

ANÁLISE DAS MUDANÇAS NA COBERTURA E USO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FERREIRA EM PINHAL GRANDE/RS A PARTIR DE SENSORIAMENTO REMOTO E INDICADORES AGROPECUÁRIOS.

ANALYSIS OF CHANGES IN LAND COVER AND USE IN THE FERREIRA RIVER BASIN IN PINHAL GRANDE/RS BASED ON REMOTE SENSING AND AGRICULTURAL INDICATORS

Ana Paula Kiefer
anapaulakiefer@gmail.com

Douglas Stefanello Facco
douglas.s.facco@gmail.com

Franciele Francisca Marmentini Rovani
franciele.rovani@ufrgs.br

Resumo

As intensas transformações antrópicas do século XX alteraram significativamente o meio natural ao longo dos anos. A preocupação atual está em equilibrar a conservação dos ecossistemas com a produção sustentável, bem como monitorar áreas em processo de deterioração ambiental. Para tanto, a utilização das geotecnologias em análises de degradação da natureza intensificara-se e tornou-se essenciais na gestão e planejamento destes locais. Desta forma, o principal objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação temporal da dinâmica do uso e cobertura da terra e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) da bacia hidrográfica do Rio Ferreira, localizada no município de Pinhal Grande, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e de indicadores agropecuários. Para isso, utilizaram-se produtos cartográficos, imagens de satélite da família Landsat para a geração dos mapas de 1986 e 2019 e dados agropecuários disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Os resultados, apontam um aumento nas classes de solo exposto, em decorrência do acréscimo na pecuária, criação bovina e locais entressafra no local, além de evidenciarem a intensificação das áreas de agricultura devido às novas tecnologias no setor. Os valores do NDVI variam de -0,03 a 0,53, sendo a mais abrangente, próxima as drenagens do rio Ferreira. Para concluir, destaca-se que as alterações ao longo do tempo na bacia estão diretamente associadas ao avanço das áreas de soja e a dinâmica entressafra das culturas de milho e trigo, principalmente, assim como da criação de pecuária com destaque aos bovinos de corte no local.

Palavras-chave: Geotecnologias; Cobertura da Terra; NDVI.

Abstract

The intense anthropogenic transformations of the 20th century have significantly altered the natural environment over the years. The current concern is to balance ecosystem conservation with sustainable production, as well as to monitor areas in the process of environmental deterioration. To this end, the use of geotechnologies in nature degradation analyses has intensified and become essential in the management and planning of these locations. Thus, the main objective of this work was to carry out a temporal evaluation of the dynamics of land use and coverage and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of the Ferreira River basin, located in the municipality of Pinhal Grande, through remote sensing techniques and agricultural indicators. For this, cartographic products, satellite images from the Landsat family were used to generate the 1986 and 2019 maps, and agricultural data made available by the Brazilian Institute of Geography and Statistics. The results indicate an increase in the exposed soil classes, due to the increase in livestock farming, cattle raising and off-season areas in the area, in addition to evidencing the intensification of agricultural areas due to new technologies in the sector. The NDVI values range from -0.03 to 0.53, with the most comprehensive being

close to the drainages of the Ferreira River. In conclusion, it is worth highlighting that the changes over time in the basin are directly associated with the expansion of soybean areas and the off-season dynamics of corn and wheat crops, mainly, as well as livestock farming, especially beef cattle, in the area.

Keywords: Geotechnologies; Earth Coverage; NDVI.

Introdução

Intensas transformações advindas dos avanços sociais, econômicos e tecnológicos, ocasionam significativas mudanças nos cenários ambientais (SANTOS; MARCHIORO, 2020). Processos acentuados de desmatamento, urbanização descontrolada e a agricultura intensiva são fatores que se sucedem ao longo do tempo e que resultam na degradação do espaço e no desequilíbrio ecológico.

Estas alterações são capazes de manifestar-se, de maneira considerável em bacias hidrográficas, afetando os ecossistemas aquáticos e também terrestres, alterando suas características físicas, biológicas e químicas. Refletindo a relação intrínseca entre sociedade e natureza, as mudanças nas bacias hidrográficas, podem ser distinguidas e quantificadas em estudos de escalas temporais e espaciais.

A partir de uma visão sistêmica, física ou de planejamento, as bacias hidrográficas são um sistema ambiental, geograficamente natural, delimitada por divisores de água. Em concordância, Carvalho (2020), salienta que ela é uma unidade básica de análise para o desenvolvimento de ações com a perspectiva de integração da gestão hídrica e ambiental. Nessa perspectiva, Oliveira (2011), contribui ao considerar a bacia hidrográfica como o resultado da interação de elementos físicos, biológicos, sociais, políticos, culturais e econômicos.

Em uma complexidade sistêmica, as bacias hidrográficas constituem-se como um ecossistema singular, em uma potencialidade avaliativa dos impactos antrópicos ocorridos ao longo do tempo. Em vista disso, tornam-se de fundamental importância as análises que se dedicam a compreender as mudanças cometidas no espaço, relacionadas a dinâmica da cobertura e uso da terra, constituindo uma relação direta entre a perda e o equilíbrio na qualidade e quantidade da água.

A análise da cobertura e uso da terra em bacias hidrográficas, está relacionada a sua dinâmica física conjuntamente aos aspectos socioeconômicos. A observação desses elementos conectados, permite a geração do entendimento da paisagem local e como um produto cartográfico, o mapa de cobertura e uso da terra, auxilia no processo de tomada de decisão, afim de analisar os conflitos resultantes.

As inquietações, nesse viés, permeiam os impactos das alterações no uso e cobertura da terra nas últimas décadas, considerando os recursos naturais, a organização social e a dinâmica dos sistemas ambientais. Ou ainda, em questão de como as transformações desencadeadas pela agropecuária proporcionam prejuízos no sistema, alterando o estado de equilíbrio ambiental e também cultural-local.

Por consequência, a espacialização dessas informações, bem como a análise das mudanças espaço-temporais é possível através do auxílio de ferramentas tecnológicas. Neste caso, as geotecnologias, com destaque ao sensoriamento remoto e aos sistemas de informações geográficas (SIG), quando utilizadas simultaneamente tem grande potencial e importância para o estabelecimento de planos integrados de conservação e ações de uso sustentável de recursos vindos do solo e da água (FLAUZINO ET AL., 2010).

Com o crescente uso das geotecnologias, possibilita-se, discutir os conceitos, aplicações e a importância dessas ferramentas para os estudos de bacias hidrográficas. Assim como salienta Braz et al., (2013, p. 5) “ O uso de geotecnologias para o mapeamento do uso e cobertura da terra tornou-se um importante procedimento para o planejamento de uma determinada área”. Ao mesmo

tempo e com destaque para o sensoriamento remoto, Christofoletti (1999), destaca que suas ferramentas são essenciais na compreensão de estudos ambientais, pois permitem a reconstrução da realidade de determinado lugar e a observação das transformações do ambiente.

Com base nos pressupostos constatados, o objetivo deste estudo é de avaliar a evolução espaço-temporal da dinâmica do uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Ferreira, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, e indicadores agropecuários. A BHRF abrange, aproximadamente 25% da área territorial do município de Pinhal Grande, que se localiza na região central do Rio Grande do Sul e integra o Quarta Colônia Geoparque Mundial da UNESCO.

Este estudo se destaca por sua abordagem integrada, utilizando técnicas de sensoriamento remoto combinadas com indicadores agropecuários, oferecendo uma análise detalhada das mudanças no uso da terra ao longo do tempo. A integração desses dados permite identificar padrões e tendências fundamentais para o planejamento e gestão ambiental da região.

Procedimentos Metodológicos

As páginas seguintes compreendem a caracterização socioespacial da área de estudo, afim de apresentar os elementos históricos, culturais e territoriais que influenciam na dinâmica do uso e cobertura da terra. Em seguida, são apresentados os materiais e procedimentos realizados para a obtenção dos produtos cartográficos presentes neste documento, bem como as informações coletadas nesta análise integrada.

Apresentação da área de estudo

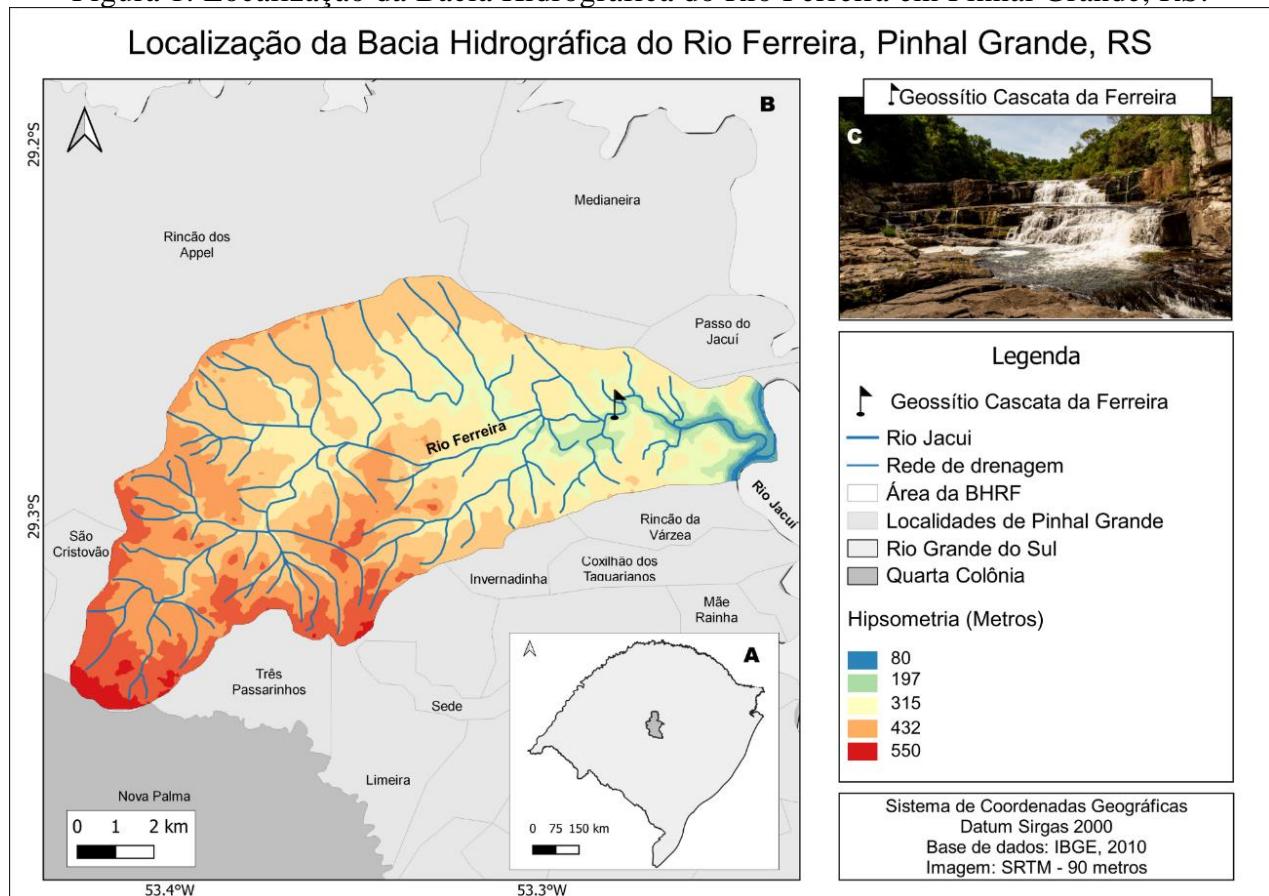
O município de Pinhal Grande, localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul, integra o Quarta Colônia Geoparque Mundial da UNESCO, com mais oito municípios, sendo eles: Agudo, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Ivorá, Nova Palma, Restinga Seca São João do Polêsine e Silveira Martins. Juntos, o território possui um planejamento de desenvolvimento sustentável integrado, consolidado desde 1995 com a criação do Consórcio de Desenvolvimento Sustentável da Quarta Colônia.

A análise dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), permite inferir que o município de Pinhal Grande possui uma população de 3.805 habitantes, atingindo uma densidade demográfica de 7,96 hab/km². Sua economia baseia-se na agropecuária, sobretudo na criação bovina e no plantio de Soja. Em 2021, o PIB per capita atingiu R\$ 216.252,53, ocupando a quarta posição no estado do RS.

Constituindo-se como um município predominantemente rural, Pinhal Grande possui uma área territorial de 478,110 km² em que mais da metade dessa área compreende a estabelecimentos agropecuários. São mais de seiscentos estabelecimentos rurais que desenvolvem o cultivo, principalmente de soja, milho, feijão, tabaco, criação de bovino e produção da vitivinicultura (Dados do Censo Agropecuário de 2017).

A área de estudo dessa pesquisa, encontra-se nesse panorama rural. Com uma área territorial de 11.880ha, a Bacia Hidrográfica do Rio Ferreira (BHRF), faz parte da rede hidrográfica do Rio Jacuí, de importância estadual. A figura 1 apresenta sua localização.

Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Ferreira em Pinhal Grande, RS.



Fonte: Autores (2025)

Ainda em se tratando as peculiaridades hidrológicas, A BHRF pertence ao Alto Jacuí e faz limite a norte com a Bacia Hidrográfica do Arroio da Reserva. O clima da área enquadra-se na zona climática subtropical e vincula-se ao microclima subtropical III, com temperaturas médias de 11°C à 26°C ao longo do ano e precipitações médias anuais oscilando de 1.500 a 1.700 milímetros (ROSSATO, 2011).

A BHRF está inserida, em sua totalidade, no bioma Mata Atlântica (SCHIRMER, 2015). Segundo este mesmo autor, suas características biofísicas indicam as seguintes unidades de relevo: Associação de morros e morrotes do rebordo do planalto (59%), colinas vulcânicas do planalto Serra Geral (39%) e Colinas em rochas friáveis do planalto (13%), sendo esta última, exclusiva do município de Pinhal Grande, em relação aos demais municípios da Quarta Colônia.

Sua localização, enquadra-se no Planalto Médio, tendo uma altitude média de 500 metros (SILVA; SOUZA, 2016). Sobre a declividade, a variação se mantém entre os 3-8% em quase toda a área da bacia. Entretanto, nas porções próximas do Rio Jacuí e da Cascata da Ferreira, as declividades podem atingir os 75%, estando associadas as escarpas e a formação do sistema de drenagem.

Em relação aos solos presentes na área da bacia, destacam-se, os Cambissolos (70%), que em áreas mais planas possuem maior fertilidade natural, apresentando bom potencial agrícola e os rasos Neossolos Litólicos (28%), estando associados as áreas de relevo mais declivosos e sendo os responsáveis pela estabilidade da floresta em encostas.

Aquisição e processamento de materiais cartográficos.

Para o desenvolvimento do trabalho, utilizou-se ferramentas de geoprocessamento, especialmente o SIG Qgis, versão 3.10.11. Para o mapa de localização da área de estudo, utilizou-se a Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul em escala 1:50.000 organizada por Hasenack e Weber (2010). Além disso, o processo de delimitação da bacia foi realizado de forma manual com cartas topográficas, disponíveis para download no Laboratório de Cartografia da Universidade Federal de Santa Maria. Para tanto, utilizou-se a carta topográfica de Nova Palma (SH.22-VC-II-3) e a carta topográfica de Sobradinho (SH.22-V-C-II-4), a qual cobrem a área de estudo, sendo ambas de escala de 1/50.000. As cartas foram georreferenciadas com o auxílio do complemento Georreferenciador em que é possível definir pontos de controle GCPs (*Ground Control Points*) e delinear as configurações necessárias para a transformação. O resultado, é um novo *raster* georreferenciado. Esta etapa, teve como intuito representar os limites da área da BHRF e da rede de drenagem.

39

Classificação do Uso e Cobertura da Terra e NDVI

Posteriormente, utilizou-se imagens de satélite disponíveis no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (<https://www.usgs.gov/>). Portanto, optou-se por empregar imagens da família de satélites Landsat, que oferecem uma resolução espacial de 30 metros e possuem ampla escala temporal, disponibilizando imagens antigas que permitem análises históricas ao longo de várias décadas. As imagens selecionadas correspondem ao mês de setembro de 1986 capturadas pelo sensor TM (Thematic Mapper) do Landsat 5 e 2019 obtidas através do sensor OLI (Operational Land Imager) do Landsat 8. A análise levou em consideração a ausência (0% de cobertura) de nuvens nas imagens.

As imagens foram processadas e interpretadas no software QGIS, utilizando as técnicas de processamento de classificação supervisionada, com o auxílio da ferramenta *Semi-automatic Classification Plugin* (SCP) e com o método “pixel-a-pixel”, que permite “fornecer uma amostra de pixels representativos de cada classe que se deseja mapear” (PEREIRA; GUIMARÃES, 2019, p. 2). Para este trabalho, optou-se por representar as seguintes classes temáticas individualizadas: Corpos d’água, floresta, cultivos agrícolas, solo exposto e campo, em que este último se refere, também, a áreas destinadas a pecuária.

Para a classificação pixel-a-pixel é necessário coletar os pixels por meio de polígonos conhecidos como “regiões de interesse”, apoiados na interpretação de diferentes composições RGB. Aplicou-se combinações coloridas falsa-cor de 5R-4G-3B para o Landsat 8 e 4R-3G-2B para o Landsat 5, buscando diferenciar, precisamente as 5 classes de uso e cobertura da terra, no qual facilitaram a visualização e a coleta de amostras.

No *plugin* (SCP), há três opções de classificadores, sendo o Maximun Likelohood (ML) utilizado nesta pesquisa. O classificador ML segundo Congedo (2016), possibilita a classificação dos *pixels* que pertencem à classe mais previsível, baseado na probabilidade, nas funções de densidade e na covariância dos valores.

Nas mesmas imagens calculou-se o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), técnica de processamento digital de imagens, no qual os valores variam de -1 a +1 e expressam diferentes condições de cobertura vegetal e saúde da vegetação. Utilizou-se a ferramenta “calculadora raster” no software Qgis, bem como as bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo.

Dados Agropecuários

Os dados quantitativos em relação a agropecuária do município de Pinhal Grande foram obtidos através do site oficial do IBGE, através do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA). Além disso, as principais informações históricas de desenvolvimento socioeconômico do município foram adquiridas através do perfil das cidades gaúchas elaborado e disponibilizado pelo SEBRAE (Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul).

Estas informações, dizem respeito a toda área territorial de Pinhal Grande. Porém, as atividades de campo, ocorridas no mês de setembro de 2022 e outubro de 2024 possibilitaram uma leitura crítica da dinâmica de uso e cobertura da terra na BHRF. Além disso, como suporte aos dados apresentados nesta pesquisa, destacam-se aqueles elaborados por Dallanora e Valente (2016), Dallanora e Bezzi (2018), Schreiner (2020) e Silva e Souza (2016) e que abrangem, com mais particularidade, a área da BHRF.

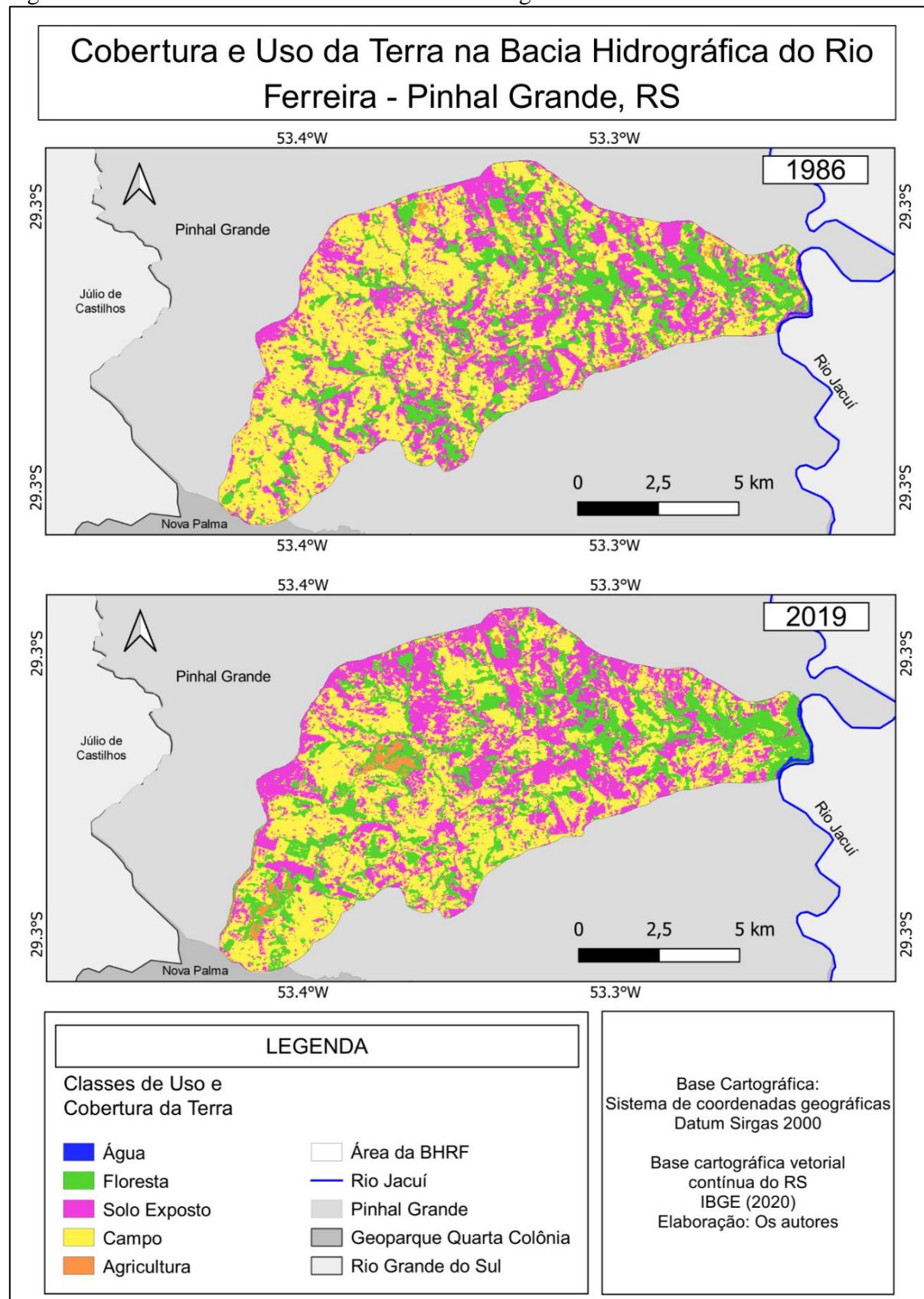
Resultados e Discussão

A análise das mudanças no uso e cobertura da terra e do índice NDVI ao longo de 37 anos, permitiu relacionar a resposta espectral com as atividades antrópicas crescentes na bacia hidrográfica do Rio Ferreira, ajudando a compreender as tendências das mudanças ambientais e ecológicas fundamentais para tomada de decisões em áreas que precisam de maior atenção. A comparação deu-se através da classificação digital de imagens dos meses de setembro de 1986 e 2019. A escolha do mês de setembro foi proposital, devido ao período de entressafra do cultivo da soja, o que minimiza a confusão entre o solo exposto e os cultivos em crescimento, garantindo maior precisão da análise.

Análise das mudanças no uso e cobertura da terra para a Bacia Hidrográfica do Rio Ferreira

A economia do município de Pinhal Grande baseia-se nas atividades primárias de agricultura e pecuária. A organização do espaço rural do município está diretamente associada ao uso da terra, uma vez que se encontram direcionadas para as atividades produtivas. Com este desenvolvimento territorial, o aumento desses setores é visível no espaço-tempo, como pode ser observado na figura 2.

Figura 2. Cobertura e uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Ferreira de 1986 e 2019.



Fonte: Autores (2025)

No ano de 1986 a área de estudo, encontrava-se com significativos valores de solo exposto e campo, conforme a figura 2. Esta realidade manteve-se longo dos anos, apresentando oscilações devido ao processo de antropização do século XXI, tendo um aumento na classe de cultivos agrícolas.

Neste sentido, torna-se fundamental destacar que a modernização dos equipamentos agrícolas, disponibilidade de insumos modernos e produtividade da terra, são fatores que impulsionaram estas mudanças (ALVES, et al., 2008). No caso de Pinhal Grande, a utilização de maquinário agrícola está associada a expansão da lavoura de soja (DALLANÔRA; BEZZI, 2018)

A tabela 1, apresenta os valores das classes de uso e ocupação da terra na BHRF. Revela-se o decrescimento de 5,61% das áreas de campo e aumento em todas as demais classes analisadas, com destaque para o solo exposto, com aumento de 3,24%, floresta, com aumento de 1,92% e agricultura, com aumento de 0,38%.

Tabela 1. Valores hectare das classes de uso e ocupação da terra.

Área em hectare	1986	2019	Alterações em hectare
Água	20,43	28,71	+ 8,28
Floresta	2.555,43	2.783,25	+ 227,79
Solo exposto	3.486,69	3.872,07	+ 385,38
Campo	5.730,66	5.064,39	- 666,27
Agricultura	93,51	138,33	+ 44,82
Total	11.887	11.887	-----

Fonte: A pesquisa (2025)

A partir da análise da tabela 1, a classe de corpos d'água manteve-se estável durante todo o período analisado. Esta classe é representada pelos dois principais rios da BHRF, o Rio Jacuí e o Rio Ferreira e suas ramificações, além de açudes e reservatórios criados, principalmente para o consumo animal e irrigação de lavouras. Em 2019, a classe de água ocupava 0,24% da área total. A configuração do Rio Ferreira caracteriza-se como dendrítico-retangular em uma extensão de aproximadamente 25 km.

As áreas de floresta também se mantiveram relativamente estáveis, com um aumento em área de 227,79 hectares e representa à floresta nativa existente na BHRF. Pela sua localização e por estar em uma área de planalto, é comum a presença das Matas de Galeria, caracterizadas pela EMBRAPA, como uma vegetação florestal e que acompanha os cursos dos rios de pequeno porte, formando corredores fechados, como é evidente na imagem de satélite apresentada na figura 3.

Figura 3. Matas de Galeria na área de estudo.



Fonte: Google Earth Pro

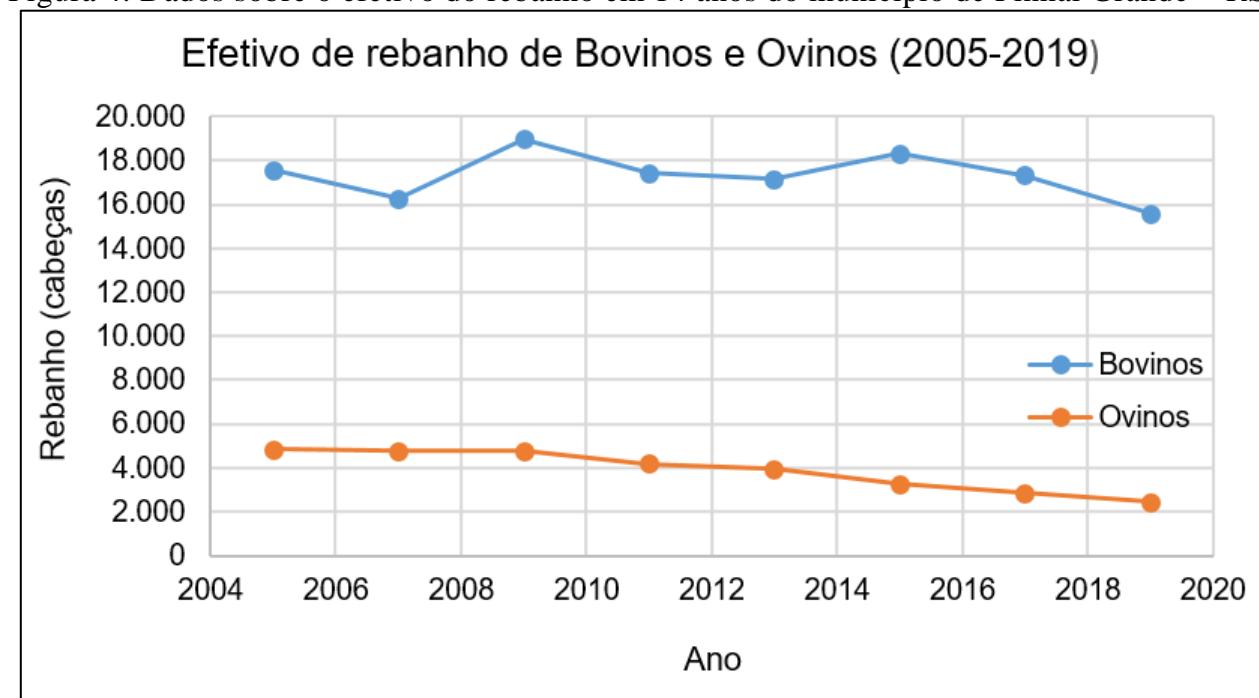
Esse sucinto aumento na classe de floresta entre os dois períodos analisados também está relacionado aos avanços de proteção do solo, águas e matas ciliares baseado no Código Florestal de 1986 através da Lei 7.511. Os limites das áreas de preservação permanente (APPs), passariam a constituir 30 metros a partir do leito regular do rio. Entretanto, torna-se plausível destacar que esta não é uma realidade observada em toda a área de estudo em que o manejo e a ação antrópica a partir das lavouras e campos já se constitui como uma realidade na transformação do espaço.

Ao passo da análise das demais classes na BHRF, observa-se uma constante crescente na classe solo exposto que em 1986 consistia em 29,35% da cobertura da terra, aumentando cerca de 3,24% em 37 anos. Ao observar a figura 2, percebe-se que as porções que em 1986 consistiam como campo se comportam espectralmente como formação campestre e em 2019 tornaram-se campo e solo exposto. Isso, dar-se-á devido setembro, mês analisado nesta pesquisa, compreender o período entressafra da cultura da soja, principal produto cultivado em grande escala no município.

A significativa redução da área correspondente a classe de campo, está diretamente associada ao aumento de área agrícola e redução da atividade pecuarista, sobretudo da criação de gado bovino. Há, no município, segundo Dallanôra e Bezzi (2018), um cenário de desenvolvimento de culturas temporárias, diretamente associadas a produção da soja, evidenciando a redução das áreas de campo, de pastagens e de lavouras permanentes.

Desse modo, a troca de áreas de campo por solo exposto para a agricultura, diminui consideravelmente o efetivo do rebanho no município. Com os dados disponíveis no portal do IBGE, foi possível observar os números declinando nos últimos anos, como ilustrado no gráfico da figura 4.

Figura 4. Dados sobre o efetivo do rebanho em 14 anos do município de Pinhal Grande – RS.

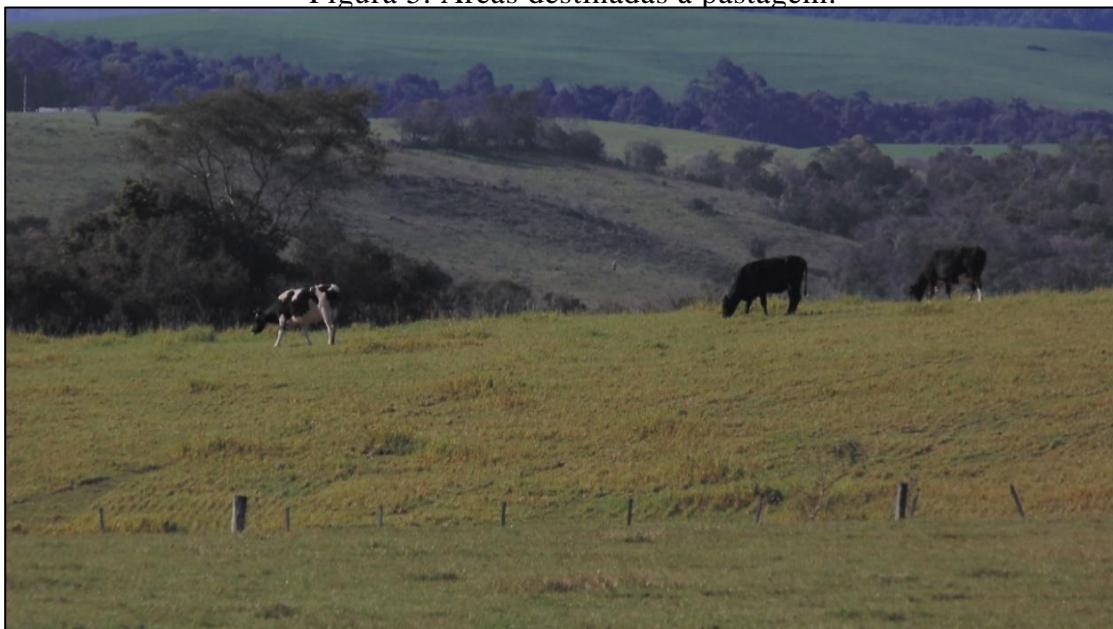


Fonte: Portal do IBGE Organização: autores (2025)

Segundo Dallanôra e Bezzi (2018, p. 377), a considerável diminuição dos bovinos e ovinos também está associada à valorização da soja no mercado externo, a desvalorização do preço do leite e da falta de estrutura necessária. Este cenário, segundo as autoras “levou muitos agricultores a abandonar esta atividade e cederem suas áreas para a cultura da soja”.

O consórcio entre as áreas de pastagem e plantio da soja é uma realidade no município e na área da BHRF, uma vez que no período de setembro, as áreas de campo servem, também para o desenvolvimento da pecuária de bovinos. O campo, caracterizado por gramíneas naturais e artificiais é presente na paisagem da BHRF como pode ser visto na figura 5.

Figura 5. Áreas destinadas à pastagem.



Fonte: Autores (2025)

Os cultivos agrícolas analisados dizem respeito as principais culturas de entressafra da soja, a exemplo do trigo, em que a produção tende ao acelerado crescimento. O mesmo, ocorre com a produção do milho em segunda safra. No município, a produção de milho aumentou 4.836 toneladas em um intervalo de 15 anos de acordo com os dados do IBGE. A tabela 2 apresenta esta dinâmica histórica dos cultivos agrícolas.

A área de produção dos cultivos entressafra, milho e trigo, oscilam ao longo do tempo. A explicação, segundo Dallanôra e Bezzi (2018) centra-se nos fatores climáticos, na concorrência com o mercado externo e a substituição de áreas pela pecuária e expansão da soja.

Tabela 2. Dinâmica da produção em toneladas dos cultivos agrícolas temporários no município de Pinhal Grande.

Culturas	Produção (t.)							
	1993	1998	2003	2006	2011	2015	2017	2019
Feijão	1.215	1.650	1.516	2.790	1.965	765	627	217
Fumo	1.800	1.105	1.008	1.472	2.300	1.275	2.205	1.031
Milho	7.600	12.000	14.700	13.320	7.200	5.312	9.633	6.276
Soja	21.000	17.520	35.000	26.904	38.340	63.030	72.380	63.574
Trigo	720	360	4.860	907	6.120	1.995	1.200	2.496

Fonte: Portal do IBGE e Dallanôra (2018)

Organização: autores (2025)

O mês de setembro caracteriza-se pelo preparo final da terra para o plantio de soja que, na região sul, inicia-se em outubro. A soja, é o principal produto de larga escala cultivado no município. No ano de 2019 a área plantada chegou a 19.400 hectares e a quantidade produzida alcançou 63.574 toneladas. O aumento significativo da produção de soja também reflete nos valores do Produto Interno Bruto (PIB – Per capita), que, no intervalo de 9 anos (2010 a 2019) o valor dobrou, saindo de R\$ 75.738,53 para R\$ 174.885,97.

Ainda, de acordo com o IBGE, no intervalo de 2005 a 2019, a produção de tabaco no município passou de 25 hectares para 3 hectares no último ano analisado. Na área da BHRF, as localidades de Espinharedo e Rincão da Várzea destacam-se pela produção em propriedades minifundiárias (DALLANÔRA E BEZZI, 2018). As autoras, destacam que nessas localidades o relevo é íngreme, contribuindo para o desenvolvimento da cultura.

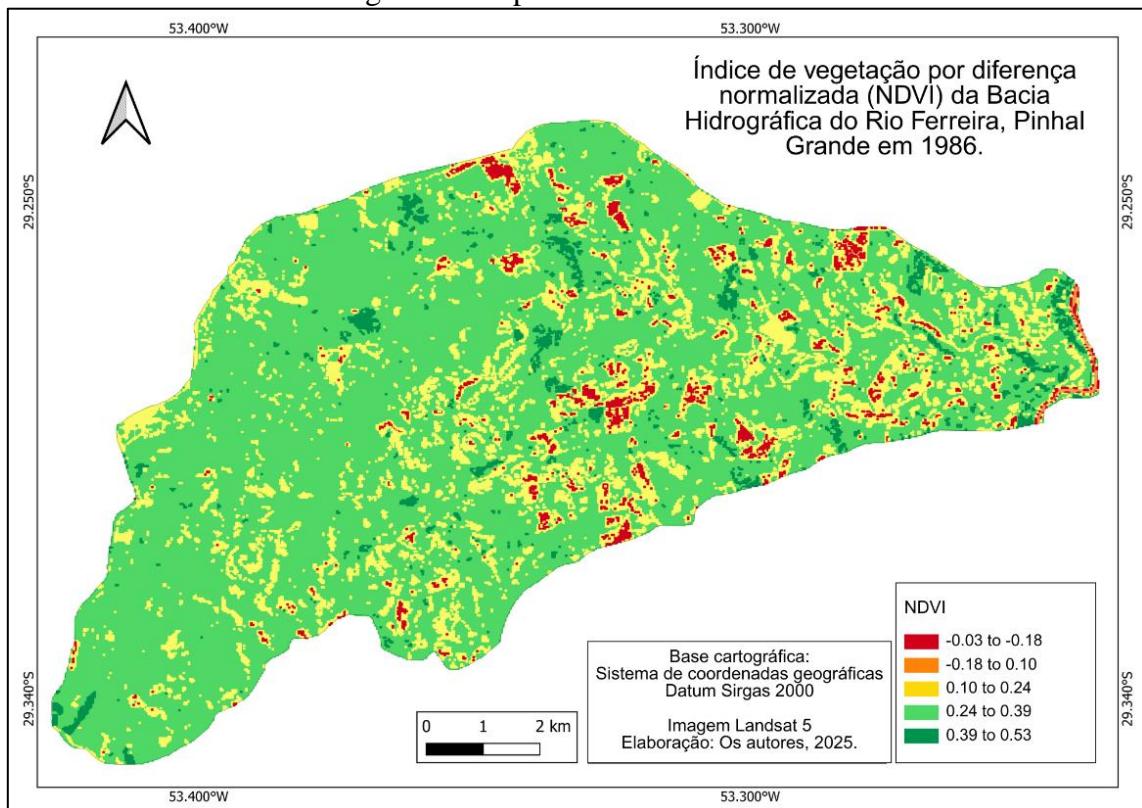
A cultura do arroz, possui dados disponíveis no IBGE de 2005 até 2009, com rápido declínio. Esta produção não é significativa no município devido as características geomorfológicas que impossibilitam o desenvolvimento.

Devido as características de relevo da área de estudo, o cenário futuro é que a produção de soja continue crescendo, tendo em vista, também, o histórico desenvolvimento desta cultura nas regiões de planalto. No município de Pinhal Grande, a porção que abrange a BHRF corresponde a porção sul, em que a agricultura familiar prevalece, diferente da porção norte do município, com grandes propriedades (SCHREINER, 2020).

Dinâmica temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

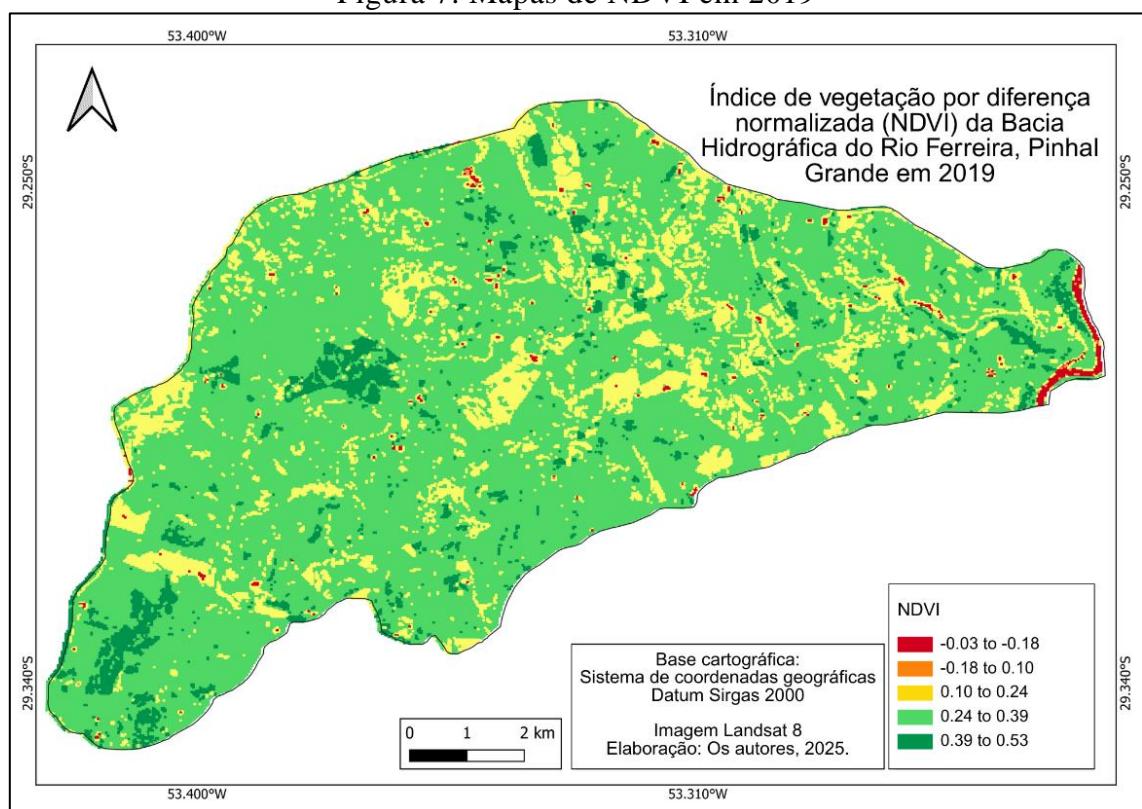
O NDVI, representa a vegetação presente no local de pesquisa. Dessa forma, quando mais próximo de -1, corresponde a inexistência de vegetação e, consequentemente, quanto mais próximo de 1, maior será o teor de vegetação. Com a análise dos mapas (figuras 6 e 7) para os anos de 1986 e 2019, respectivamente, é possível identificar a dinâmica histórica dos alvos da superfície na BHRF, com amplitude do NDVI variando de -0,24 a 0,53.

Figura 6. Mapas de NDVI em 1986



Fonte: Autores (2025)

Figura 7. Mapas de NDVI em 2019



Fonte: Autores (2025)

Ao observar os mapas obtidos, nota-se que as áreas em que os valores mais baixos de vegetação, se encontram no curso do Rio Jacuí e Rio Ferreira e em locais isolados, de açudes e reservatórios, assim como os valores mais altos em áreas de formação florestal e para os locais classificados como agricultura. A tabela 3 apresenta a área de cada classe de NDVI.

Tabela 3. Área em hectare das classes de NDVI

Classe	1986	2019
	Área em hectare	Área em hectare
-0.181 to -0.0378	0,75	0,13
-0.0378 to 0.1054	8,73	2,43
0.1054 to 0.2486	67,49	56,22
0.2486 to 0.3918	309,86	318,38
0.3918 to 0.535	9,33	18,99

Organização: autores (2025)

Nesse sentido, uma grande porção da área da bacia apresenta NDVI 0,10 a 0,24 áreas com pouca vegetação correspondente a classe de solo exposto em 1986 e em 2019 estas áreas mantiveram-se, ao passo que algumas foram alteradas para a classe de campo, com vegetação rasteira e apresentando um NDVI de 0,24 a 0,39.

A justificativa para esta modificação, pode estar associado ao período do preparo da terra para o plantio de soja. Dessa forma, os mapas indicam que há cobertura vegetal nas porções indicadas como campo o que reforça a assinalação do período entressafra da cultura da soja. Devido a isso, a maior parte das terras agrícolas são indicadas, no NDVI, como próximas as de solo exposto devido ao período analisado.

A partir da resposta espectral evidenciou, em especial o crescimento na classe de 0,24 a 0,39 indica vegetação moderadamente densa devido, principalmente a culturas de entressafra, em especial o trigo e o milho.

As áreas com NDVI de classe 0,10 a 0,24 teve uma pequena alteração com reflexo a criação de gado bovino no local, que mesmo com um significativo decrescimento ao longo dos últimos anos, ainda se mantém como uma economia no município. Associado a isso, a classe de corpos d'água também teve um significativo avanço, com a criação de açudes e reservatórios hídricos para que estes animais, consigam ter acesso a água.

O Rio Jacuí, possuí destaque no mapa, representado pela cor vermelho/alaranjado e, além deste o curso do Rio Ferreira e a Cascata da Ferreira. A cascata, localiza-se a 6 quilômetros do rio principal e constitui-se como um geossítio hidrológico do Geoparque Quarta Colônia, com patamares estruturais no limite entre derrames de rochas vulcânicas e arenitos. Nos mapas, pode ser observado o crescimento nas áreas de floresta próximo a cascata o que se justifica através da implementação do Código Florestal e a preocupação em proteger o geossítio de importância regional.

A identificação das classes de estudo, através da ida a campo, é fundamental para compreender melhor a dinâmica dos fenômenos que estão ocorrendo, pois permite observar diretamente o comportamento dos elementos estudados em seu ambiente natural ou modificado pelo homem. A partir dessas observações, pode-se obter informações valiosas que podem ser usadas para análises posteriores, tomada de decisões e aprofundamento da compreensão sobre o assunto em questão. A figura 8 mostra os registros fotográficos da área de estudo.

Figura 8. Registro a campo do uso e cobertura da terra



Fonte: Autores (2025)

Considerações Finais

Com os avanços técnico-científicos das últimas décadas, consegue-se perceber as inúmeras mudanças ocorridas na natureza, tendo como consequência a degradação ambiental e o desequilíbrio dos ecossistemas. Nota-se, que cada vez mais estas alterações, principalmente antrópicas, são capazes de se manifestar em bacias hidrográficas. A análise temporal e espacial, neste caso, contribui, de forma significativa com a preservação do espaço natural.

A complexidade sistêmica das bacias hidrográficas, como sistemas ambientais abertos, tornou-se ao longo dos últimos anos, uma área em potencial para auxiliar a tomada de decisões e possibilitar um planejamento integrado à gestão. As alterações antrópicas nesse sistema podem ser observadas através de pesquisas que possuem o intuito de compreender a dinâmica da cobertura e uso da terra.

O Sensoriamento Remoto em uma das suas principais aplicações está na possibilidade de observar as mudanças no uso e cobertura do solo de forma temporal. Em uma integração entre as ferramentas de geoprocessamento e a análise espacial o trabalho conclui-se com refinadas análises baseadas nas atividades antrópicas, sobretudo agropecuárias na Bacia Hidrográfica do Rio Ferreira em Pinhal Grande.

A classificação das imagens digitais do mês de setembro para os anos de 1986 e 2019, associados aos dados espaciais, temporais e socioeconômicos possibilitam a compreensão da dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia em questão. Dessa forma, salienta-se que o mês analisado compreende como um período entressafra, em que se sobressaem áreas de solo exposto, associados a demanda pecuária do local, sobretudo com a criação de gado bovino, além da presença de algumas culturas, como o trigo e o milho em 2019.

A análise do índice espectral, mostrou-se como uma alternativa eficiente no monitoramento temporal das mudanças ocorridas na BHRF. A sua amplitude, variou de -0,037 a 0,535 representando a presença de vegetação na localidade. As áreas que possuem o menor índice de vegetação, são aquelas associadas à classe de água, com a presença de açudes, rios e reservatórios. Em contrapartida, as que apresentam maior índice de vegetação, são aquelas associadas a presença de floresta nativa em áreas de preservação permanente.

O aumento das áreas de água e floresta sugere esforços de conservação e mudanças ambientais positivas. No entanto, o aumento do solo exposto e das áreas agrícolas, juntamente com a diminuição dos campos, indica uma intensificação das atividades humanas e possíveis impactos ambientais negativos.

As mudanças no uso da terra destacam a necessidade de um planejamento ambiental cuidadoso. O aumento das áreas agrícolas deve ser balanceado com práticas sustentáveis para evitar a degradação do solo e a perda de biodiversidade. A análise espaço-temporal demonstra a importância de monitorar continuamente a dinâmica do uso da terra para adaptar as políticas de conservação e uso sustentável dos recursos naturais.

Referências

ALVES, E.R. de A.; CONTINI, E.; GASQUES, J.G. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. da (Ed.). Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, cap.2, p.67-98. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1061204/1/Evolucaodaproducao.pdf>. Acesso em: 4.jul.2024.

BRAZ, A. M.; GARCIA, P. H. M.; SILVA, R. D. A. Geotecnologias Aplicadas Ao Uso E Ocupação Da Terra Na Parte Componente Bacia Hidrografica Do Rio Carro Queimado – Ms – Brasil. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, p. 180–194, 2012. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/4d55/a27357eba52b03af9a063630937b2f14eb0b.pdf>

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, [S. l.], v. 1, n. 42, p. 140–161, 2020. Disponível em: <http://200.145.6.156/index.php/cpg/article/view/6953>. Acesso em: 12 jul. 2024.

CHRISTOFOLLETTI, A. et al. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

DALLANORA, I. B.; VALENTE, V. Organização socioespacial da localidade de Cerro Azul, no município de Pinhal Grande, RS: 1996-2006. **Disciplinarum Scientia | Ciências Humanas**, Santa Maria (RS, Brasil), v. 15, n. 1, p. 17-32, 2016. Disponível em:

<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumCH/article/view/1767>. Acesso em: 1 jul. 2024

DALLANÔRA, IB; BEZZI, ML Transformações ocorridas no espaço agrário do município de Pinhal Grande/RS-1993-2017: os reflexos na agricultura familiar. *Revista Geografar*, Curitiba, v. 13, n. 2, pág. 356-379, 23 atrás. 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/60129/37234>. Acesso em: 1 jul. 2024.

FLAUZINO, F. S., SILVA, M. K. A., NISHIYAMA, L., ROSA, R., 2010. Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no Cerrado Mineiro. *Revista Sociedade & Natureza* 22, 75-91. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/35PTTdJDNNDPWbfshspFwXn/?lang=pt>. Acesso em: 4 jul. 2024

HASENACK, H.; WEBER, E. **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra. Manuais Técnicos de Geociências**. 3. ed. Rio De Janeiro: IBGE, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . **Censo Agropecuário de 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

PEREIRA, L. F.; GUIMARÃES, R. M. F. Mapeando usos/coberturas da terra com Semi-automatic Classification Plugin: quais dados, classificador e estratégia amostral? **Nativa**, v. 7, n. 1, p. 70-76, 2019. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/6845>. Acesso em: 12 mar. 2025

ROSSATO, M. S. Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. Porto Alegre, 2011. 253 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, V. S. D. Externalidades e (in) sustentabilidade na construção das barragens no baixo São Francisco. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.

SANTOS, J. R. U. DOS; MARCHIORO, E., 2020. Análise empírica da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo, Brasil. *Revista do Departamento de Geografia*, 39, 72-87. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/10.01.17.15/doc/97673.pdf?linktype=relative>. Acesso em: 4 jul. 2024

SILVA, S. dos S.; SOUZA, B. S. P. Análise das feições do relevo na microbacia hidrográfica do rio Ferreira no município de Pinhal Grande /RS, referente a suscetibilidade à atuação de agentes erosivos. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 38–54, 2016. DOI: 10.5902/2236499424072. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/24072>. Acesso em: 12 jul. 2024.

SCHIRMER, G. J. **Mapeamento geoambiental dos municípios de Agudo, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Nova Palma Pinhal Grande – RS**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências. 156 p. 2012.

SCHIRMER, G. J. Zoneamento geoambiental da Quarta Colônia Rio Grande do Sul. Tese – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências. 251 p. 2015.

SCHREINER, B. T. Expansão da sojicultura sobre territórios da agricultura familiar nos municípios da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências. 201 p. 2020.

Recebido para publicação em setembro de 2024.

Aprovado para publicação em março de 2025.