da agricultura, passando pela Agricultura 1.0, que compreende desde seu início, há cerca de 10.000 anos, até meados de 1920, quando ainda era baseada na força física – no trabalho manual e tração animal. Esse tipo de agricultura demandava muita mão de obra e, portanto, limitava o tamanho das áreas cultivadas e era voltada principalmente para a subsistência, gerando poucos excedentes comercializáveis. Durante esse período, um agricultor produzia alimento para cerca de quatro pessoas.

A fase subsequente refere-se ao início de uma agricultura mais técnica, denominada de Agricultura 2.0, que corresponde ao período de 1920 a 1990, em que se tornou mais generalizada a adoção de máquinas, fertilizantes e variedades melhoradas (Borém et al. 2021). Em 1960, na Agricultura 2.0, um produtor produzia alimentos para 26 pessoas.

Posteriormente, ligada ao estímulo tecnológico no campo, uma nova fase surgiu, a Agricultura 3.0, que compreende o período de 1990 a 2020 e gerou novas e surpreendentes variedades a cada ano, devido à engenharia genética, avançando com o objetivo de maximizar o aproveitamento dos recursos naturais (Borém et al, 2021). Neste momento, na agricultura 3.0, produz-se alimentos para 150 pessoas (Kirschenmann, 2020 apud Borém et al, 2021).

Atualmente, uma nova fase está começando, a Agricultura 4.0, que inclui, entre outras mudanças, o maior uso de produtos biológicos, a inclusão de novas espécies ainda em domesticação na produção de alimentos e a transformação digital (Borém et al. 2021).

Essa nova era criou formas de organizar a produção, otimizar as operações e a logística e oferecer melhores meios para atender às demandas dos consumidores. Essa onda tecnológica levou à modernização dos processos de informação e comunicação, tornando-se a força motriz que já transformou muitas indústrias, tais como as de telecomunicações, bens de capital, saúde, serviços, automóveis e transporte, entre outras (Clay; Kitchen, 2018 apud Borém et al. 2021, p.13).

Figura 7: Tecnologias na agricultura 4.0.



Fonte: (mfrural.com.br).

Molin (2015) relata que à medida que a demanda por alimentos, energia e outros produtos provenientes da agricultura aumenta, os recursos naturais tornam-se cada vez mais limitados. Portanto, torna-se imperativo otimizar a produção agrícola com o objetivo de promover a sustentabilidade e garantir a segurança alimentar. Nesse contexto, a agricultura de precisão se mostra prática essencial e ganha cada vez mais adeptos.



Para o autor Molin (2015) a agricultura de precisão (AP) tem várias formas de abordagem e definições. Comentam que na sua fase inicial, a definição de agricultura de precisão era fortemente vinculada às ferramentas de georreferenciamento de dados nas lavouras, envolvendo, por exemplo a sigla GPS, o que gerou entendimentos equivocados.

Para Molin (2015), o termo "agricultura de precisão" tem sua origem justificada pela não uniformidade das lavouras, tanto no espaço quanto no tempo. Diante dessa disparidade, foi essencial desenvolver estratégias para lidar com os desafios decorrentes da variabilidade das lavouras, que apresentam diversos níveis de complexidade. O autor Molin (2015) usa como referência para estabelecer a AP a Comissão Brasileira de agricultura de Precisão, órgão consultivo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, adota uma definição para AP que se trata de

um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva, visando ao aumento de retorno econômico e à redução do impacto ao ambiente. (Brasil, 2014, p. 6 apud Molin, 2015, p. 12).

Bramley (2009 apud Molin, 2015) sugere que AP compreende um conjunto de tecnologias destinadas a aprimorar a gestão dos sistemas de produção. Isso ocorre mediante o reconhecimento de que a capacidade de resposta das lavouras pode variar significativamente, mesmo em distâncias reduzidas, da ordem de poucos metros.

Figura 8: Monitoramento completo do campo com a AP.



Fonte: (unemat.br)

Segundo Borém (2021), no SIG, os dados de campo são associados a coordenadas geográficas, possibilitando que os agricultores segmentem o campo em zonas de manejo. Essas zonas, ao serem consideradas homogêneas, tornam-se passíveis de tratamento específico conforme as prescrições técnicas.

A agricultura de precisão, alinhada à transformação digital, conduz a uma gestão mais eficiente e sustentável. A segmentação de campos em zonas de manejo, fundamentada em coordenadas geográficas, exemplifica como as tecnologias de informação espacial podem ser aplicadas para otimizar as práticas agrícolas. Diante da crescente demanda por alimentos e a escassez de recursos naturais, a busca pela otimização da produção agrícola torna-se crucial, e a agricultura de precisão surge como uma resposta prática e eficiente a esse desafio. Assim, a integração contínua de tecnologias como o sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica contribui para a evolução e sustentabilidade do setor agrícola.

#### 4.5 COMPARAÇÃO DOS MATERIAIS BIBLIOGRÁFICOS SOBRE GEOPROCESSAMENTO, SENSORIAMENTO REMOTO E AGRICULTURA DE PRECISÃO EM TRABALHOS FOCADOS NO MUNICÍPIO DE AVARÉ.

A pesquisa retomou uma série de trabalhos sobre geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão focados no município de Avaré. Entre eles estão Toledo (2019) que realizou uma análise dos parâmetros microbiológicos da água da Represa Jurumirim, Bertoli (2021) que abordou a utilização dos recursos hídricos na região, Pinheiro (2018) que fez um estudo sobre a Estação Ecológica de Avaré (EEcAv), Amorim (2022) com foco na conservação e preservação ambiental em bacias hidrográficas. Reissler (2019) com destaque na importância de preservar áreas de vegetação natural, Ciraqui (2022) que avaliou o potencial econômico da juçara e seu papel na tomada de decisões para promover um manejo sustentável e Shibuya (2021) que aborda a evolução contínua da análise por sensoriamento remoto no monitoramento agrícola.

O município de Avaré é banhado pelo rio Paranapanema, que tem 46 quilômetros de extensão no município (Figura 9), e grande parte desse recurso hídrico é utilizado na agricultura. Pode-se dizer que a área da microbacia é quase totalmente agricultável, pois apresenta mais de 80% propício para o cultivo com culturas anuais e permanentes (Campos, 2021).

Figura 9: Represa Jurumirim – Avaré.



Fonte: Represa Jurumirim (avarenaweb.blogspot.com)

A essencialidade da água para a sustentação da vida humana, bem como para os ecossistemas da fauna e flora, é incontestável. No entanto, é importante salientar que ela desempenha igualmente o papel de vetor na disseminação de diversas patologias originadas por micro-organismos. A presença de áreas isentas de contaminação e poluição hídrica é uma ocorrência rara em escala global. A Represa Jurumirim que é situada na região de Avaré, é um importante atrativo turístico, muito utilizado para balneabilidade e classificada como área despoluída e com ótima qualidade da água (Toledo, 2019).

Toledo (2019) realizou uma análise dos parâmetros microbiológicos da água da Represa Jurumirim, visando examinar os níveis de coliformes fecais e coliformes termotolerantes. A coleta de dezoito amostras foi realizada em três pontos distintos previamente estabelecidos, revelando que 44% dessas amostras apresentaram contaminação por coliformes termotolerantes. Embora a Represa Jurumirim tenha sido avaliada como apropriada para atividades de lazer e recreação, dada a conformidade das amostras analisadas com os limites de concentração de bactérias, destaca-se a necessidade premente do desenvolvimento de políticas públicas preventivas direcionadas à preservação dessas águas.

A importância desse esforço reside na conscientização da população acerca da relevância da Represa Jurumirim para a promoção da saúde e prevenção de

doenças, bem como para o desenvolvimento socioeconômico regional. Adicionalmente, recomenda-se a implementação de análises periódicas para o monitoramento contínuo desses parâmetros, a fim de assegurar a manutenção dos padrões microbiológicos desejáveis e a sustentabilidade ambiental da represa. Este estudo, portanto, contribui para a compreensão da qualidade microbiológica da água na Represa Jurumirim e oferece subsídios para a formulação de estratégias efetivas de gestão e preservação desse recurso hídrico (Toledo, 2019).

Campos (2019) destaca que entender como funciona uma bacia hidrográfica é importante para pensar em bons métodos de cuidados. O propósito do estudo de Campos (2019) foi avaliar a morfometria e o uso da terra na microbacia do Córrego Água da Onça, localizada em Avaré, com foco na sua área de preservação permanente, empregando técnicas de geoprocessamento. Os resultados mostraram que a microbacia indica um formato alongado/ovalado/redondo, sugerindo uma tendência a acumular água na porção superior.

Sobretudo, devido a parte de onde a água sai ser estreita, ela corre mais rápido, o que pode causar enchentes, inundações e erosões. Mesmo com a parte superior da microbacia sendo boa para conservar água, as características do terreno, especialmente essa parte estreita, contribuem para condições hidrodinâmicas desfavoráveis. A alta tendência à ocorrência de eventos extremos, como enchentes e inundações, pode ser atribuída à configuração da morfometria da microbacia. Vale ressaltar que a baixa densidade de drenagem sugere uma permeabilidade reduzida do solo na região. Estes achados destacam a importância do geoprocessamento na identificação de características críticas para a gestão sustentável de bacias hidrográficas, oferecendo perspicácia relevante para a implementação de medidas preventivas e mitigadoras visando a preservação e a gestão eficaz dos recursos hídricos na região estudada (Campos, 2019).

Dentro desse contexto, Bertoli (2021) explica que a água sendo um recurso finito e com consumo intensivo por parte dos irrigantes, torna-se necessário o conhecimento sobre a localização dos pivôs centrais e sua área irrigada para uma gestão de recursos hídricos eficaz por parte dos usuários de recursos hídricos da bacia, órgãos públicos e comitês de bacias hidrográficas, o que evidencia a importância do estudo. Diversos pesquisadores vêm abordando o tema na última década; a grande maioria utiliza o sensoriamento remoto como ferramenta para o mapeamento dos pivôs centrais e de sua área irrigada (Schmidt et al. 2014 apud Bertoli, 2021).

A expansão da agricultura irrigada no Brasil, particularmente no estado de São Paulo, está diretamente relacionada ao uso predominante do pivô central. Este equipamento é amplamente empregado, sendo São Paulo o quarto estado com maior quantidade de pivôs centrais no país. O estudo de Bertoli (2021) se concentra na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI 17), onde a agricultura irrigada e a gestão de recursos hídricos demandam análises aprofundadas. Utilizando sensoriamento remoto e bases cartográficas de 1985 a 2019, Bertoli identificou 245 pivôs centrais na região, abrangendo 31 municípios. Áreas irrigadas significativas são observadas em Avaré, Cândido Mota, Maracá e Santa Cruz do Rio Pardo. Embora os pivôs centrais sejam eficientes, há preocupações ambientais, como redução da disponibilidade hídrica e salinização do solo. O autor destaca a importância do manejo rigoroso pelos usuários e melhorias nos instrumentos de gestão hídrica pelos órgãos de fiscalização.

Figura 10: Pivô central.



Fonte: (cptcursospresenciais.com.br).

Segundo Pinheiro (2018), o uso das geotecnologias pode favorecer praticamente todos os aspectos do planejamento e gerenciamento de atividades agrícolas, em níveis que vão além das fronteiras nacionais, alcançando também o âmbito regional e local. Exemplos práticos desse avanço incluem a aplicação de imagens de satélite e mapas digitais. Existem diversas metodologias que tornam possível detectar, identificar, qualificar, quantificar e mapear áreas agrícolas. Além disso, essas tecnologias permitem compreender a dinâmica temporal das áreas agrícolas e a utilização de seus recursos naturais de maneira rápida, eficiente e precisa.

O estudo EECav por Pinheiro (2018) enfoca o uso da água subterrânea na região. Integrando dados de satélite, softwares como QGIS e análises de fluxo de água, o autor destaca a viabilidade de irrigar extensas áreas de cultivo sem impactos ecossistêmicos significativos. Os resultados indicam a importância do manejo sustentável da água subterrânea na EECav, com implicações para a produção agrícola.

Amorim (2022) propôs a hipótese de que fatores como uso e cobertura da terra, áreas de preservação permanente, unidades de conservação e capacidade de uso da terra, quando analisados em conjunto, desempenham um papel importante na identificação de áreas prioritárias para a conservação e preservação ambiental em bacias hidrográficas. Esses elementos proporcionam as condições necessárias para a avaliação e integração de parâmetros espaciais, unindo critérios legais, técnicos e científicos. Essa abordagem possibilita análises eficientes e passíveis de replicação em outras bacias hidrográficas.

O uso inadequado da terra acarreta uma série de desafios, incluindo conflitos sociais, processos erosivos, assoreamento de rios e nascentes, empobrecimento do solo, perda da biodiversidade e diversas formas de degradação ambiental. Esse cenário destaca a urgência de um planejamento eficiente tanto para a utilização do solo quanto para a gestão dos recursos naturais (Amorim, 2022).

A tese de Amorim (2022) propõe uma abordagem multicritério na Bacia Hidrográfica do Rio Novo (BHRN). A integração de dados, incluindo uso e cobertura da terra, áreas de preservação permanente, unidades de conservação e capacidade de uso da terra, resulta na identificação de áreas prioritárias para conservação e preservação ambiental. Destaca-se o papel central do SIG na análise robusta e eficiente, fornecendo subsídios para a gestão sustentável dos recursos hídricos e biodiversidade na região.

Reissler (2019) abordou a conjuntura da crise hídrica que o estado de São Paulo no ano de 2014, ocasionada por uma marcante estiagem. A partir desse contexto, enfatizou-se a urgente necessidade de preservação dos recursos naturais como uma medida fundamental para a sustentabilidade econômica e aprimoramento da qualidade social. No âmbito específico, destacou-se a importância de preservar áreas de vegetação natural que desempenham papel essencial, tanto de forma direta quanto indireta, no processo de produção de água.

Com isso, Reissler (2019) conduziu um estudo que consistiu no mapeamento das características da bacia, análise do uso da terra e seus conflitos. A metodologia empregada incluiu o uso de um SIG e a aplicação de uma abordagem multicritério, associada à análise multivariada, com o propósito de identificar áreas prioritárias para a implementação de um programa de conservação e restauração florestal. A análise multicritério, notável por sua natureza qualitativa, resultou na elaboração de um mapa que designa 13% da bacia como de elevada prioridade para intervenções voltadas à restauração florestal. Estas áreas, caracterizadas por relevo e declividades acentuados, bem como solo suscetível à erosão e desprovido de cobertura vegetal protetora, são consideradas altamente vulneráveis à degradação, a menos que sejam submetidas a adequado manejo e cuidados. Os resultados alcançados por Reissler (2019) contribuem significativamente para uma base técnica de conhecimento que pode subsidiar processos de planejamento e gestão do uso do solo, bem como para a conservação dos recursos hídricos na região de Avaré.

Em estudos de bacias hidrográficas, uma perspectiva importante envolve a aquisição de um entendimento mais aprofundado do uso da terra, cuja avaliação pode ser aprimorada por meio de técnicas de classificação de imagens geradas por sensoriamento remoto e geoprocessamento de imagens. Essas abordagens são ferramentas essenciais para o eficaz planejamento e manejo dessas áreas (Reissler, 2019).

A gestão dos recursos naturais, assegura o acesso da atual e das futuras gerações a recursos de qualidade e em quantidade suficiente. Além disso, o planejamento ambiental, com a identificação de potenciais riscos ambientais, surge como um instrumento essencial na proteção das águas e dos recursos naturais na bacia hidrográfica planejada (Reissler, 2019).

Saindo do contexto hídrico, Ciraqui (2022) afirma que o sensoriamento remoto é uma ferramenta indispensável para levantamentos relevantes para o inventário florestal, e exemplifica uma das aplicações possíveis do sensoriamento remoto que é a identificação de árvores individuais, um desafio consideravelmente mais complexo do que identificar espécies agrícolas. Isso é especialmente verdadeiro em razão da vasta biodiversidade característica das florestas tropicais. Do ponto de vista das imagens aéreas, encontrar árvores no sub-bosque é extremamente difícil devido à sobreposição das copas das árvores dos estratos verticais mais elevados.

Ciraqui (2022) destaca a juçara como espécie ameaçada, cujo potencial econômico é explorado por técnicas avançadas de sensoriamento remoto. O estudo calcula o valor de potencial de exploração sustentável com base em dados de aerolevantamento usando aeronaves remotamente pilotadas. A pesquisa destaca a importância do sensoriamento remoto na avaliação do potencial econômico da juçara e na tomada de decisões para seu manejo sustentável.

Essas informações estão se tornando cada vez mais importantes em todas as disciplinas das ciências agrárias. A acessibilidade financeira do sensoriamento remoto é uma das vantagens que o torna a ferramenta preferida entre profissionais que necessitam de informações espaciais em diversas escalas (global, regional ou local). Além disso, essa tecnologia possibilita a estimativa de parâmetros biofísicos e bioquímicos das plantas, sendo um método não invasivo de coleta e avaliação de dados que é geralmente viável tanto economicamente quanto em termos de eficácia no trabalho (Banskota et al., 2014 e Onojeghuo et al., 2018, apud Ciraqui, 2022).

Shibuya (2021) em sua tese, explica a utilização do sensoriamento remoto no monitoramento agrícola e foi descrito como uma análise em constante evolução ao longo do tempo em uma área específica, com o propósito de rastrear o uso da terra utilizando imagens de satélite. No contexto brasileiro, há plataformas que oferecem acesso gratuito a essas imagens, simplificando a obtenção desses dados. Para os agricultores, essa monitorização do uso da terra oferece uma alternativa viável para aumentar a produção (Chino et.al 2010, apud Shibuya, 2021).

Shibuya (2021) explora métodos de preenchimento de dados faltantes em séries temporais de imagens de satélite VEN $\mu$ S. Com foco em Avaré e Botucatu, o estudo destaca a importância da continuidade temporal para monitorar o uso da terra. O método de interpolação linear se destaca, fornecendo dados consistentes para classificação, especialmente relevante para culturas dinâmicas como a cana-de-açúcar. A pesquisa destaca a necessidade de técnicas eficazes para lidar com lacunas em séries temporais de sensoriamento remoto.

A criação de mapas de produtividade representa um dos principais usos do monitoramento agrícola. Seu objetivo é identificar áreas de baixa ou alta produtividade dentro da área de estudo. Essa abordagem capacita os agricultores a aprimorarem a gestão de insumos, como adubos e fertilizantes, resultando na redução dos custos de produção (Povh et.al 2008 apud Shibuya, 2021).



Em uma visão geral, a interseção desses estudos enfatiza que o geoprocessamento, sensoriamento remoto e o estudo do uso do solo integrado à agricultura de precisão são pilares fundamentais para uma gestão integrada e sustentável dos recursos naturais e práticas agrícolas. Essas tecnologias possibilitam a implementação de estratégias inovadoras para enfrentar os desafios ambientais e promover o desenvolvimento sustentável na região de Avaré.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O papel estratégico desempenhado pelo curso de Engenharia de Biossistemas na capacitação de profissionais para enfrentar os desafios específicos da região de Avaré destaca-se por sua contribuição significativa para o desenvolvimento sustentável, a inovação tecnológica e a preservação ambiental na área.

A importância da busca por referências sólidas e atualizadas em geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão ressalta-se como um elemento essencial para o aprofundamento das pesquisas acadêmicas, desempenhando um papel fundamental na promoção da excelência no ensino e na concepção de projetos inovadores na região de Avaré.

Em conclusão, este trabalho evidencia a relevância do geoprocessamento, sensoriamento remoto e agricultura de precisão no contexto atual, impulsionados pela evolução das tecnologias de informação e computação, os quais redefinem a abordagem na compreensão e gestão do meio ambiente, da agricultura e dos recursos naturais. O estudo conduzido neste trabalho revela a amplitude dessas disciplinas e sua aplicação prática e relevância direta para a comunidade local.

A região de Avaré apresenta uma intrincada interligação entre recursos hídricos, práticas agrícolas e uso da terra. O rio Paranapanema desempenha um papel importante na agricultura local, com mais de 80% da microbacia considerada propícia para o cultivo. Apesar da importância da água, há desafios associados à disseminação de patologias. A Represa Jurumirim, embora classificada como despoluída, revela contaminação, destacando a necessidade de políticas públicas preventivas para a saúde pública e desenvolvimento regional.

Contudo, este estudo ressalta a relevância acadêmica e a aplicação prática do geoprocessamento e do sensoriamento remoto no município de Avaré. Essas ferramentas são aliadas na busca por um futuro sustentável, onde a gestão eficaz dos recursos naturais e a proteção do meio ambiente são imperativos. Em suma, o geoprocessamento e o sensoriamento remoto desempenham papéis fundamentais em diversas áreas, desde a agricultura até o manejo florestal e a gestão dos recursos hídricos.

Por fim, o curso de Engenharia de Biossistemas do IFSP - *campus* Avaré surge como uma peça-chave para atender à urgência destacada na promoção e incentivo à pesquisa nas áreas específicas abordadas. A disparidade na produção acadêmica

entre Avaré e Botucatu ressalta a necessidade e oportunidade para que o curso de Engenharia de Biosistemas desempenhe um papel fundamental nesse processo.

Ao capacitar profissionais com conhecimentos especializados em geoprocessamento, sensoriamento remoto, agricultura de precisão, e demais disciplinas correlatas, o curso se configura como um agente catalisador para impulsionar a produção científica na região. A ênfase na integração de tecnologias avançadas, manejo sustentável dos recursos hídricos, otimização da agricultura e aplicação de tecnologias na agricultura, inerente ao curso, posiciona seus graduados como atores essenciais na superação dessa disparidade.

A iniciativa de promover e incentivar a pesquisa em Avaré visa equiparar o nível de produção científica com outras localidades da região, o que converge diretamente com a proposta do curso em contribuir para o desenvolvimento sustentável do município e de suas atividades agrícolas. Além disso, ao fortalecer a base científica e tecnológica da região, o curso desempenha um papel estratégico na criação de cooperações entre a academia, o setor produtivo local e as demandas específicas do meio ambiente regional.

Dessa forma, o curso de Engenharia de Biosistemas no município de Avaré responde à urgência de impulsionar a pesquisa e se configura como um agente propulsor para a transformação sustentável da região, alinhado com as demandas contemporâneas e futuras no âmbito do desenvolvimento tecnológico, agrícola e ambiental.

## 6. REFERÊNCIAS

- AMORIM, A. T. **Diagnóstico e definição de áreas prioritárias à conservação e preservação ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Novo, UGRHI-17**, 2022. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2022.
- BERTOLI, J.G.C. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais e a gestão de recursos hídricos na unidade de gerenciamento de recursos hídricos do médio Paranapanema (UGRHI 17)**, 2017. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado Profissional em Educação Física em Rede Nacional – ProEF da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2017.
- BORÉM, A. et al. (org). **Agricultura Digital**. 2. ed. São Paulo: Editora Oficina de textos, 2021.
- BOSSLE, R. C. **QGIS e geoprocessamento na prática**. 2.ed. – São José dos Pinhais: Edição do autor, 2017.
- CAMPOS, S. et al. (org). **Geoprocessamento aplicado no planejamento de bacias hidrográficas**. Ponta Grossa (PR): Editora Atena, 2019.
- CIRAQUI, R.A. **Uso de aeronaves remotamente pilotadas na estimativa de valor potencial de exploração sustentável de populações de *Euterpe edulis***. 2022. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 2022.
- CPT, Cursos Presenciais. Pivô central: saiba como funciona e indicações de uso. In: CPT, Cursos Presenciais. **Blog para Profissionais do Agronegócio e Veterinária**. 17 mai. 2021. Disponível em: <https://www.cptcursospresenciais.com.br/blog/vantagens-do-pivo-central/> Acesso em: 03 dez. 2023.
- DANIELE. Avaré - Represa Jurumirim. In: Blogger. **Avaré na web**. Avaré, 21 jul. 2009. Disponível em: [http://avarenaweb.blogspot.com/2009/07/blog-post\\_21.html](http://avarenaweb.blogspot.com/2009/07/blog-post_21.html). Acesso em: 03 dez. 2023.
- FITZ, P. R. **geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2008.
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de textos, 2011.
- IBRAHIM, F. I. D. **Introdução ao geoprocessamento ambiental**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2014.
- LORENZZETTI, J. A. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. São Paulo: Editora Blucher, 2015.

MOLIN, J. P. et al. **Agricultura de precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4. Ed. Atual. E ampl. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011.

PARRA, A. C. Agricultura 4.0: entenda como ela impacta no campo. In: MF Rural. **MF Magazine Conteúdo Autoridade no Campo**. 6 fev. 2020. Disponível em: <https://blog.mfrural.com.br/agricultura-4-0/>. Acesso em: 03 dez. 2023.

PINHEIRO, M. P. M. A. **Avaliação do Potencial Hidrológico da Estação Ecológica de Avaré (SP) para segurança hídrica local**. Faculdade de ciências agrônômicas, UNESP – Botucatu. 2018. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018.

PORTAL PROPe. Unesp. **Informação docente**. Edson Luís Piroli. Coordenadoria de Curso de Geografia - Câmpus Experimental de Ourinhos. 11/2018. Disponível em: <http://www.gbd.sasd.ibilce.unesp.br/PortalPROPe/unesp/ourinhos/ccg/edson-luis-piroli/informacoes/>. Acesso em: 03 dez. 2023.

REISSLER, J. **Análise multicriterial e multivariada na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando a conservação dos recursos hídricos na Sub-Bacia do Alto Pardo – SP**, 2019. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 2019.

SAGAN, C. **Cosmos**. Tradução Paul Geiger. 1ª ed. São Paulo: Editora Companhia das Letras, 2017.

SHIBUYA, D. H. **Avaliação de técnicas de preenchimentos de dados faltantes em séries temporais de imagens do satélite VEN $\mu$ S para classificação do uso da terra**. 1996. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP. Campinas, 2021.

TOLEDO, F.S. **Meio Ambiente em Foco** - Volume 8. Belo Horizonte - MG: Editora Poisson, 2019 – 164p.

UNEMAT, Universidade do Estado do Mato Grosso. **Plataforma: GAAP, Geotecnologia Aplicada em Agricultura e Floresta**. Sinop – MT. 30 jul. disponível em: <https://pesquisa.unemat.br/gaaf/noticia/49/agricultura-de-precisao-pode-monitorar-o-campo-de-forma-completa>. Acesso em: 03 dez. 2023.

XAVIER DA SILVA, J. e Z Aidan, R. T. **Geoprocessamento & Meio Ambiente**. Rio de Janeiro. Editora: Bertrand Brasil, 2011.