



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Monitoramento da supressão de campo nativo: uma comparação de diferentes resoluções espaciais

Suêini Gomes Lira

Relatório de Iniciação Científica do
programa PIBIC, orientada pela Dra.
Daniela Wancura Barbieri Peixoto e
Coorientada pela Dra. Tatiana Mora
Kuplich.

INPE
Santa Maria
2023



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Monitoramento da supressão de campo nativo: uma comparação de diferentes resoluções espaciais

Suêini Gomes Lira

Relatório de Iniciação Científica do
programa PIBIC, orientada pela Dra.
Daniela Wancura Barbieri Peixoto e
Coorientada pela Dra. Tatiana Mora
Kuplich.

INPE
Santa Maria
2023

Agradecimentos

Os meus mais sinceros agradecimentos aos meus pais que sempre me incentivaram, aproveitar as oportunidades e a não desistir quando os obstáculos parecem grandes demais e a Deus que é minha maior força.

A minha orientadora Daniela, que teve paciência para me ensinar e orientar, que me incentivou a melhorar para que eu fizesse o meu melhor, também agradeço a Doutora Tatiana, que me deu a oportunidade de trabalhar neste projeto tão importante para o nosso bioma.

RESUMO

O sensoriamento remoto (SR) é ferramenta essencial para estudos de vegetação em escala regional e, dependendo da resolução espacial dos dados remotos, até local, pois é possível a geração de mapas para estimativa das áreas de campos e de seu estado de conservação, assim como monitoramento da supressão de vegetação. Nesse sentido, levando em consideração a complexidade do bioma Pampa, a proposta desse estudo foi a identificação, delimitação e mapeamento das áreas de supressão de campo nativo buscando comparar a resposta da resolução espacial das imagens provenientes dos sensores orbitais CBERS 4A, Sentinel-2, Landsat-8 e Amazonia 1. A área de estudo (área de 3.978,25 km²) está localizada na região centro-oeste do Rio Grande do Sul e para o mapeamento foram selecionadas imagens orbitais dos satélites CBERS 4A (resolução espacial de 2,5 m-fusão), Sentinel-2 (resolução espacial 10 m), Landsat-8 (resolução espacial 30 m) e Amazonia 1 (resolução espacial 60 m). No *software* livre QGIS foi criado um banco de dados com imagens dos meses de (outubro e novembro) a fim de corresponder ao calendário agrícola do estado. Para tanto foram definidas sete classes de uso e cobertura da terra para vetorização: áreas de solo exposto, área de cultivo agrícola, reflorestamento, corpos d'água, área urbana, sendo considerado apenas como vegetação natural áreas de campo nativo e vegetação florestal natural. A escala de trabalho utilizada foi de 1:75000, conforme metodologia estabelecida pelo Monitoramento ambiental dos Biomas Brasileiros por satélites (PRODES). Os dados do PRODES-Pampa disponíveis na plataforma *Terrabrasilis* foram utilizados como referência para comparação e validação do mapeamento gerado. Os resultados parciais foram apontados com base no satélites CBERS 4A e Sentinel 2. A área de estudo conforme dados do TerraBrasilis apresenta 2.767 km² (69,55% da área total) de área desmatada, a área de desmatamento encontrada no mapeamento do sensor CBERS (de melhor resolução espacial) foi de 2.556 km² (7,62% a menos da área encontrada no TerraBrasilis), a área de desmatamento encontrada no Sentinel 2 compreende um total de 2678 km² (3,21% a menos da área encontrada no TerraBrasilis). Tendo em vista que o objetivo deste trabalho foi o de identificar e vetorizar as áreas de supressão de campos naturais do bioma Pampa com uso de imagem com diferentes resoluções espaciais, verificou-se que a vetorização do desmatamento por interpretação visual das imagens de maior resolução espacial resultou menor área de supressão da vegetação para a área de estudo, o que não era o esperado, visto a resolução espacial do CBERS 4A. Neste sentido verifica-se que os dados do Sentinel estiveram mais próximos dos dados TerraBrasilis o que pode ser justificado pela diferença radiométrica dos sensores.

Palavras-chave: Bioma Pampa, Sensoriamento Remoto, Resolução espacial.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 - Processos para a vetorização	5
Figura 2 - Mapa da situação da área no RS	7
Figura 3 - Método de definição das classes	10
Figura 4 - Mapa das classes com o satélite CBERS-4A	12
Figura 5 - Mapas de diferença entre Terrabrilis-CBERS e CBERS-Terrabrilis	13
Figura 6 - Mapa das classes Vetorizadas com o satélite Sentinel-2	15
Figura 7 - Mapas de diferença entre Terrabrilis-Sentinel e Sentinel-Terrabrilis	16
Figura 8 - Mapa das classes Vetorizadas com o satélite Landsat-8	17
Figura 9 - Comparação da resolução espacial entre satélites em uma área urbana	18
Figura 10 - Comparação das classes entre os satélites CBERS-4A , Sentinel-2 e Landsat-8	19

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1 - Características dos sensores	8
Tabela 2 - Datas das imagens selecionadas	9
Tabela 3 - Classes consideradas no desmatamento.	11

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo Geral	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
2 DESENVOLVIMENTO	3
2.1 Revisão de literatura	3
2.1.1 Sensoriamento Remoto	3
2.1.2 Resolução Espacial	4
2.1.3 Monitoramento Prodes	4
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS	5
2.2.1 Área de Estudo	6
2.2.2 Sensores remotos	7
2.3 CLASSES SELECIONADAS	9
2.3.1 Vetorização manual	11
2.3.2 Validação dos resultados	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
4 CONCLUSÃO	20
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

1 INTRODUÇÃO

O Pampa brasileiro ocorre exclusivamente no Rio Grande do Sul, ocupando 63% do território desse estado (OVERBECK ET AL., 2007). O Pampa é formado por áreas planas, com vegetação predominante de gramíneas e rasteiras. Foi por anos considerada uma área pouco importante, havendo poucas leis para a sua proteção (SUERTEGARAY E PIRES DA SILVA, 2009).

Apesar dos campos possuírem grande biodiversidade e garantirem serviços ecossistêmicos insubstituíveis (Boldrini 2009, Nabinger *et al.* 2009), eles têm sido extensivamente convertidos para outros usos. Parte destas conversões são devidas à expansão da fronteira agrícola no RS, com a introdução de culturas agrícolas e também a supressão da vegetação campestre por pastagem plantada e monoculturas florestais (Kuplich *et al.* 2018). Estas atividades vêm ocupando os espaços dos campos nativos e nem sempre são adequadas e passíveis de recuperação (Nabinger *et al.* 2009).

O sensoriamento remoto (SR) é ferramenta essencial para estudos de vegetação em escala regional e, dependendo da resolução espacial dos dados remotos, até local, pois é possível a geração de mapas para estimativa das áreas de campos e de seu estado de conservação, assim como o monitoramento de suas dinâmicas (Kuplich *et al.* 2016).

Considerando que este projeto de bolsa PIBIC está em consonância com demanda do projeto Monitoramento dos biomas brasileiros por satélite - Construção de novas capacidades – financiado pelo CNPq.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar, delimitar e mapear áreas de supressão de campo nativo buscando comparar a resolução espacial das imagens provenientes dos sensores orbitais Landsat-8, Sentinel-2, CBERS 4A e Amazonia 1.

1.1.2 Objetivos Específicos

- 1- Oferecer ao bolsista um exercício de uso da metodologia científica na inserção ao sensoriamento remoto
- 2-Capacitar o bolsista no emprego de técnicas e produtos de sensoriamento remoto
- 3-Capacitar o bolsista na pesquisa e escrita de relatório e artigo científico

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão de literatura

2.1.1 Sensoriamento Remoto

Segundo Florenzano (2011), o sensoriamento remoto é a técnica que permite a obtenção de imagens e dados da superfície terrestre pela captação e do registro de energia refletida ou emitida pela superfície do solo. Esses dados podem ser adquiridos por meio de plataformas aéreas, terrestres ou orbitais (satélites artificiais). De acordo com Novo (2001), a primeira vez que se tem registro na literatura científica da utilização do termo sensoriamento remoto foi em 1960.

Estes sensores para Novo (1989), são os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada a extração de informações. Os satélites são compostos por bandas ou canais, ao qual cada uma representa uma faixa do espectro eletromagnético captada pelo satélite. Assim, Novo (1989) afirma que o espectro de energia refletida (reflexão da energia solar pelos objetos) divide-se em três subregiões: o visível (0,38 a 0,7 μm), infravermelho próximo (0,7 a 1,3 μm) e infravermelho médio (1,3 a 6 μm). Estas zonas do espectro eletromagnético recebem a designação de bandas ou canais, em cada banda é produzida uma imagem que é estruturada em pixels, constituindo cada área do terreno, os pixels de uma determinada imagem têm sempre a mesma dimensão, instituída por resolução espacial.

Neste sentido, sensoriamento remoto (SR) é ferramenta essencial para estudos de vegetação em escala regional e, dependendo da resolução espacial dos dados remotos, até local, pois é possível a geração de mapas para estimativa das áreas de campos e de seu estado de conservação, assim como o monitoramento de suas dinâmicas (Kuplich *et al.* 2016).

Existem várias pesquisas referentes ao sensoriamento remoto em relação cobertura do solo do Bioma Pampa, muitos desses programas são desenvolvidos pelo INPE. Com o avanço da tecnologia em sensoriamento remoto tornou-se essencial para a caracterização, identificação e gerenciamento dos recursos naturais, assim facilitando a

coleta e análise de dados em grandes áreas, tal qual o Bioma Pampa (Peixoto, D.W.B et al.; Guerini Filho et al., 2020).

2.1.2 Resolução Espacial

Segundo Barbosa (2019), resolução espacial é a medida em que identifica-se o o tamanho do menor objeto identificável na imagem. Esta resolução é definida pelo tamanho do pixel, pois quanto maior o pixel, menor será a resolução da imagem. A resolução espacial é importantíssima quando falamos de imagens orbitais, pois é um dos elementos essenciais já que afeta tanto na área mínima a ser mapeada, quanto na identificação do que se pretende. Este assunto é de grande relevância, e desperta a atenção de usuários desta técnica, visto que vem-se evoluindo na construção de sensores resolução espacial fina isto é poucos metros de resolução (PONZANI, F.J et al, 2001).

2.1.3 Monitoramento Prodes

O sensoriamento remoto como fonte principal de informações espectrais, espaciais e temporais, torna possível construir bases sólidas de conhecimento ambiental, tendo sido utilizado há décadas em projetos como o PRODES (monitoramento por satélite do desmatamento por corte raso na Amazônia Legal), desenvolvido pelo INPE desde 1988 (Valeriano et al. 2004).

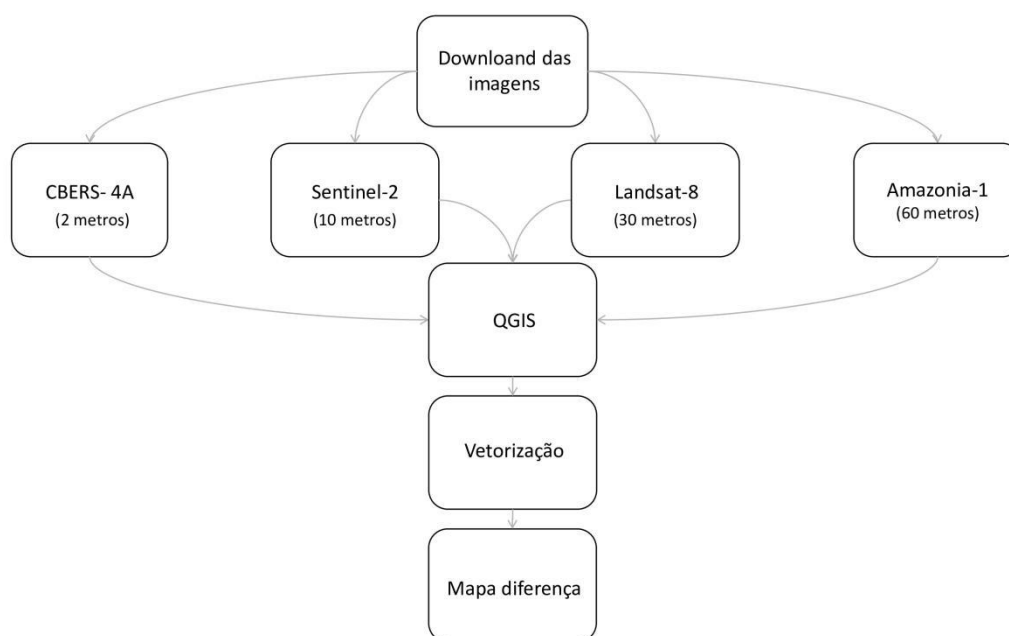
Os mapas são gerados a partir da combinação de pré-processamento de um conjunto de imagens Landsat 8, seguido de vetorização manual baseada na interpretação visual (Almeida et al., 2022). Este processo garante mapas com alta confiabilidade, entretanto pode ser demorado. Neste sentido, a procura por metodologias que auxiliem no processo de mapeamento, tanto do desmatamento quanto nas mudanças de uso e cobertura da terra, tornam-se necessárias.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia é de fundamental importância no processo de produção científica, pois é a partir da mesma que serão apresentados os procedimentos e as técnicas adotadas para realização da pesquisa.

A partir das atividades desenvolvidas foi possível estabelecer uma sequência de procedimentos metodológicos para vetorização do uso e cobertura da terra na área de estudo. O fluxograma de trabalho é apresentado na Figura 1 e descritos na sequência.

Figura 1 - Processos para a vetorização



Fonte: Lira (2023)

2.2.1 Área de Estudo

O Pampa é o único bioma brasileiro que abrange apenas um estado, o Rio Grande do Sul, ocupando 63% do seu território (MMA, 2019). A vegetação campestre nativa ocupa apenas 40% do bioma Pampa no estado do Rio Grande do Sul (RIBEIRO ET AL., 2021).

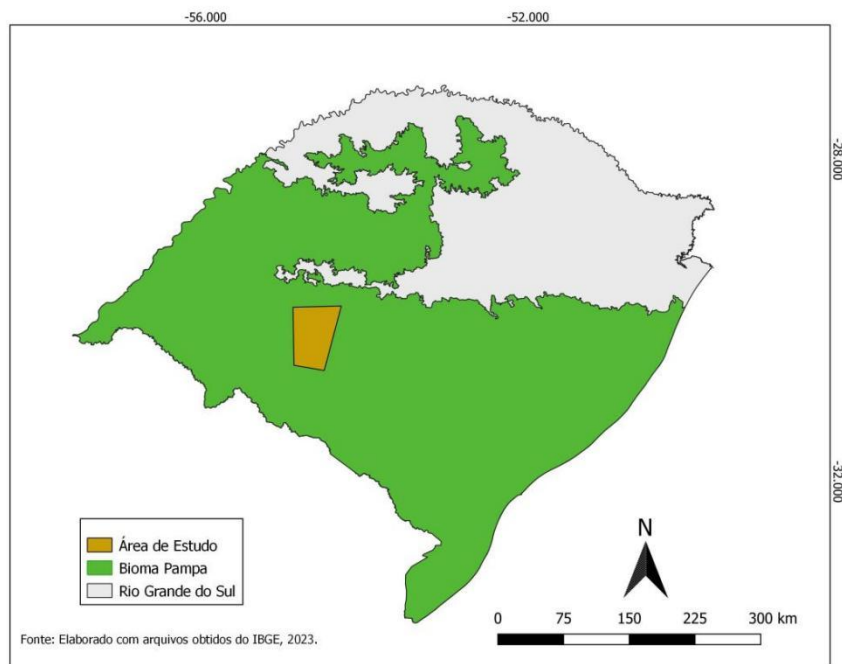
A área de estudo está localizada na porção centro-oeste do estado do RS, com uma área de 3.978,25 km² como mostra a Figura 2, as terras planas da região e o nível pluviométrico impulsionam cultivos agrícolas e a pecuária.

Segundo Overbeck *et al* (2007), a supressão da vegetação Pampa, decorre da ampliação das culturas agricultura, silvicultura e das pastagens cultivadas, sendo maior parte da área destina-se a cultura de soja.

A mudança na cobertura do solo do bioma pode causar desequilíbrios, o desequilíbrio mais observado é a desertificação do solo, tamanha é a preocupação que Federação Brasileira, por meio do Ministério do Meio Ambiente, sancionou uma lei que visa o combate a desertificação e mitigação dos efeitos da seca (BRASIL, 2015).

Por este motivo é tão necessário o estudo presente, para que as melhores técnicas sejam aplicadas no estudo deste importante Bioma.

Figura 2 - Mapa da situação da área no RS



Fonte: Lira (2023)

2.2.2 Sensores remotos

Para o presente estudo foram utilizados quatro satélites distintos, o CBERS 4A, Sentinel-2, Landsat-8 e Amazonia 1, cada um com uma resolução espacial diferente. De acordo com Moreira e Rosa (2005) muitos países, principalmente o Brasil, investiram consideravelmente para colocar em órbita satélites de observação da Terra, fazendo com que aumentasse a consolidação e a relevância das imagens de satélites de sensoriamento remoto e que se obtivesse maiores informações dos recursos naturais.

O CBERS 4A é um satélite feito em parceria entre dois países, China e Brasil. Embarcada no satélite CBERS 4A, estão os sensores Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM), esta câmera foi fabricada pela China. Tem como objetivo proporcionar imagens com resolução espacial panorâmica de 2 metros e resolução Multiespectral de 8 metros (INPE, 2019).

Outro satélite utilizado foi o Sentinel-2, este é um satélite de fabricação Europeia, desenvolvido pela The European Space Agency (ESA), com imagens multiespectrais de alta resolução e faixa ampla, projetou-se para conceder alta frequência de revisita de 5 dias no Equador. Carrega em seu interior 13 bandas espectrais de 10 metros, 20 metros e 60 metros de resolução (ESA, 2023). As bandas utilizadas para o presente trabalho foram as 2, 3 e 4 que tem resolução de 10 metros.

O Landsat-8, também utilizado neste trabalho foi desenvolvido pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e pela U.S Geological Survey (USGS), e opera com os instrumentos Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS), com resoluções de 30 metros e 100 metros respectivamente. O sensor OLI possui 9 bandas espectrais e o sensor TIRS possui apenas 2 bandas espectrais (EMBRAPA, 2020). O sensor utilizado foi o OLI, e as bandas espectrais (2, 3 e 4).

O Amazonia-1 que é desenvolvido e fabricado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), possui uma órbita solar síncrona que produz imagens a cada 5 dias, dispõe de um imageador óptico de visada larga (câmara com 3 bandas frequências no espectro visível VIS, 1 banda próxima do infravermelho - Near Infrared ou NIR), tem resolução espacial de 60 metros (INPE, 2019). O imageador utilizado para as análises foi o VIR.

Para Moreira (2007) a escolha das bandas para interpretação e análise, irá depender das necessidades do pesquisador. Neste sentido, as bandas escolhidas de todos os sensores foram de cor verdadeira.

Na Tabela 1, estão listadas todas as características dos sensores mencionados acima.

Tabela 1 - Características dos sensores

Satélite/sensor	Bandas espectrais	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área imageada
CBERS-4A/ WPM	0,45-0,90µm (Pan) 0,45-0,52µm (B) 0,52-0,59µm (G) 0,63-0,69µm (R)	2 metros (pancromática) 8 metros (multiespectral)	31 dias	92 km

Continua

Tabela 1 - Continuação

Satélite/sensor	Bandas espectrais	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área imageada
Landsat-8/OLI	0,450-0,515µm(B) 0,525-0,600µm(G) 0,630-0,680µm(R)	30 metros	16 dias	185 km
Sentinel-2/MSI	0,49µm(B) 0,56µm(G) 0,665µm(R)	10 metros	5 dias	705 km
Amazonia 1/WFI	0,45-0,52µm(B) 0,52-0,59µm(G) 0,53-0,69µm(R)	60 metros	5 dias	750 km

As imagens foram coletadas em suas respectivas plataformas que possibilitam o download, gratuitamente. As imagens do CBERS, Landsat-8 e Amazonia-1 foram obtidas na plataforma do INPE, a imagem Sentinel 2 foi adquirida na Agência Espacial Européia (ESA)/Comissão Européia em atendimento ao Programa Copernicus (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>). As datas das imagens são apresentadas na Tabela 2. As datas das imagens selecionadas foram baseadas no calendário agrícola do RS, devido a exposição do solo para o preparo do cultivo agrícola.

Tabela 2 - Datas das imagens selecionadas

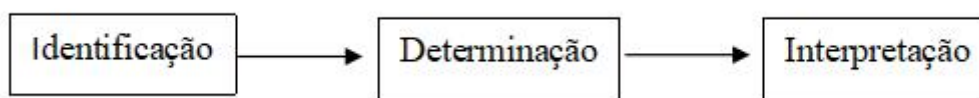
Imagem/satélite	Plataforma de Download	Data da imagem
CBERS-4A	INPE	28 de outubro de 2021
Sentinel-2	ESA/ Copernicus	11 de novembro de 2021
Landsat-8	INPE	22 de novembro de 2021
Amazonia-1	INPE	22 de novembro de 2021

Fonte: Organização Lira (2023).

2.3 CLASSES SELECIONADAS

Para seleção das classes seguiu-se algumas etapas. A primeira etapa – identificação - primeira leitura da imagem, utiliza-se o conhecimento local para análise da área. A segunda etapa – determinação – o operador desenvolve os processos dedutivos e indutivos da área mesmo que a imagem revele somente uma visão parcial do objeto, como, por exemplo, a copa de uma árvore ou o telhado de uma casa. A terceira etapa – a interpretação - o usuário cria correlações entre os elementos determinados na imagem e, por fim, elabora hipóteses interpretativas (FIGURA 3).

Figura 3 - Método de definição das classes



Fonte: Lira (2023)

A partir da análise de elementos como cor, textura e forma identificou-se as classes de uso do solo a serem vetorizadas: floresta natural, área agrícola, reflorestamento, área urbana, corpos d'água, campo nativo e área natural não vegetada.

As feições que compreenderam cada classe foram:

- floresta: natural, inclui os remanescentes florestais, mata galerias e florestas;
- área agrícola: área em que o solo se encontra convertido de vegetação nativa para culturas agrícolas, geralmente são encontradas nestas áreas plantio de soja e arroz e no período de entressafra ocorre o plantio de pastagens;
- reflorestamento: área de desmatamento em que se identificou o uso do solo convertido de vegetação nativa para plantio de floresta de silvicultura (pinus e eucalipto);
- área urbana: todos os locais onde existem ocupação por algum tipo de assentamentos populacionais com edificações de diferentes portes;
- corpos de água: curso d'água incluindo rios, lagos, açudes;

- campo nativo: corresponde às áreas com vegetação predominantemente de gramíneas, leguminosas e vegetação arbustiva

- área natural não vegetada: abrangem área de bancos de areias, afloramentos, entre outros;

As classes consideradas como área de desmatamento seguem a conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Classes consideradas no desmatamento.

Classes	Uso da terra
Desmatamento	Área de cultivo
	Solo exposto
	Área urbana
	Reflorestamento

Fonte: Lira (2023).

2.3.1 Vetorização manual

A vetorização manual é realizada por meio da interpretação visual de composições coloridas de imagens previamente processadas e vetorização das feições de interesse por fotointérprete, utilizando para isso o auxílio de um Sistema de Informações Geográfica (SIG). Todo o processo de vetorização foi feito utilizando o software Qgis. A imagem foi visualizada no QGIS, na escala de 1:75000 conforme metodologia adotada por TerraBrasilis do INPE (Almeida *et al.* 2022).

Na ferramenta de Edição Vetorial foram criados os dados em *shapefile*, por meio da vetorização manual, através da ferramenta de criação de feições (polígonos, linhas) categorizados conforme as classes pré-definidas.

Após a vetorização de todos os objetos de interesse foram finalizados e salvos em formato vetorial/shape, servindo de base para posterior análise dos vetores detectados.

2.3.2 Validação dos resultados

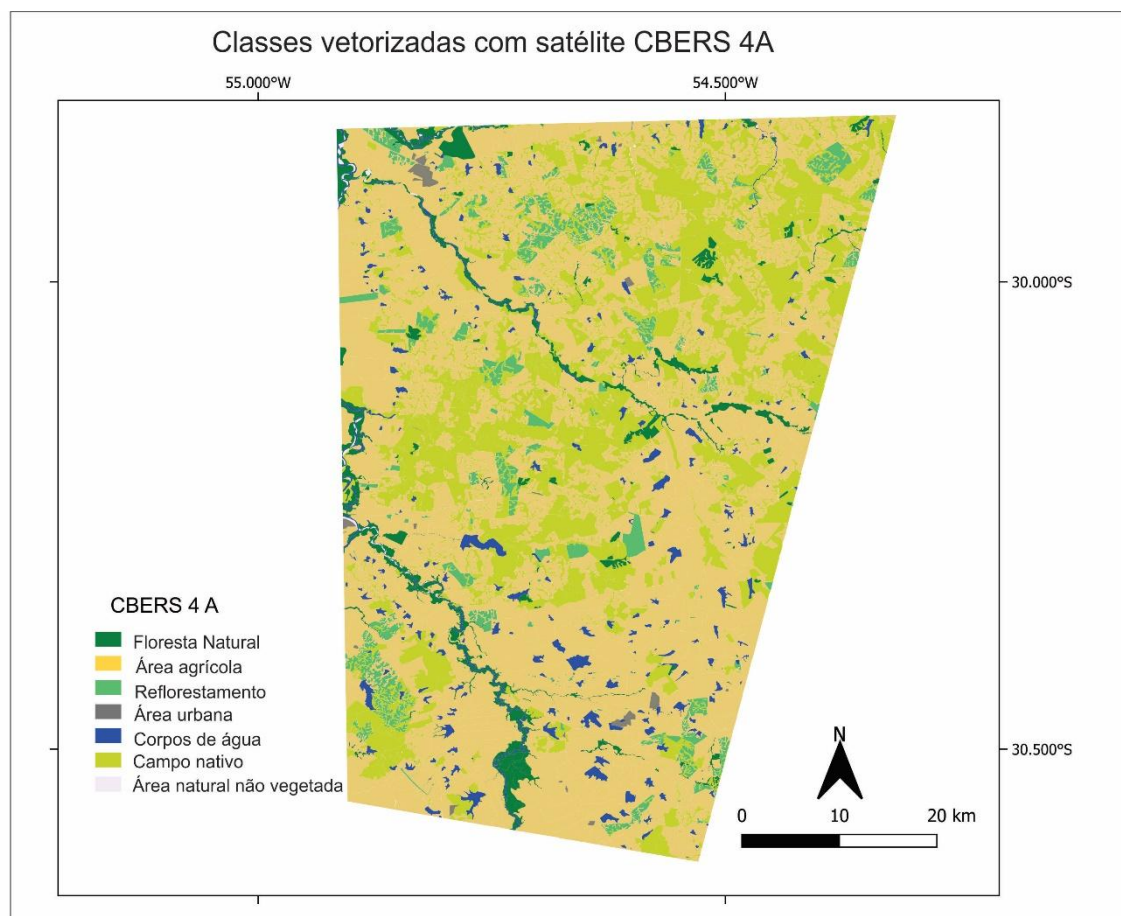
Foram consultados como dados referência para validação os arquivos em formato shapefile (*.shp) disponíveis no Terrabrasilis (Assis et al., 2019, Almeida et al., 2020) (<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As relações entre as formas de exploração, degradação e erosão, destruição da mata ciliar são processos que impactam e transformam uma superfície. A área de estudo apresenta 3.978,25 km² de área total, baseado nos dados fornecidos pelo Terrabrasilis observou-se que a área de estudos apresenta 69,88% de área desmatada.

Após a vetorização realizada obteve-se a Figura 4, que demonstra as classes encontradas na imagem de satélite CBERS-4A.

Figura 4 - Mapa das classes com o satélite CBERS-4A

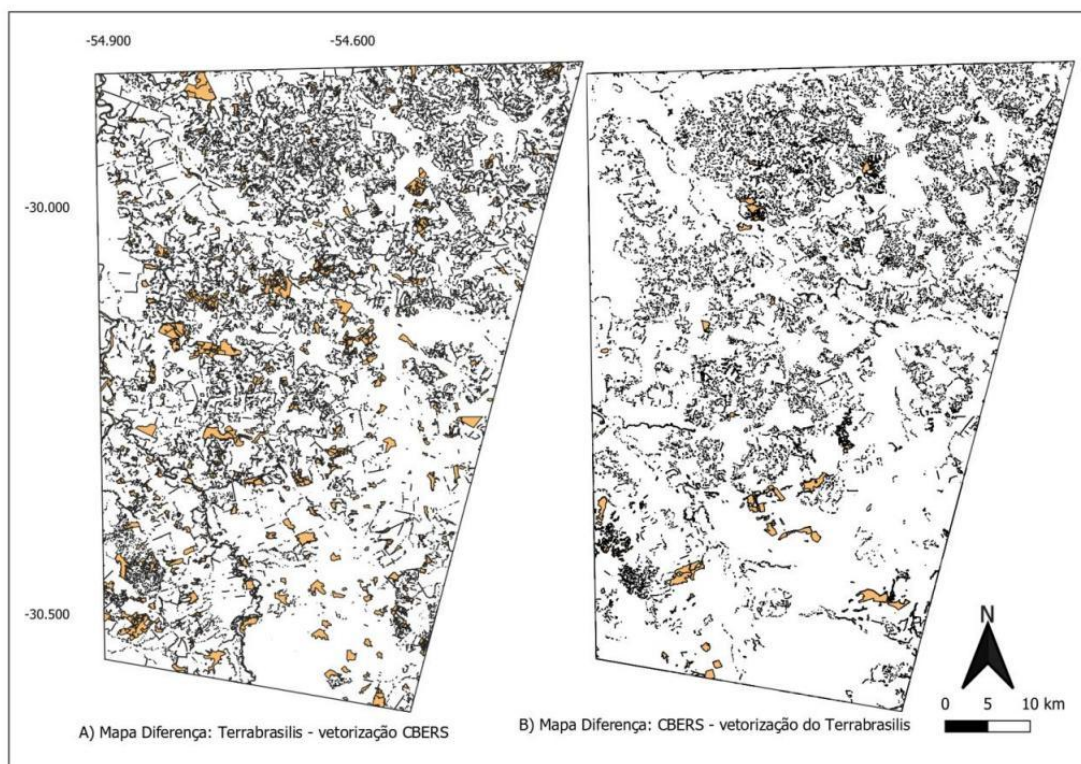


Fonte: Lira (2023)

A imagem CBERS 4A foi a primeira a ser vetorizada, pois possui uma resolução espacial maior que as outras subsequentes, como pode-se observar foi uma vetorização bem detalhada, onde todas as classes foram atendidas. O desmatamento encontrado foi de 2.556,4 km², correspondente a 64,43% da área total de estudo, ou seja 5,9% a menos que nos dados do Terrabrasilis. Conforme a vetorização feita, verificou-se que houve predomínio das áreas agrícolas no mapa de uso da terra referente ao satélite CBERS 4A como mostra a figura 4.

Então para que houvesse a verificação e melhor entendimento dos dados foi feito um mapa diferença entre o desmatamento Terrabrasilis e o desmatamento encontrado no presente trabalho, como mostra a Figura 5. Neste sentido, o mapa diferença extrai informações da camada de entrada que não se enquadram nos limites da camada de sobreposição (QGIS, 2023)

Figura 5 - Mapas de diferença entre Terrabrasilis-CBERS e CBERS-Terrabrasilis



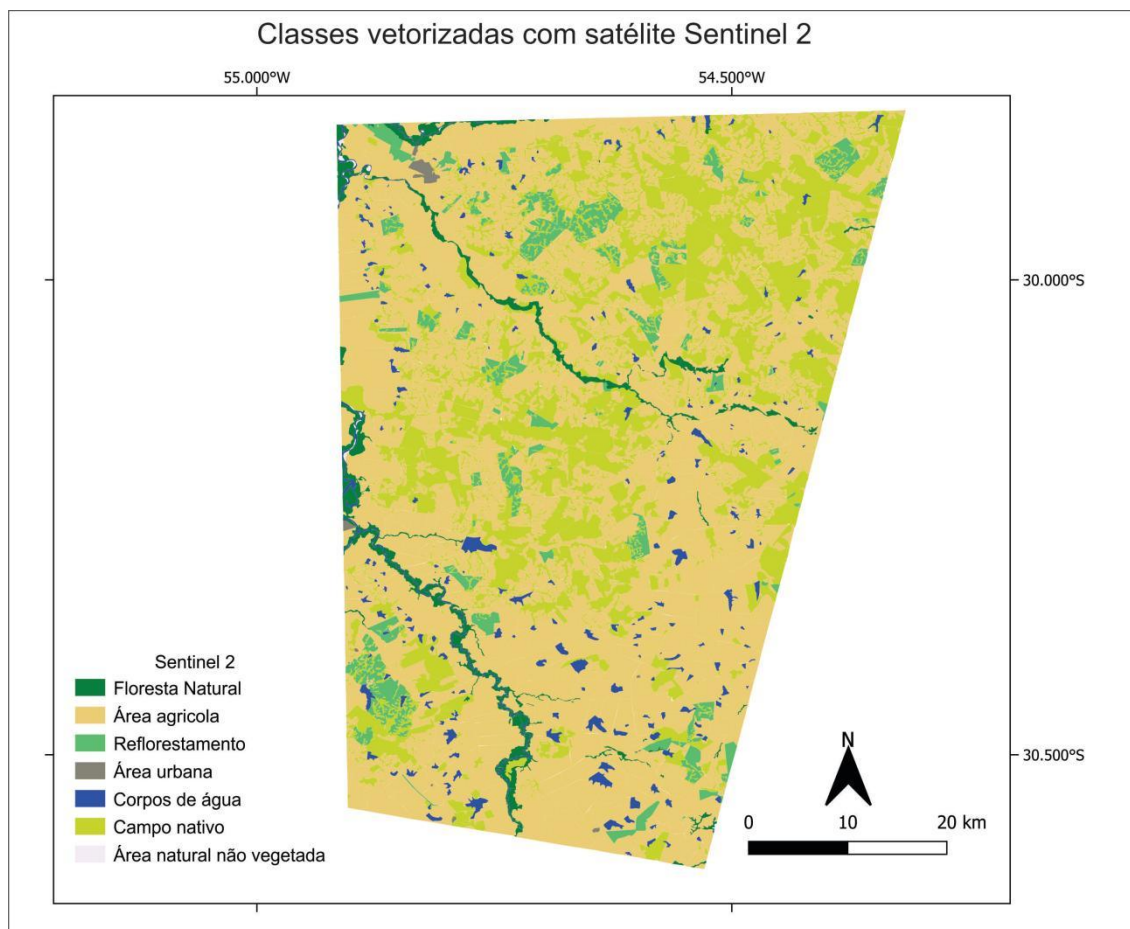
Fonte: Lira (2023).

A Figura 5-A) apresenta o que o Terrabrasilis possui e o que na vetorização do CBERS não contém, foi um total de diferença de 292,22 Km², isto é 7,34% da área total de estudo. O mapa B) demonstra o que existe na Vetorização do CBERS e não existe no Terrabrasilis o valor encontrado foi de 108,73 Km² ou 2,73%, isto quer dizer que, as partes encontradas no CBERS, não reconhecidas como desmatamento.

De acordo com Adorno (2023), verificou-se que existe uma classificação muitas vezes errônea quando se trata de composições vegetais, muitas vezes causadas pela não identificação correta quanto a cor ou aspecto do campo seco ou solo exposto. Então o mapa diferença de áreas citada acima demonstra que a má identificação da composição vegetal pode estar afetando a melhor vetorização e assim influenciando no aumento da área agrícola no satélite CBERS 4A, pois ele tende a maximizar as áreas agrícolas, possivelmente pela sua resolução espacial a visualização e identificação de cada classe.

Em seguida, ocorreu a interpretação visual e vetorização na imagem de satélite Sentinel-2, onde, produziu-se a Figura 6 que demonstra todas as classes identificadas.

Figura 6 - Mapa das classes Vetorizadas com o satélite Sentinel-2

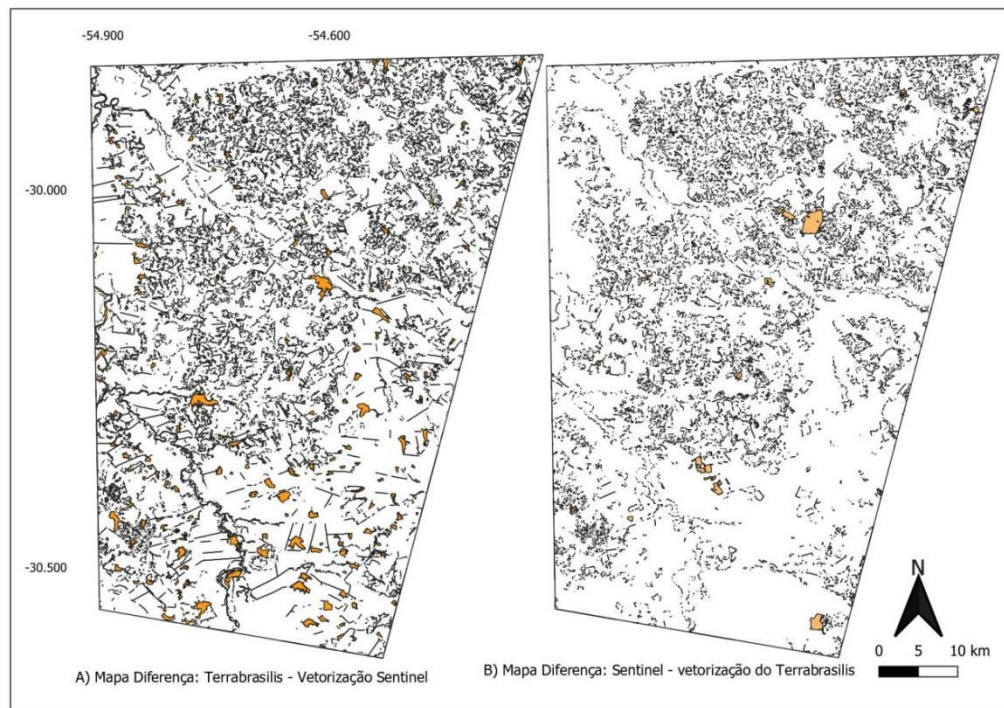


Fonte: Lira (2023)

A figura acima, apresenta que todas as classes foram atendidas, a resolução espacial do Sentinel-2 é menor que a do CBERS-4A.

Baseado na vetorização do Sentinel-2 encontrou-se 2.678 km² de área desmatada (67,5% da área total), 2,38 % a menos que a área desmatada do Terrabrazilis. Na sequência fez-se dois mapas diferenças como estão ilustrados na Figura 7.

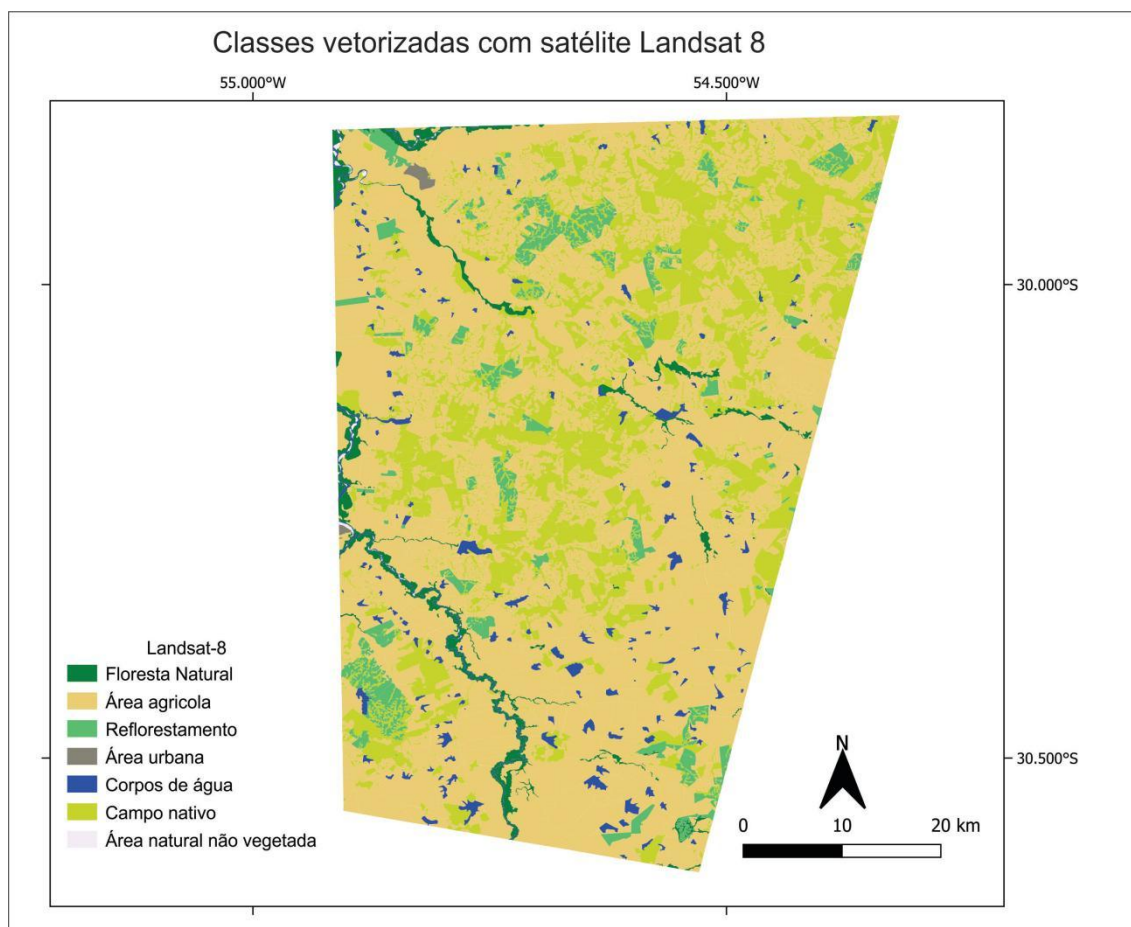
Figura 7 - Mapas de diferença entre Terrabrasilis-Sentinel e Sentinel-Terrabrasilis.



Fonte: Lira (2023).

A Figura acima demonstra: A) diferença entre o Terrabrasilis e a vetorização do Sentinel-2, ou seja tudo que o Terrabrasilis possui e que não foi vetorizado na imagem do Sentinel-2. Esta diferença teve um total de 162,49 km² (4,08%) de área. O mapa B apresenta a diferença entre Sentinel-2 e Terrabrasilis, isto é o que foi vetorizado no sentinel-2 e não que não foi encontrado no Terrabrasilis e teve um total de 67,58 km² (1,69%).

Figura 8 - Mapa das classes Vetorizadas com o satélite Landsat-8

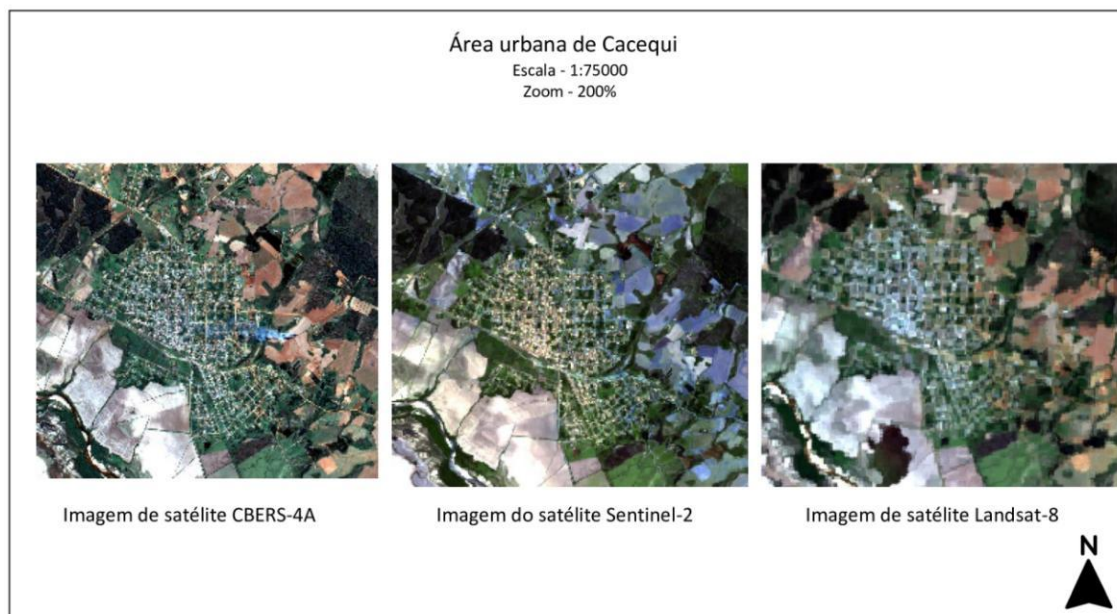


Fonte: Lira (2023).

A figura 8, demonstra todas as classes atendidas na vetorização feita com base na imagem do satélite Landsat-8, esta, possui resolução espacial menor que os dois satélites já mencionados anteriormente.

Ao comparar-se as áreas de desmatamento mapeadas na imagem Landsat-8 com os dados do Terrabrasilis, verifico-se que área de desmatamento encontrada foi de 2.684 km² (67,48% de área total), e 2,07% a menos que a área desmatada do Terrabrasilis.

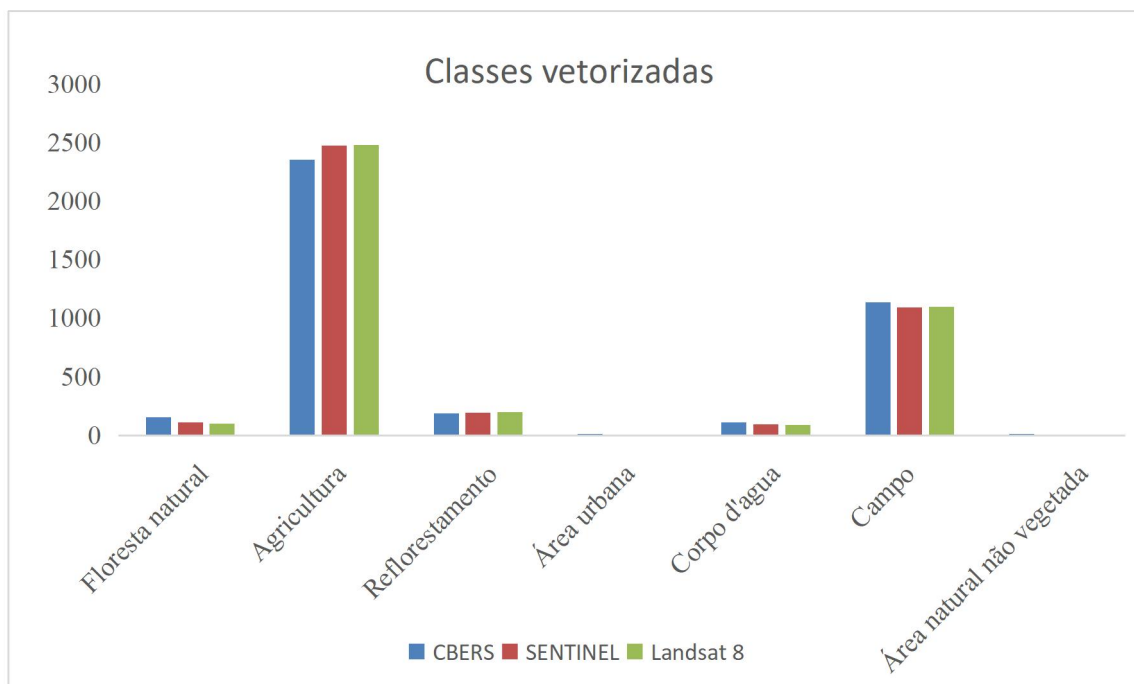
Figura 9 - Comparação da resolução espacial entre satélites em uma área urbana



Fonte: Lira (2023).

Na Figura 9, é possível identificar as diferenças de resolução espacial, entre os satélites CBERS 4A, Sentinel 2 A e Landsat 8 com o mesma escala em uma área urbana localizada na área de estudo, apesar do CBERS-4A apresentar melhor resolução e achamos que ele é o mais recomendado para a análise de áreas urbanas, Dos Santos *et al.* (2022), afirma que o CBERS-4A quase dobra o total de áreas urbanas, quando comparadas com o IBGE. Isto repete-se quando falamos do presente trabalho, já que em comparação com o Sentinel-2 que apresentou uma área urbana de 7,11 km² o CBERS apresentou 14,80 km² de área urbana mapeada mais que o dobro da área do Sentinel-2 (figura 10).

Figura 10 - Comparação das classes entre os satélites CBERS-4A , Sentinel-2 e Landsat-8



Fonte: Lira (2023).

Como pode-se observar na figura 10, existe uma diferença ínfima entre os dois satélites quando observamos o gráfico, mas quando calculamos a diferença das áreas agrícolas entre eles, obtemos um número considerável, de área 121,35 km². Esta diferença se deve pelo fato das resoluções espaciais serem distintas entre os satélites.

De acordo com os dados TerraBrasilis, o satélite que tem mais concordância com as informações é o Sentinel-2. Isto também foi encontrado por Adorno (2023), que encontrou que as classificações feitas pelo Sentinel-2, foram mais corretas do que as classificações feitas pelo CBERS-4A.

4 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do presente trabalho que teve como objetivo principal “Identificar, delimitar e mapear áreas de supressão de campo nativo buscando comparar a resolução espacial das imagens provenientes dos sensores orbitais Landsat-8, Sentinel-2, CBERS 4A e Amazonia 1 no Bioma Pampa” percebeu-se o quanto é necessário a pesquisa e o aprimoramento dos estudos na área.

Este estudo fez a comparação entre quatro imagens de satélite (CBERS-4A, Sentinel-2, Landsat-8 e Amazonia-1, os dois últimos ainda não totalmente analisados), para se entender qual o melhor para identificar mudanças e supressão da vegetação nativa no bioma, como se pode perceber ao longo deste trabalho o melhor satélite para reconhecimento com os dados que temos até o momento é o Sentinel-2, pois apresenta melhor consistência com os dados oficiais fornecidos pelo Terrabrasilis.

Vale ressaltar a escassez de artigos científicos, comparando as imagens espaciais principalmente de satélites brasileiros com satélites estrangeiros, para estudos dos bioma brasileiros, o que ressalta a importância de serem cada vez mais estudados e avaliados para que haja assim a melhor caracterização dos usos do solo no bioma Pampa e dos demais biomas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADORNO, B. V.; KÖRTING, T.S.; AMARAL, S. "Contribution of Time-series Data Cubes to Classify Urban Vegetation Types by Remote Sensing." *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 79, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866722003600?via%3Dihub>.

Acesso em: 20 de jul 2023.

BARBOSA, C.F.; NOVO, E.M.L.M.; MARTINS, V.S. *Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos: Princípios e aplicações*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. p. 107-132. 2019. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/labisa/livro/res/conteudo.pdf>. Acesso em: 30 de junho de 2023.

BRASIL. Lei 13.153, de 30 de julho de 2015. *Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos*. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF. 2015. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf.

Acesso em: 30 de junho de 2023.

DOS SANTOS, B.D.; DE PINHO, C.M.D.; OLIVEIRA, G.E.T.; KÖRTING, T.S., *et al.* Identifying precarious Settlements and urban fabric typologies based on GEOBIO and mining in Brazilian Amazon Cities. *Remote sensing*, v.14, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs14030704>. Acesso em: 20 de julho de 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, Distrito Federal. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat#oli>. Acesso em: 4 julho de 2023.

ESA - The Europeam Space Agency. Colónia, Alemanha. 2023. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/overview>. Acesso em: 04 de junho de 2023.

FLORENZANO, T. G. Iniciação em Sensoriamento Remoto: Imagens de satélites para estudos ambientais. São Paulo: 3ª, Ed Oficina de Textos, 2011.

PEIXOTO, D.W.B; TRINDADE, P.M.P; KUPLICH, T.M; ALMEIDA, C.A. Análise da temperatura de superfície em diferentes coberturas do Bioma Pampa. Revista Brasileira de Geografia Física, Pernambuco, v,15, n. 01, p. 268-281. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/250644/40704>. Acesso em: 29 junho de 2023.

QGIS - QGIS.org, %Y. QGIS 3.22. Geographic Information System User Guide. QGIS Association. Electronic document: https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/user_manual/index.html

GUERINI FILHO, M., KUPLICH, T.M, QUADROS, F.L.F. Estimating natural grassland biomass by vegetation indices using Sentienel 2 remote sensing data. Internacional Journal of Remote Sensing. v. 41, n. 8, p. 2861-2876. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1697004>. Acesso em 29 junho de 2023.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2019. Disponível em: <http://www.cbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php>. Acesso em: 04 de julho de 2023.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2019. Disponível em: http://www.inpe.br/amazonia1/sobre_satelite/. Acesso em: 04 de julho de 2023.

MENSES, P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. UnB-CNPq. Brasília, 2012.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). Pampa. Folder Pampa. (2019). Disponível em: <https://www.mma.gov.br/bio-mas/pampa>. Acesso: 04 junho 2023

MOREIRA, M. A.; ROSA, V. G. C.; FREITAS, R. M.; RUDORFF, B. F. T. Comparação da resposta espectral de alvos em imagens CBERS-2/CCD e LANDSAT-5/TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3º ed. EDITORA UFV, Viçosa, 2007.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto Princípios e Aplicações**. Edgard Blücher: São Paulo, 1989.

NOVO, E.M.L.M; PONZONI, F.J. Introdução ao Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, 2001. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR_DPI7.pdf. Acesso em: 29 de Junho de 2023.

REMOTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1027-1034. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. (INPE-12622-PRE/7915). Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.15.51/doc/1027.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2023.

OVERBECK, G.E., MULLER, S.C., FIDELIS.A., PFADENHAUER, J, PILLAR BLACO, C.C., BOLDRINI, I.I, BOTH, R. FORNECK, E.D., Brazil's neglected bio,a: The south Brazilian Campos, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 9, p, 101-106. 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1433831907000303?via%3Dihub>. Acesso em: 03 julho de 2023.

PILLAR, V. D.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A. Campos Sulinos, conservação e uso sustentável da biodiversidade. MMA, Brasília, DF. 2009.

PONZONI, F.J.; GALVÃO, L.S.; EPIPHANIO, J.C.N. Influência da resolução espacial sobre a quantificação de áreas não florestadas em ambiente amazônico. Anais X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, p. 1713-1720, abril, 2001. Disponível em:

<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.24.10.30/doc/1713.1720.043.pdf> .

Acesso em: 30 junho de 2023.

SUERTEGARAY, D. M. A.; PIRES DA SILVA, L. A. 2009. Tchê Pampa: histórias da natureza gaúcha. in: Pillar, V. P.; Müller, S. C.; Castilhos, Z. M. S. & Jacques, A. V. A. 2009. Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade. MMA, Brasília, p. 42-59.