

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL - UERGS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, ÊNFASE EM GESTÃO
AMBIENTAL MARINHA E COSTEIRA**

LUIZ HENRIQUE FERNANDES DA ROCHA

**A PROLIFERAÇÃO DO GÊNERO *PINUS* PROVENIENTE DE ÁREAS DE
SILVICULTURA NO MUNICÍPIO DE OSÓRIO, RIO GRANDE DO SUL – BRASIL:
UM DIAGNÓSTICO AMBIENTAL COM USO DE GEOTECNOLOGIAS**

OSÓRIO

2021

LUIZ HENRIQUE FERNANDES DA ROCHA

**A PROLIFERAÇÃO DO GÊNERO *PINUS* PROVENIENTE DE ÁREAS DE
SILVICULTURA NO MUNICÍPIO DE OSÓRIO, RIO GRANDE DO SUL – BRASIL:
UM DIAGNÓSTICO AMBIENTAL COM USO DE GEOTECNOLOGIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, convênio Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ester Wolff
Loitzenbauer

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Gabriela Camboim
Rockett

OSÓRIO

2021

Catálogo de Publicação na Fonte

R672p

Rocha, Luiz Henrique Fernandes da.

A proliferação do gênero *PINUS* provenientes de áreas de silvicultura no município de Osório, Rio Grande do Sul - Brasil: Um diagnóstico ambiental com uso de geotecnologias. / Luiz Henrique Fernandes da Rocha. – Osório, 2021.

72 f.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ester Wolff Loitzenbauer.

Coorientadora: Gabriela Camboim Rockett.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Unidade em Osório, 2021.

1. Silvicultura. 2. Pinus. 3. Geotecnologias. 4. Osório. I. Loitzenbauer, Ester Wolff. II. Rockett, Gabriela Camboim. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Carina Lima CRB10/1905

LUIZ HENRIQUE FERNANDES DA ROCHA

**A PROLIFERAÇÃO DO GÊNERO *PINUS* PROVENIENTE DE ÁREAS DE
SILVICULTURA NO MUNICÍPIO DE OSÓRIO, RIO GRANDE DO SUL – BRASIL:
Um diagnóstico ambiental com uso de geotecnologias**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ester Wolff
Loitzenbauer

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Gabriela Camboim
Rockett

Aprovada em: 12/11/2021

BANCA EXAMINADORA

Dr^ª. Lilian Maria Waquil Ferraro

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM – RS)

Prof^ª. Dr^ª. Luana Portz
Universidad de La Costa, Barranquilla, Colombia

AGRADECIMENTOS

Gostaria nesse pequeno espaço, de agradecer a minha mãe, “Dona Lourdes” pelo apoio e incentivo nos anos que se seguiram no curso da Biologia Marinha. Aos irmãos, tios e amigos que participaram de alguma forma na construção do pensamento que seguiu, e que segue acerca do mundo em que habitamos. Agradecimento especial ao meu pai e minha avó (em memória) pela lembrança que fica.

De forma pontual, agradeço aos amigos Rafael Tavares e Luciano Valerio pelas incursões de campo, ao amigo André de Castro pela contribuição no Abstract na fase final do TCC, às amigas Maria Alexandra e Caroline Machado pela imensa parceria ao longo desses anos de curso, e ao amigo Érico Moraes, pela câmera fotográfica utilizada nessa pesquisa.

Agradeço a orientação dada pelas professoras Ester e Gabriela, sem elas, minhas ideias não teriam se organizado de forma produtiva na elaboração do trabalho final.

Aos funcionários do CECLIMAR e da Unidade Litoral Norte da UERGS, pela ajuda constante na resolução dos problemas inerentes que se seguem na vida acadêmica.

Também é preciso deixar registrado o agradecimento aos técnicos da FEPAM – RS Daiane, Fernando e Giovana, que sempre foram solícitos em suprir as dúvidas que surgiram durante o desenvolvimento do trabalho, sobre a atividade de silvicultura e sobre legislação da atividade.

Obrigado a todos vocês!

RESUMO

A atividade de Silvicultura no Brasil começou seu desenvolvimento mais significativo a partir da segunda metade do século XX, sendo na atualidade, um importante setor na economia brasileira. O estado do Rio Grande do Sul (RS) apresentou essa mesma tendência nacional, e atualmente, representa um dos grandes estados da indústria de base florestal no Brasil, principalmente com cultivo dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. O problema ambiental mais significativo dessa atividade, entre outros, é a proliferação não desejada do gênero *Pinus* em ambientes naturais, em especial, na região costeira do sul do Brasil. O manejo incorreto ou não realizado em áreas de cultivo pretéritos ou atuais, pode acarretar em amplo povoamento do gênero, principalmente em áreas sem manejo ou sem uso e ocupação do solo determinados. Nos últimos anos, dispositivos legislativos foram criados ou modificados para ordenar e organizar o cultivo de *Pinus* no estado do RS. No Litoral Norte desse estado, destaca-se o município de Osório, que abriga um rico mosaico ambiental e ecossistemas associados sobre os biomas da Mata Atlântica e Pampa. Através do uso das Geotecnologias como instrumento de gestão ambiental, o presente trabalho analisou o uso e ocupação do solo pelo cultivo de *Pinus* assim como sua proliferação em ambientes ecologicamente importantes no município de Osório – RS. Dados espaciais (dados vetoriais) referentes à atividade de silvicultura do RS (trimestre julho/setembro do ano de 2020) e disponibilizados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM – RS), possibilitaram a análise das áreas de silvicultura no município e identificar áreas com o cultivo de *Pinus*. Além disso, a fotointerpretação de imagens do satélite Sentinel 2 (agosto de 2020), em composição colorida em falsa cor, permitiu identificar áreas de proliferação de *Pinus* sobre ambientes ecologicamente sensíveis no município, assim como as possíveis fontes de disseminação de sementes (*Hot Spots*). Duas áreas sobre ambientes naturais apresentaram proliferação do *Pinus* de forma mais preocupante, uma sobre áreas próximas as lagoas Biguá, Emboaba e Emboabinha, e outra sobre o remanescente de campo de dunas móveis entre os municípios de Osório e Imbé. Ao fim, foram apresentadas sugestões de criação de Unidades de Conservação sobre esses dois ambientes com acentuada proliferação do *Pinus*.

Palavras – chave: Silvicultura. *Pinus*. Geotecnologias. Osório.

ABSTRACT

Silviculture activity in Brazil began its most distinguished development in the second half of the 20th century and has become nowadays an important sector in Brazil's economy. The State of Rio Grande do Sul (RS) has presented this same national tendency and currently is one of the big representative states of the industry of forestal basis in Brazil, especially with the culture of *Eucalyptus* and *Pinus*. The most significant environmental problem of this activity is the undesirable proliferation of the genus *Pinus* in natural environments, especially in the coastal region of Southern Brazil. Incorrect handling of *Pinus* or its non existence in previous or present cultures may incur in a vast spread of this genus, especially in areas where the land occupation has not been predetermined. Over the last years, legislative devices have been created or modified to regulate and organize the culture of *Pinus* in the State of RS. On the Northern coastal area of this State, the city of Osório has earned especial attention, for it shelters a rich environmental mosaic with ecosystems associated to it with the characteristics of the Atlantic Forest and the Pampa biomes. Utilizing geotechnologies as instruments for environmental management, this work analyzed the use of land occupation of the *Pinus* culture, as well as its proliferation in ecologically important environments of the city of Osório, RS. Space data (vectorial data) of 2020's trimester of July-September showing the silvicultural activity of the state of RS were provided by the State Foundation Henrique Luiz Roessler for Environmental Protection (FEPAM – RS) and they made the analysis of the areas of silviculture activity in the city possible to us, so we could identify areas where the *Pinus* culture has occurred. Moreover, the photo-interpretation of the Sentinel 2 satellite images (August of 2020), in false colour composite, allowed us to identify areas of proliferation of *Pinus* in ecologically sensitive environments, as well as possible sources of dissemination of seeds (hot spots) of the city. Two areas on natural environments presented *Pinus* proliferation in a more concerning manner: one near the Biguá, Emboaba and Emboabinha lagoons and the other in the remaining field present in the area of the shifting sand dunes between the cities of Osório and Imbé. To conclude, two suggestions were presented, in order to foster the creation of Conservation Units in these two environments where the *Pinus* proliferation has been deemed accentuated.

Keywords: Silviculture. *Pinus*. Geotechnologies. Osório.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 ORIGEM DO SISTEMA DE LAGOAS E O MOSAICO AMBIENTAL DO LITORAL NORTE DO RS	14
2.2 INTRODUÇÃO DO GÊNERO <i>PINUS</i> E A SILVICULTURA NO LITORAL NORTE DO RS	18
2.3 ESPÉCIES DO GÊNERO <i>PINUS</i> COMO INVASORAS EM AMBIENTES COSTEIROS NO SUL DO BRASIL	19
2.4 ZONEAMENTO DA SILVICULTURA E LEGISLAÇÃO SOBRE O <i>PINUS</i>	21
2.4.1 Zoneamento Ambiental para Atividade de Silvicultura (ZAS)	21
2.4.2 Adaptações Legislativas sobre proliferação e manejo do <i>Pinus</i>	22
2.5 GEOTECNOLOGIAS EM ESTUDOS AMBIENTAIS	23
2.5.1 Sensoriamento Remoto Orbital	24
2.5.2 Imagens orbitais e o comportamento espectral da vegetação	26
2.5.3 Composição em falsa cor e diferenciação entre silvicultura e outras vegetações	29
2.5.4 Análise visual de imagens (Fotointerpretação)	30
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 ÁREA DE ESTUDO	32
3.2 METODOLOGIA.....	33
3.2.4 Fotointerpretação e análise da proliferação do <i>Pinus</i> com uso de Geotecnologias	36
3.2.5 Pesquisa de Campo e elaboração dos produtos cartográficos	38
4 RESULTADOS	40
4.1 FOTOINTERPRETAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
4.2 PROLIFERAÇÃO E OCORRÊNCIA DO <i>PINUS</i> EXTERNO ÀS ÁREAS DE SILVICULTURA	41
4.3 OCORRÊNCIA DO <i>PINUS</i> EXTERNO ÀS ÁREAS DE SILVICULTURA.....	43
4.3.1 Setor Campo de Dunas	43
4.3.2 Setor Mineração – Emboaba	46
4.3.3 Setor Sul – Lagoa dos Barros	52
4.3.4 Setor APA Morro de Osório	55
4.4 O <i>PINUS</i> EM ÁREAS ECOLÓGICAMENTE IMPORTANTES NO MUNICÍPIO DE OSÓRIO – RS	57
5 DISCUSSÃO	59
6 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

“Um dos primeiros atos dos marinheiros portugueses que, a 22 de abril de 1500, alcançaram a costa sobrecarregada de floresta do continente sul-americano nos 17 graus de latitude sul, foi derrubar uma árvore. Do tronco desse sacrifício ao machado de aço, confeccionaram uma cruz rústica – para eles, o símbolo da salvação da humanidade. Uma missa foi então celebrada aos pés dessa cruz, durante a qual, para satisfação dos portugueses, os indígenas ali aglomerados imitaram sua postura ajoelhada com as mãos em prece, embora não imitassem suas expressões devotas”

DEAN (1996).

1 INTRODUÇÃO

Antigos escritores observaram que as florestas sempre retrocedem à medida que as civilizações se desenvolvem e crescem. Isso ocorreu por uma razão simples: as árvores foram o principal combustível e material de construção de quase todas as sociedades por mais de cinco mil anos, desde a idade do bronze até meados do século XIX (PERLIN, 1989).

Em Portugal, como em outros países europeus, a exploração florestal de forma desordenada resultou na intensificação da crise de madeira a partir do século XIV, que se prolongou e se agravou nos séculos seguintes com a expansão marítima e a necessidade do uso de madeiras para a atividade naval. No país português, o suprimento era feito em parte, pela importação de madeira, em parte pela extração de madeira oriunda de suas colônias (principalmente o Brasil). Nesse cenário, surgem na Europa do século XVI os primeiros trabalhos dedicados à botânica florestal. Nesse sentido, a silvicultura¹ carrega uma ampla história que foi se desenvolvendo e se refinando, tendo como principal propósito procurar não apenas a disponibilidade de material lenhoso como também evoluir para uma produção sustentada de madeira (CARVALHO, 2019).

Apesar dos inúmeros trabalhos pioneiros realizados nos séculos XVI e XVII, a silvicultura como se entende atualmente – ou seja, o planejamento ou manejo científico das florestas para produção contínua de bens e serviços necessários à vida econômica – sistematizou-se somente no século XVIII, na França e, principalmente, na Alemanha, com a criação de muitas escolas dedicadas aos estudos florestais, que ajudaram a consolidar a silvicultura como ciência (LEÃO, 2000).

Enquanto a silvicultura se desenvolvia na Europa, o Brasil apresentava uma intensa devastação de suas florestas desde seu descobrimento pelos portugueses, em 1500. De acordo com Siqueira (1990), a atividade florestal no Brasil instalou-se logo após os primeiros anos de seu descobrimento, através da exploração do pau-brasil, e por muito tempo, constituiu-se na principal atividade econômica aqui instalada.

Pereira (1990) afirma que nas primeiras décadas do século XX, após longo período de intenso extrativismo no Brasil, as matas de “madeira dura” mais próximas dos centros

¹Os **romanos** são considerados os pioneiros da ciência florestal, atribuindo-lhes a eles inclusive, a atual terminologia utilizada. Do *Silvano* – deus do bosque e da selva – surgiram as palavras “*silvestre*” (característica da floresta), “*silvícola*” (que a habita) e “*silvicultura*” (referente ao seu cultivo). Por sua vez, “**Floresta**” deriva da expressão latina *forestis*, utilizada para definir um local em que a vegetação predominante era formada por árvores de qualquer tamanho, fornecedoras de madeira e outros produtos (LEÃO, 2000).

consumidores, começavam a se exaurir e as reservas de *Araucaria angustifolia*, única fonte viável de “madeira mole” e fibra longa do país, já apresentavam igual tendência. O autor ainda observa que o manejo sustentado das formações naturais e o cultivo de essências nativas em grande escala não se mostravam animadores, e a demanda de produtos florestais aumentava, já que a população começava a crescer a taxas maiores, e a nação ensaiava os primeiros passos rumo à industrialização.

Esse panorama começa a ser modificado na primeira metade do século XX, com importantes avanços nas pesquisas silviculturais (influência das escolas européias). Antonangelo e Bacha (1998) por exemplo, descrevem a participação de Edmundo Navarro de Andrade na introdução de espécies de eucalipto (espécies do gênero *Eucalyptus*) no estado de São Paulo. De acordo com esses autores, Navarro de Andrade, regressou de Coimbra após sua formatura na Escola Nacional de Agricultura em 1903, e foi convidado pelo então presidente da Companhia Paulista de Estradas de Ferro a assumir o cargo de diretor do Horto de Jundiaí, iniciando no ano seguinte estudos com várias essências florestais, tendo o eucalipto como essência de destaque desses estudos.

Os resultados dos estudos de Navarro de Andrade obtiveram tamanho êxito com o eucalipto, que a Companhia Paulista de Estradas de Ferro já possuía 8 milhões de árvores desse gênero em 1924, e 19 milhões de árvores plantadas em 1939. Ao morrer em 1941, Navarro de Andrade deixava plantadas, para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 24 milhões de árvores de eucalipto (ANTONANGELO e BACHA, 1998).

As coníferas representaram outro grande braço na silvicultura brasileira. De acordo com Pereira (1990), em meados da década de 1930 o Serviço Florestal do Estado de São Paulo (depois Instituto), realizou os primeiros ensaios com espécies do gênero *Pinus* em arboretos no Horto Florestal da capital. Esse autor comenta que duas décadas depois, o governo do estado de São Paulo colocava em prática um grande “programa demonstrativo” de plantio de coníferas, quase que unicamente com *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, tornando-as as primeiras a serem utilizadas em caráter extensivo no país. O autor ainda coloca que data dessa época a definição de que espécies do gênero *Pinus* eram as mais indicadas para grandes cultivos no Brasil, devido sua adaptabilidade a solos pobres e a qualidade da madeira da maioria das espécies.

No final da década de 1950 e na década de 1960, com a instalação de numerosas firmas ligadas à industrialização de madeira no país, as introduções de coníferas, e acima de tudo do *Pinus*, aumentaram significativamente, juntamente com a atividade empresarial nessa atividade. Era uma nova fase na evolução da silvicultura brasileira. Houve um aumento do

número de profissionais vinculados à silvicultura, uma grande evolução da ciência florestal, e um grande crescimento da área reflorestada no Brasil. Na década de 1960, quando o setor florestal passou a ser tratado com maior atenção, houve o surgimento das primeiras escolas de Engenharia Florestal no Brasil, e houve a implementação de facilidades fiscais que tornaram o reflorestamento uma operação de larga escala (ANTONANGELO e BACHA, 1998; ANTONANGELO, 1996).

Atualmente o setor de base florestal tem um papel importante na economia brasileira. Segundo dados do relatório anual de 2020 da Indústria Brasileira de Árvores (IBA, 2020), o setor de base florestal representou em 2019, 1,2% do PIB nacional e uma receita bruta total de R\$ 97,4 bilhões, com 9 milhões de hectares de área plantada, sendo que dessa área total, 77% representada pelo eucalipto e 18% pelo *Pinus*. O mesmo relatório aponta os estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul como os maiores representantes de florestas plantadas no país, com os estados da região sul representando 87% do plantio de *Pinus* no Brasil.

O estado do Rio Grande do Sul (RS) seguiu a mesma tendência de desenvolvimento nacional, e teve seus primeiros florestamentos de grande escala em meados do século passado. Atualmente é uma atividade em expansão no território gaúcho. Em 2015 por exemplo, a silvicultura já era responsável por 6,4 % do PIB do estado e os florestamentos com *Pinus* nesse mesmo ano representavam 12% da produção de florestas plantadas no Brasil (AGEFLOR, 2016; AGEFLOR, 2018).

O problema ambiental mais significativo do setor florestal atualmente, entre outros, é a proliferação (estabelecimento não desejado) de espécies do gênero *Pinus* em muitos ambientes naturais, como na região costeira do sul do Brasil. Quando não manejados corretamente, cultivos de *Pinus* realizados em décadas passadas e no presente, representam ameaças à conservação de ambientes ecologicamente importantes, como será discutido nas próximas seções.

Desse modo, objetivo central do trabalho aqui apresentado é contextualizar o uso e ocupação do solo pelo cultivo do gênero *Pinus* assim como seus impactos no município de Osório localizado no Litoral Norte do RS. Como objetivos específicos, temos:

- Verificar os florestamentos licenciados para a atividade de silvicultura no município de Osório – RS;
- Observar as áreas de cultivo de *Pinus*, autorizados ou não, no município de Osório –

RS;

- Identificar florestamentos² ou áreas de proliferação do *Pinus* que possam estar servindo de fonte de sementes (*hot spots*) para o povoamento do gênero nos ambientes do município;
- Identificar áreas ambientalmente importantes e ecologicamente sensíveis que possam estar sendo afetadas pela proliferação do *Pinus*;
- Mapear as áreas de maior ocorrência de proliferação do *Pinus* para subsidiar ações de controle no município de Osório – RS;
- Propor a criação de Unidade de Conservação (UC) em ambientes importantes no município que possam estar sofrendo degradação ambiental pelo povoamento do *Pinus*.

Na última década, adaptações na legislação foram feitas para diminuir o impacto que essa atividade exerce sobre os ambientes onde é praticada. Desse modo, o uso de geotecnologias como sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica e ferramentas de geoprocessamento, configuram importantes instrumentos de gestão ambiental.

² Destaca-se que neste trabalho, o termo “florestamento” será utilizado para toda área que configure plantio ou cultivo de espécies arbóreas de forma planejada (com manejo), seja em áreas autorizadas ou não. Essas áreas se caracterizam pela geometria bem delimitada, formando polígonos com laterais retilíneas na maioria das vezes, apresentando indivíduos de mesma idade (porte, altura) e disposição do cultivo em fileiras (talhões).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ORIGEM DO SISTEMA DE LAGOAS E O MOSAICO AMBIENTAL DO LITORAL NORTE DO RS

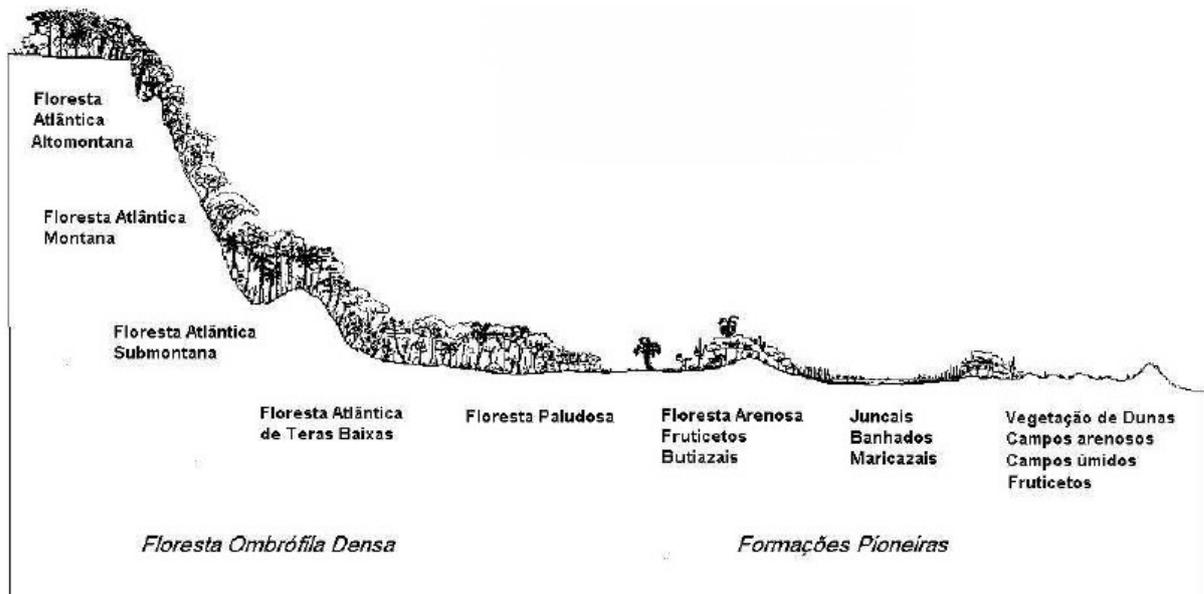
O sistema lagunar holocênico do Litoral Norte do RS iniciou seu desenvolvimento há cerca de 5000 anos antes do presente, quando o mar atingiu seu nível máximo no final do evento transgressivo (elevação do nível do mar) que se seguiu a última glaciação. O crescimento progressivo de uma barreira arenosa, isolou o continente (representado principalmente por terrenos pleistocênicos) e o mar, e originou uma ampla faixa de terras baixas onde se estabeleceu um sistema deposicional complexo constituído por vários ambientes de sedimentação (TOMAZELLI e VILLWOCK, 1991).

Nesse contexto geológico, o contato da Planície Costeira de origem mais recente, com formações geológicas antigas adjacentes, como o Escudo Sul-Riograndense, a Depressão Central e o Planalto das Araucárias, proporcionou diferentes fluxos migratórios das espécies vegetais destas regiões mais antigas para a planície (GAIO *et al.*, [2017] a). Segundo Waechter (1990), o revestimento vegetal da Planície Costeira, muitas vezes referido como vegetação pioneira, litorânea ou de restinga, compõe-se na realidade, de um imenso mosaico de comunidades florística e estruturalmente diferenciadas.

Brack (2009) caracterizou a vegetação atual do Litoral Norte do RS (LN do RS), e observou que na restinga litorânea ocorrem gradientes de fatores ambientais, predominantemente leste-oeste, e uma grande diversidade de tipos de vegetação e de paisagens associadas a condições de riqueza de habitats e de formas de vida. Este autor ressalta também que o complexo vegetal ocorre geralmente em sequências, desde áreas mais secas até mais úmidas. Em terrenos secos, de leste para oeste, temos vegetação de dunas, campos arenosos, fruticetos arenosos, butiazal e florestas arenosas (florestas psamófilas). Em terrenos úmidos, continua o autor, sem uma sequência muito clara, temos campos úmidos, banhados, juncal, maricazal, sarandizal e florestas paludosas (florestas brejosas).

Nesta porção litorânea do RS, destaca-se o município de Osório, por caracterizar de forma didática o perfil esquemático das formações vegetacionais do Litoral Norte citadas anteriormente, desde as escarpas da Serra Geral, passando pelos múltiplos ambientes úmidos até os ambientes de formações pioneiras mais próximos a linha de costa. A figura 1 mostra o perfil esquemático da vegetação do LN do RS, com seus múltiplos ambientes, desde os terrenos mais altos, passando pelas porções de terra mais baixas até a linha de costa.

Figura 1 – Perfil esquemático ilustrativo das diferentes formações vegetais do LN do RS.



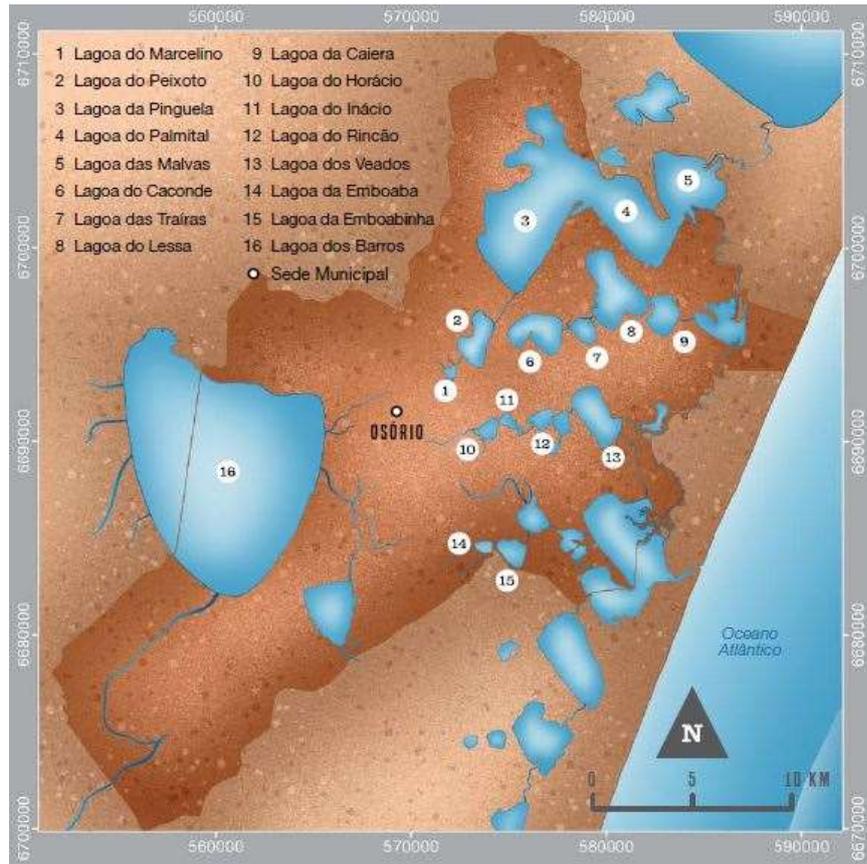
Fonte: Brack (2009).

Cerca de 100 lagoas ocorrem na Planície Costeira do estado do RS e quase um quarto delas (23 lagoas) está no território do município de Osório, sendo que 95% da área do município está encerrada na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (FEPAM [2020] a).

Gaio *et al* (2017b) analisaram a vegetação de diferentes conjuntos de lagoas de Osório e observaram fragmentos das diversas formações vegetais nativas da região como banhado, campo úmido, campo seco, mata de restinga seca e mata paludosa. No entorno das lagoas analisadas (figura 2), esses autores registraram um total de 87 espécies de plantas endêmicas no Brasil e 26 espécies com alguma categoria de risco de extinção no estado do Rio Grande do Sul, demonstrando a importância da preservação destes ambientes. Os autores ainda afirmam que apesar da visível alteração das áreas naturais no entorno de algumas lagoas, existem fragmentos de florestas mais preservados, como as matas paludosas nas proximidades das Lagoas das Traíras, da Emboaba, dos Veados e as matas de restinga seca próximas à Lagoa da Caieira.

Waechter (1998) por sua vez, analisando a composição de epífitos vasculares de uma floresta de restinga na porção sul da Lagoa Emboabinha localizada no município de Osório - RS, registrou a ocorrência de 53 espécies de epífitas e dessas, 3 com alguma categoria de risco de extinção no RS. A lista das espécies da flora ameaçadas e descritas nos trabalhos de Gaio *et al* (2017b) e Waechter (1998) estão no quadro 1.

Figura 2 – Município de Osório (tom marrom escuro) e seu complexo de lagoas costeiras.



Fonte: Marchett *et al.* (2017).

Quadro 1 – Lista das espécies ameaçadas da flora do RS, encontradas nas vegetações de restinga associadas aos sistemas de lagoas do município de Osório – RS, de acordo com os trabalhos de Gaio *et al* (2017b) e Waechter (1998).

LAGOA	ESPÉCIE	STATUS*
Traíras ¹	<i>Annona maritima</i>	EN
	<i>Dicksonia sellowiana</i>	VU
	<i>Eriocaulon magnificum</i>	VU
	<i>Eriocaulon modestum</i>	VU
	<i>Geonoma schottiana</i>	EN
	<i>Laplacea fruticosa</i>	EN
	<i>Laurembergia tetrandra</i>	VU
	<i>Sinningia warmingii</i>	EN
	<i>Syngonanthus chrysanthus</i>	EN
	<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	EN
	<i>Tibouchina asperior</i>	EN
<i>Tibouchina trichopoda</i>	EN	

Traíras¹	<i>Trichomanes cristatum</i>	EN
	<i>Verbena ovata</i>	EN
Emboaba¹	<i>Begonia fischeri</i>	VU
	<i>Euterpe edulis</i>	EN
	<i>Mikania clematidifolia</i>	VU
	<i>Mikania ulei</i>	EN
Palmital¹	<i>Smilax quinquenervia</i>	VU
	<i>Ophioglossum palmatum</i>	VU
	<i>Urera nitida</i>	VU
Emboabinha²	<i>Cattleya intermedia</i> VU	VU
	<i>Cattleya tigrina</i> EM	VU
	<i>Ophioglossum palmatum</i>	VU
Horacio¹	<i>Calibrachoa linoides</i>	EN
	<i>Persea venosa</i>	CR
Barros¹	<i>Oxypetalum banksii</i>	EN
Veados¹	<i>Tibouchina urvilleana</i>	EN
Peixoto¹	<i>Gleichenella pectinata</i>	EN
¹ Gaio <i>et al</i> (2017b); ² Wachter (1998); *Status de acordo com o Decreto Estadual N° 52.109 de 2014 , que declara espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no estado do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, [2014] a). LEGENDA: EN – EM PERIGO; VU – VULNERÁVEL; CR – CRITICAMENTE EM PERIGO;		

Fonte: Autor (2021).

O LN do RS também abriga importantes campos de dunas móveis, também conhecidos como campos de dunas transgressivas. Tomazelli (2001) analisou cinco importantes remanescentes desses campos de dunas encontrados nos municípios de Torres (Campo de dunas Itapeva), Arroio do Sal, Imbé (Campo de dunas Imara), Cidreira e Pinhal. Segundo este autor, esses remanescentes de campo de dunas móveis sofreram uma significativa redução de suas áreas de ocorrência, seja pela ocupação direta dessas áreas, seja pela interrupção parcial ou total de suas fontes de alimentação (diminuição ou retirada das dunas frontais na faixa de praia que servem de fonte de areia ao sistema eólico). O autor ainda ressalta que esses remanescentes de campos de dunas móveis podem ser indicados como áreas prioritárias para conservação no LN do RS.

Pelo fato desta região estar inserida na porção litorânea do bioma Pampa e próxima ao limite com o bioma Mata Atlântica, é considerada uma zona de transição e influenciada tanto

por elementos marinhos quanto por elementos campestres e florestais, e essa influência favorece a alta diversidade de aves que ocupam os vários ambientes. Aproximadamente 34% destas aves dependem de ambientes aquáticos para sua sobrevivência, como as lagoas costeiras, banhados, campos alagados e praias (JOENCK, 2017).

2.2 INTRODUÇÃO DO GÊNERO *PINUS* E A SILVICULTURA NO LITORAL NORTE DO RS

Espécies de *Pinus* vêm sendo plantadas no Brasil há mais de um século. Muitas delas foram trazidas pelos imigrantes europeus, para fins ornamentais e para produção de madeira. As primeiras introduções de que se tem notícia foram estabelecidas no RS, com *Pinus canariensis*, proveniente das Ilhas Canárias, em torno de 1880 (SHIMIZU, 2008).

A edição do jornal Correio do Povo de 1919 trazia uma reportagem com o título “*Fixação de dunas no littoral*”, onde reportava a experiência feita pelo governo do estado do RS em fixar as dunas em vários locais do litoral gaúcho, como na região de Tramandaí onde foi autorizado naquela ocasião o plantio de muitas plantas, e dentre elas, o pinheiro marítimo, provavelmente o *Pinus pinaster* (CORREIO DO POVO, 1919). A análise palinológica de um testemunho de sondagem na Laguna de Tramandaí no município de Tramandaí-RS realizada por Medeanic e Dillenburg (2001), corroboram a época de introdução do *Pinus* como início do século passado. Esses autores verificaram a presença de pólen desse gênero em sedimentos de estratos com datação por volta de 1915.

Iniciada igualmente no início do século passado, a produção florestal no RS teve um grande estímulo aos plantios de florestas no estado somente na segunda metade do século XX com o advento da Lei de Incentivos Fiscais ao Reflorestamento, Lei Federal 5.106, de 1966. Embora tais incentivos tenham sido encerrados em 1987, os plantios de florestas com espécies dos gêneros *Acácia*, *Pinus* e *Eucalyptus* continuaram a ser feitos pela iniciativa privada, estabelecendo-se no território gaúcho a base florestal que desenvolveu a cadeia produtiva de base florestal existente. No LN, o florestamento massivo durante a década de 1970 deu-se pela produção de *Eucalyptus*, ficando o *Pinus* utilizado como alternativa produtiva para a contenção de dunas, que avançavam progressivamente sobre áreas cultiváveis da faixa litorânea (AGEFLOR, 2020).

Nas décadas posteriores, a silvicultura seguiu como alternativa econômica no LN, mas somente nesse século que ela teve o segundo grande incentivo para figurar definitivamente como uma alternativa econômica estratégica em praticamente todas regiões do estado.

Em 2004, a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA – RS), através da Portaria nº 048 de 2004, instituiu um grupo de trabalho para a realização do Zoneamento Ambiental para Atividade de Silvicultura (ZAS). Em 2010 é criado o Programa Florestal RS, a partir do Decreto Nº 47.175 de 2010, que entre outras atribuições, considera o ZAS aprovado pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (RIO GRANDE DO SUL, 2010).

2.3 ESPÉCIES DO GÊNERO *PINUS* COMO INVASORAS EM AMBIENTES COSTEIROS NO SUL DO BRASIL

O gênero botânico *Pinus* está entre as espécies consideradas invasoras globalmente e compõe a Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do RS (RIO GRANDE DO SUL, 2013). Segundo Bechara (2003), espécies exóticas invasoras são espécies que, pelo processo de contaminação biológica, tornam-se dominantes, alterando a fisionomia e a função dos ecossistemas naturais, levando as populações nativas à perda de espaço e ao declínio genético. De acordo com Ziller (2000), contaminação biológica é conceituada como o processo de introdução e adaptação de espécies exóticas que se naturalizam (adaptação gradativa dos mecanismos biológicos das exóticas), tornando-se invasoras e provocando mudanças nos ecossistemas naturais.

Não por acaso a crescente ocupação de áreas naturais por espécies exóticas é colocada como segunda maior causa de perda de biodiversidade no planeta, sendo superada somente pela perda e degradação de habitats (BRASIL, 2020). Inúmeros trabalhos evidenciam que a falta de controle na proliferação de espécies do gênero *Pinus* causam perturbações nos ecossistemas, como nas regiões costeiras do sul do Brasil.

No estado de Santa Catarina por exemplo, Bechara (2003) realizou um amplo estudo em restingas contaminadas por *Pinus* no Parque Florestal do Rio Vermelho no município de Florianópolis e verificou que tanto as sementes presentes nos cones dos ramos como as dos cones da serapilheira possuem potencial germinativo, sem a necessidade de quebra de dormência. O autor conclui que a alta capacidade invasora de *P. elliottii* var. *elliottii* é dada, entre outros fatores, pela capacidade das sementes aladas dos cones dos ramos serem dispersadas a quilômetros de distância e poderem germinar sem quebra de dormência, provocando a invasão de áreas próximas e distantes das matrizes.

No LN do RS, Fischer (2010) estudou a ocorrência de *P. taeda* no Parque Estadual de Itapeva no município de Torres, e verificou que a vegetação nativa não demonstrou resistência ao estabelecimento de indivíduos dessa espécie e ainda observou que estas exóticas causam

impacto e alteram a vegetação nativa, facilitando o desenvolvimento de algumas espécies e comprimindo as demais em uma área cada vez menor. Esta autora também observou indivíduos com reprodução precoce, com poder de dispersão de sementes logo aos 4 anos.

Na porção sul do LN do RS, Schalemburger (2017) analisou a composição e estrutura da comunidade vegetal herbácea em uma área de campos de dunas invadida por *P. elliottii*, após a área ter sido utilizada para cultivo de *Pinus*, no município de Cidreira. Esta autora demonstrou que sem manejo, ambientes com histórico de plantio assim como ambientes adjacentes, estão sujeitos à rápida invasão de *P. elliottii*, alterando a fisionomia das dunas e aumentando o potencial de invasão pela produção de mais sementes. Também demonstrou que a riqueza de espécies herbáceas no campo de dunas foi influenciada pela deposição de serapilheira no solo, sendo esta a principal causa de mudanças na comunidade vegetal e diminuição de riqueza sob a copa das árvores exóticas.

Gianuca e Tagliani (2012) verificaram alterações na paisagem em ambientes adjacentes a plantio de *Pinus* em uma área de restinga litorânea no município de São José do Norte, Litoral Médio do RS. Esses autores analisaram duas imagens, uma sem plantio de *Pinus* em 1964 (mosaico de fotografias aéreas) e outra imagem pós introdução de *Pinus* em 2007 (LANDSAT TM 5). Perceberam que nesse intervalo, houve um acréscimo na área de banhados/áreas alagadas (+11%) e na área ocupada por lagoas (+39%), mas também uma significativa retração das dunas (-64%) e dos brejos úmidos (-60%). Segundo esses autores, as mudanças na dinâmica desses ambientes evidenciam a conectividade entre esses sistemas, principalmente ao fluxo hídrico e sedimentar, e a alteração do transporte eólico e do escoamento dos banhados e lagoas, provavelmente relacionadas com o efeito de barreira formada pelas plantações de *Pinus*.

Burgueño *et al.* (2013) avaliaram a evolução dos cordões de dunas transgressivas no Litoral Médio do RS à margem da Lagoa do Peixe, e sua inter-relação com o desenvolvimento dos plantios de *Pinus sp.* Esses autores realizaram uma análise temporal da região através do uso de imagens de satélite de diferentes épocas e observaram que a abertura de uma rede de canais de drenagem associada ao desenvolvimento do plantio provocou uma série de mudanças no microclima da Lagoa do Peixe. Esses autores concluíram que a análise das imagens de satélite permitiu verificar a existência de zonas úmidas (lagos pluviais e banhados) localizadas junto à margem da Lagoa do Peixe, e salientam que para o estabelecimento dos plantios de *Pinus sp.*, estes ambientes foram alterados, no todo ou parcialmente, por meio da implantação da rede de canais de drenagem em toda a extensão do plantio.

2.4 ZONEAMENTO DA SILVICULTURA E LEGISLAÇÃO SOBRE O *PINUS*

2.4.1 Zoneamento Ambiental para Atividade de Silvicultura (ZAS)

De acordo com o documento finalizado em 2008 e aprovado pela Resolução CONSEMA Nº 187 de 2008 (e alterada pela Resolução CONSEMA 227 de 2009), o Zoneamento Ambiental para Atividade de Silvicultura (ZAS), como um processo de planejamento, avaliou e definiu diretrizes para a inserção dos empreendimentos florestais no contexto das diversas paisagens do Estado. Dentre os objetivos descritos nesse documento, salienta-se a orientação da atividade de silvicultura visando conservar os recursos hídricos, os ecossistemas, a flora e fauna, as paisagens frágeis e singulares e as funções ambientais associadas às diversas Bacias Hidrográficas e Unidades de Paisagem. Também objetiva conservar os ecossistemas naturais, através da manutenção de corredores ecológicos, de matas ciliares, de remanescentes florestais e de campos nativos e de habitats especiais de ocorrência de flora e fauna ameaçadas de extinção e endêmicas (RIO GRANDE DO SUL, 2010).

O Volume I do documento traz todo arcabouço teórico assim como as metodologias utilizadas no processo de zoneamento dessa atividade. Nesse volume, foram definidas 45 Unidades de Paisagem Natural – UPN (representativas do meio biótico), que em conjunto com as Bacias Hidrográficas – BH (representativas do meio físico), compuseram as unidades de planejamento. A sobreposição dessas duas unidades de planejamento ambiental resultou num novo mosaico de subunidades. Para elas foram criadas metodologias visando estabelecer limites de ocupação, tamanho e distanciamento entre plantações, definindo condicionantes específicas objetivando a manutenção da qualidade ambiental e a conservação da paisagem diante da expansão da atividade de silvicultura no Estado.

As restrições especificadas no ZAS foram agrupadas em oito temas: Áreas Protegidas, Biodiversidade, Ocupação do Solo, Uso do Solo, Recursos Hídricos, Paisagem, Arqueologia e Paleontologia, e Comunidades Tradicionais. A presença desses temas em cada uma das UPN's, condicionam o estabelecimento da silvicultura nessas áreas. Sobre o tema específico Biodiversidade, destaca-se as Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (ou simplesmente “Áreas Prioritárias”), utilizada no zoneamento e importante parâmetro sobre restrições para implantação da silvicultura nos mais variados ambientes do RS.

Desse modo, após a aprovação do ZAS como instrumento de planejamento da atividade de silvicultura, todos os empreendimentos já existentes até a data de aprovação do zoneamento ficam passíveis de licenciamento, mesmo as propriedades com atividade de

silvicultura anterior à aprovação do ZAS e que excedem o porte de produção florestal de cada subunidade (cabendo ao órgão fiscalizador a viabilidade de cada empreendimento nesse caso). Após 2008, todos empreendimentos de produção florestal devem seguir as diretrizes de uso e ocupação dadas no ZAS, de acordo com os limites de ocupação (porte) e distância entre maciços de cada subunidade. Para isso, os empreendimentos devem seguir o prazo de regularização, que atualmente foi ampliado até dezembro de 2021 (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

2.4.2 Adaptações Legislativas sobre proliferação e manejo do *Pinus*

Diante da alta capacidade de proliferação através da dispersão de suas sementes, o gênero *Pinus* é incluído na lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul através da Portaria SEMA N° 79 de 2013, e figura entre as espécies que podem ser utilizadas em condições controladas, com restrições, sujeitas à regulamentação específica (categoria 2 do artigo 6° dessa legislação). Um ponto importante dessa portaria, no artigo 10°, destaca que nas áreas e nos bens públicos estaduais nos quais for constatada a presença das espécies exóticas invasoras constantes no anexo 1 da lista A (flora) desta portaria, como é o caso do *Pinus*, a administração pública deverá adotar medidas que evitem a invasão biológica e possibilitem a substituição dessas espécies por espécies nativas (RIO GRANDE DO SUL, 2013).

A Instrução Normativa SEMA N°10 de 2014 estabelece os procedimentos para a execução de medidas de prevenção, controle e monitoramento referentes ao artigo 10° da Portaria SEMA N° 79 de 2013, e dá prazo de 5 anos para erradicação das espécies do anexo 1 da lista A (flora) dessa mesma portaria (RIO GRANDE DO SUL, 2014b).

Especificamente sobre a proliferação do *Pinus* oriunda de florestamentos autorizados, a Instrução Normativa SEMA N° 14 de 2014 estabelece os procedimentos de manejo desse gênero, como o controle da proliferação pelos produtores florestais até uma distância mínima de 1.000 metros a partir dos limites dos talhões, e de adoção de medidas preventivas contra dispersão de sementes, como o estabelecimento de linhas compostas por espécies nativas ou exóticas não invasoras ao redor da área plantada, conhecido como cortinamento vegetal. Um ponto importante dessa Instrução Normativa é que o aproveitamento de áreas com invasão de espécies do gênero *Pinus* só poderá ser feito se assim for autorizado pelo órgão ambiental, após análise da viabilidade ambiental da área (RIO GRANDE DO SUL, 2014c).

2.5 GEOTECNOLOGIAS EM ESTUDOS AMBIENTAIS

As geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências e correlatas, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico (FITZ, 2008). Dentre as geotecnologias destacam-se:

- Sensoriamento Remoto – SR: utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações (NOVO, 2010).
- Geoprocessamento: denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica, influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional (CÂMARA *et al.*, 2001).
- Sistemas de Informação Geográfica – SIG: são ferramentas computacionais utilizadas nos mecanismos de geoprocessamento e permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados, tornando possível ainda, automatizar a produção de documentos cartográficos (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).
- Sistema Global de Navegação por Satélite – GNSS (do inglês *Global Navigation Satellite System*) engloba os diversos sistemas de posicionamento por satélites existentes atualmente, envolvem o sistema norte americano, denominado GPS (*Global Positioning System*), o sistema russo, denominado GLONASS (do inglês *Global Navigation Satellite System*), o da União Européia, denominado GALILEO, e o chinês, denominado COMPASS (MONICO, 2008).

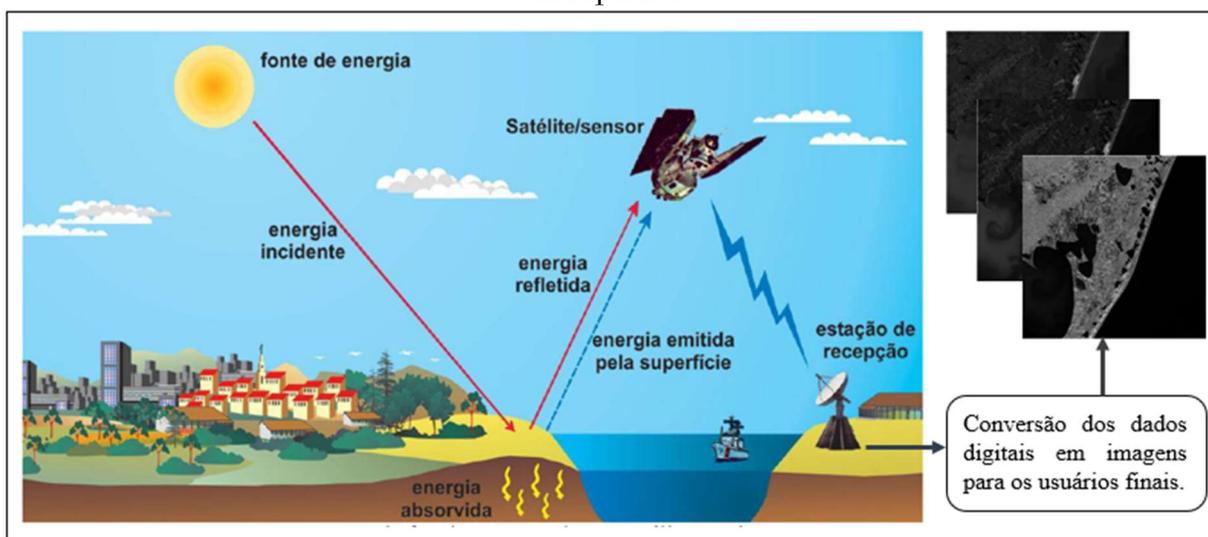
Nesse sentido, as geotecnologias configuram instrumentos importantes na gestão ambiental. Através do geoprocessamento de dados obtidos remotamente em conjunto com os SIG's, pode-se obter informações importantes sobre a dinâmica ambiental de uma dada região da superfície terrestre. O olhar “de cima” através de plataformas orbitais (satélites), permite

vislumbrar a transformação do território causada pela ocupação humana, em conjunto com o inerente desenvolvimento das ferramentas para análise desses dados gerados a partir dos dados orbitais. O estudo da vegetação (biomas, desflorestamentos, silvicultura e agricultura em geral) através do SR tem sido largamente utilizado no monitoramento e gestão dos recursos naturais. Portanto, é importante conhecer o funcionamento e as aplicações de alguns desses instrumentos.

2.5.1 Sensoriamento Remoto Orbital

A principal fonte de energia eletromagnética utilizada em SR é o Sol. Basicamente, a energia solar atinge e interage com o alvo ou objeto na superfície da Terra. Parte dessa REM é refletida de volta até atingir sensores aerotransportados ou localizados em plataformas orbitais como os satélites. Cada objeto ou alvo na superfície terrestre reflete a energia com maior ou menor quantidade em determinados intervalos do espectro eletromagnético, dependendo de suas características físicas e químicas. Essa fração de energia refletida pelo alvo é captada pelo sistema óptico do sensor e seus detectores acoplados, e posteriormente os sinais elétricos de saída desse sistema de detecção são transformados em valores digitais. (MENEZES e ALMEIDA, 2012; MENEZES e ALMEIDA, 2019). A figura 3 ilustra esse processo.

Figura 3 – Esquema ilustrado da interação entre a energia solar, a superfície terrestre e os sensores remotos, e a conversão dos dados digitais em imagens nas estações de recepção em superfície.



Fonte: modificado de Florenzano (2011).

Os valores digitais obtidos por esses sensores ópticos podem então ser transformados

em imagens digitais, que representam formas de captura indireta de informação espacial. Armazenadas como matrizes, cada elemento de imagem denominado "*pixel*" (do inglês *picture element*) tem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

Em terra, estações de rastreamento gravam o sinal digital transmitido do satélite por telemetria, e em laboratórios a imagem no formato *raster* é produzida para distribuição aos usuários (MENEZES e ALMEIDA, 2012).

Menezes e Almeida (2012) afirmam que a versatilidade dos imageadores de obter imagens em diferentes comprimentos de onda, ampliou sua utilização muito além das aplicações temáticas das ciências da Terra, e o formato digital trouxe o computador como um meio rápido para visualizar as imagens e processá-las para uma análise qualitativa e quantitativa, pelos fotointérpretes (analista humano das imagens).

As principais regiões do espectro eletromagnético utilizadas em sensoriamento remoto da superfície terrestre, são as regiões do visível, do infravermelho e das micro-ondas (NOVO, 2010). O quadro abaixo apresenta essas regiões e seus intervalos espectrais segundo essa autora.

Quadro 2 – Principais regiões espectrais utilizadas por sensoriamento remoto da superfície terrestre.

Regiões espectrais mais utilizadas em sensoriamento remoto		
Nome da região	Nome do comprimento de onda*	Comprimento de onda*
<i>Visível</i>	Violeta	0,38 – 045 μm
	Azul	0,45 – 0,49 μm
	Verde	0,49 – 0,56 μm
	Amarelo	0,56 – 0,59 μm
	Laranja	0,59 – 0,63 μm
	Vermelho	0,63 – 0,76 μm
<i>Infravermelho</i>	Infravermelho Próximo (NIR)	0,80 – 1,50 μm
	Infravermelho de Ondas Curtas (SWIR)	1,50 – 3,00 μm
	Infravermelho Médio (MIR)	3,00 – 5,00 μm
	Infravermelho Longo (Termal)	5,00 – 15,0 μm
	Infravermelho Distante	15,0 – 300 μm

<i>Micro-ondas</i>	Submilimétrica	0,01 – 0,10 cm
	Milimétrica	0,10 – 1,00 cm
	Micro-ondas	1,00 – 100 cm
*Os limites e nomenclatura podem variar um pouco de autor para autor, tendo em vista a origem desses dados.		

Fonte: NOVO (2010).

Câmara e Medeiros (1998) lembram que pela natureza do processo de aquisição de imagens, é necessário recorrer a técnicas de fotointerpretação e de classificação para individualizar os objetos geográficos inseridos na imagem.

2.5.2 Imagens orbitais e o comportamento espectral da vegetação

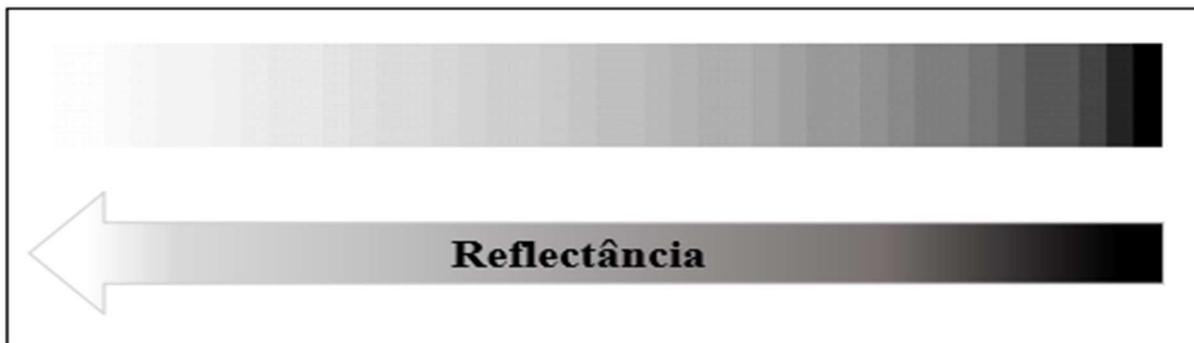
Cada banda dos sensores imageadores corresponde a uma imagem individual, com um determinado número de níveis digitais, representando níveis de cinza (resolução radiométrica) e quanto maior o número de níveis, maior é a resolução (MENEZES e ALMEIDA, 2012).

Crósta (1992) acrescenta que o número de níveis é comumente expresso em função do número de dígitos binários (“bits”) necessários para armazenar em forma digital o valor de nível máximo. Esse valor é sempre uma potência do número 2 e desse modo, “6 bits” quer dizer 2^6 (2 elevado na 6ª potência) ou 64 níveis (tons) de cinza. Este autor destaca que o sistema visual humano não é muito sensível a variações em intensidade, de tal modo que dificilmente são percebidos mais do que 30 diferentes tons de cinza numa imagem.

Desse modo, o produto que é disponibilizado para os usuários a partir dos dados remotos é uma imagem em tons de cinza. De acordo com Ponzoni *et al* (2012), a reflectância de um objeto expressa uma quantidade relativa de radiação eletromagnética que é refletida por ele, e os valores elevados de radiância medidos e discretizados em uma determinada banda, produzem um padrão “claro” desse objeto na imagem da banda. Em outras palavras, quanto maior for a reflectância de um objeto em uma determinada faixa espectral (banda), mais “claro” será o tom de cinza na imagem, como é ilustrado na figura 4, logo abaixo.

Diante da limitação do sistema visual humano na percepção de diferentes tons de cinza, algumas técnicas de análise das imagens com uso de cores foram desenvolvidas a partir do conceito acima dado, de que o comportamento espectral dos materiais presentes na superfície terrestre, variam de acordo com suas propriedades físicas e químicas.

Figura 4 – Níveis de cinza relacionados com a intensidade de reflectância numa banda espectral, indo do preto, com pouca ou nenhuma reflectância, ao branco, com alta reflectância.



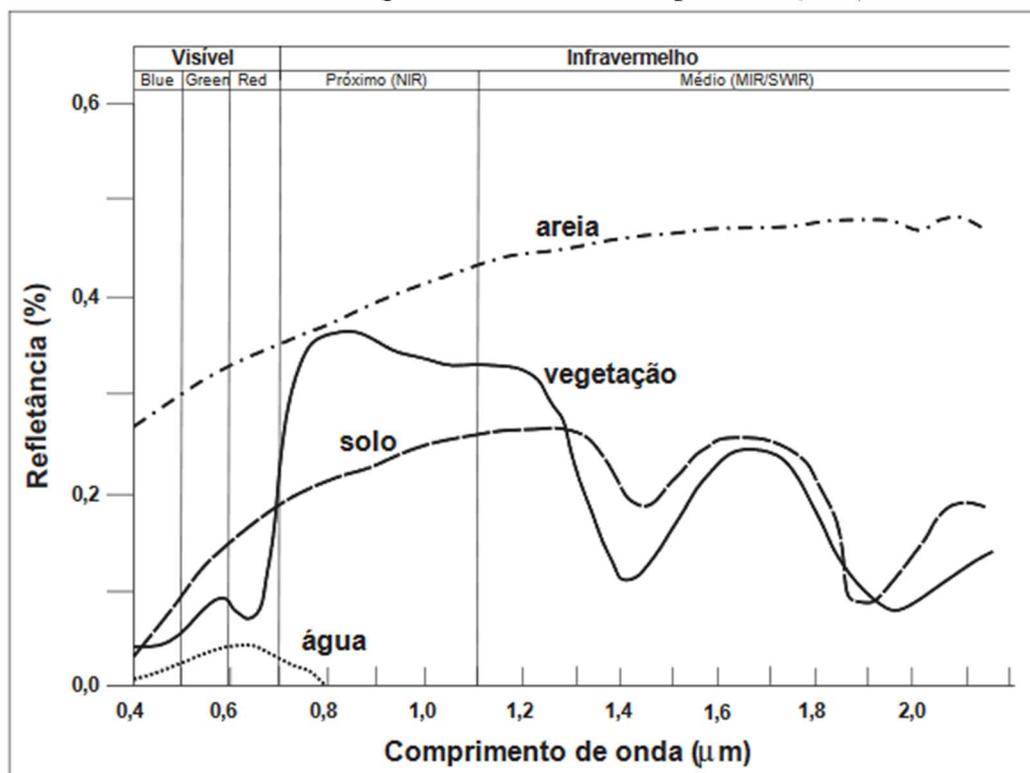
Fonte: modificado de Soares Filho (2000).

Muitos pesquisadores despenderam muito tempo e esforço realizando simulações em laboratório e campos de prova com a finalidade de observar, estudar e catalogar como determinadas feições da superfície terrestre respondem a diferentes comprimentos de onda da REM. Atualmente, essas informações geradas são utilizadas como referência em muitas pesquisas e projetos de geoprocessamento (MACHADO e QUINTILHA, 2008).

Segundo Sano *et al* (2019), os estudos da interação entre a luz e a vegetação por meio de experimentos de campo e de laboratório e em seguida, por meio de sensores imageadores que operam em toda a faixa óptica do espectro eletromagnético solar, são identificados como *comportamento espectral da vegetação*, expressão frequentemente utilizada para representar as propriedades e as características de reflectância, absortância e transmitância da REM por folhas, plantas individuais e conjunto de plantas.

Novo (2010) decompõem a curva de reflectância da vegetação em três regiões espectrais, em função dos fatores que condicionam seu comportamento: **a)** até $0,7 \mu\text{m}$, a reflectância é baixa, dominando a absorção da radiação incidente pelos pigmentos da planta em $0,48 \mu\text{m}$ (carotenóides) e em $0,62 \mu\text{m}$ (clorofila). Em $0,56 \mu\text{m}$, há um pequeno aumento de reflectância na faixa do espectro visível correspondente à cor verde (reflectância responsável pela percepção da cor verde da vegetação); **b)** de $0,7 \mu\text{m}$ a $1,3 \mu\text{m}$, temos a região dominada pela *alta reflectância da vegetação*, devido à interferência da estrutura celular (estrutura do mesófilo); **c)** região entre $1,3 \mu\text{m}$ e $2,5 \mu\text{m}$, a reflectância da vegetação é dominada pelo conteúdo de água das folhas, com dois picos de absorção pela água, em $1,4 \mu\text{m}$ e $1,95 \mu\text{m}$. Essa autora apresenta a curva de reflectância de alguns alvos terrestres, e entre eles, a vegetação (figura 5).

Figura 5 – Curvas de reflectância de quatro diferentes alvos terrestres: água, solo, areia e vegetação. Destaque para vegetação (linha contínua) com pico de reflectância na região do infravermelho próximo (NIR).



Fonte: NOVO (2010).

Desses conhecimentos, criou-se um sistema de combinações de cores primárias integrado à um triplete de bandas, constituindo o conhecido sistema RGB (do inglês *Red*, *Green*, *Blue* – vermelho, verde e azul respectivamente) para determinação e diferenciação de diferentes alvos terrestres de acordo com suas características espectrais. Crósta (1992) afirma que pode-se usar quaisquer três bandas para se produzir uma composição colorida, contudo, uma cuidadosa seleção das mesmas faz-se necessária, para que a combinação de 3 bandas contenha a informação espectral realmente desejada.

Com base no comportamento espectral ilustrado na figura 5, algumas composições de bandas podem ser utilizadas para estudos da vegetação a partir de dados orbitais. Uma dessas combinações possíveis é a utilização da faixa do espectro situada no infravermelho. Todavia, Menezes e Almeida (2012) alertam que o número de bastonetes da visão humana sensíveis à cor azul é muito menor do que para as cores vermelha e verde, e por isso, a sensibilidade às cores azuis é mais baixa do que às cores verde e vermelha. Esses autores ainda aconselham que ao se montar uma composição colorida deve-se associar (alocar) a cor verde ou a cor vermelha à banda de maior variância, portanto, de maior contraste, destinando a cor azul à banda de menor variância.

2.5.3 Composição em falsa cor e diferenciação entre silvicultura e outras vegetações

Um exemplo de composição colorida RGB utilizando uma banda no intervalo do infravermelho é dado por Ponzoni *et al* (2012). Nesse caso, os autores realizaram a análise da vegetação de uma área do pantanal no estado do Mato Grosso do Sul, utilizando a composição RGB 453 do sensor ETM do satélite Landsat 7 (banda 4 – ETM corresponde ao infravermelho próximo, alocado no canal vermelho). O resultado dessa combinação apresentou as formações arbóreas de cerrado com cores avermelhadas, as áreas com fisionomia campestre com cores esverdeadas ou esbranquiçadas e os corpos d'água mostraram tonalidades escuras.

Composições coloridas desse tipo, utilizando uma banda na faixa espectral do infravermelho são conhecidas como *composição colorida em falsa cor no infravermelho*. A escolha e a ordem das bandas numa composição RGB é fundamental na identificação de alvos em imagens de satélite. No caso da vegetação, pode-se também alocar a banda do infravermelho próximo no canal verde, e desse modo, a vegetação apresentará tons verdes mais intensos, facilitando assim a identificação das diferentes formas de vegetação numa imagem. Porém, a composição em falsa cor associando o infravermelho ao canal vermelho, apresenta maior contraste entre formações florestais, sendo muito utilizada em diferenciação de florestamentos de silvicultura.

Eisfeld e Nascimento (2015) por exemplo, determinaram a extensão e a localização das florestas plantadas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* no estado do Paraná, a partir de imagens da constelação de satélites *RapidEye*. Para a análise das imagens, esses autores realizaram uma composição RGB542 (banda 5 – Infravermelho próximo, banda 4 – *RedEdge*, e banda 2 – verde), obtendo boa diferenciação entre os florestamentos de *Pinus* e *Eucalyptus*, demonstrando assim, a eficiência na escolha dessa composição em falsa cor.

Signori (2018) utilizou composições coloridas em falsa cor para imagens da série Landsat (5, 7 e 8), e para imagens da constelação de satélites *RapidEye*, como método de identificação de florestamentos e invasão do gênero *Pinus* na parte norte do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, porção sul da planície costeira do RS. Este autor comenta que após realizar algumas combinações testes, chegou à combinação em falsa cor RGB453 para a série Landsat, e RGB542 para o *RapidEye* (mesma combinação do exemplo anterior). Em ambas combinações, o autor alocou a banda do infravermelho próximo no canal vermelho (R), obtendo assim imagens com florestamentos de *Pinus* em tons de vermelho.

2.5.4 Análise visual de imagens (Fotointerpretação)

De acordo com Novo (2010), a extração de informações em imagens digitais pode ser obtida através de técnicas de classificação com uso de programas de computador – *softwares*, ou através da análise visual da imagem (fotointerpretação), onde o analista humano interpreta os diferentes elementos contidos numa cena.

Na fotointerpretação, Florenzano (2011) salienta que independentemente da resolução e escala, as imagens apresentam os elementos básicos de análise e interpretação, a partir dos quais se extraem informações de objetos, áreas ou fenômenos. Esses elementos são: **tonalidade ou cor, textura, tamanho, forma, sombra, padrão e localização geográfica**. A descrição de Florenzano (2011) é exposta no quadro abaixo.

Quadro 3 – Quadro explicativo das características e descrição dos elementos de uma imagem.

Características das imagens* avaliadas no processo de fotointerpretação	
Característica na imagem	Descrição
<i>Tonalidade</i>	A tonalidade cinza é um elemento utilizado para interpretar fotografias ou imagens em preto e branco. Nesse tipo de imagem, as variações de energia refletida ou emitida pela superfície imageada são representadas por diferentes tonalidades, ou tons de cinza, que variam do branco (maior emissão ou reflectância do objeto) ao preto (menor reflectância do objeto).
<i>Cor</i>	Em imagens coloridas, a cor do objeto vai depender da quantidade de energia que ele refletir ou emitir (no canal correspondente à imagem), da mistura entre cores (processo aditivo), e da cor que for associada às imagens originais em preto e branco.
<i>Textura</i>	Contém informações quanto às variações de tons ou níveis de cinza (ou cor) de uma imagem, e refere-se ao aspecto liso (e uniforme) ou rugoso dos objetos em uma imagem. A textura é um importante elemento de identificação e diferenciação de unidades de relevo e cobertura vegetal. Na vegetação, observa-se que uma área de mata, que é mais heterogênea, é representada por uma textura mais rugosa do que uma área de reflorestamento, que é mais uniforme, porém, é mais rugosa em relação à uma área de cultura agrícola, por exemplo.
<i>Padrão</i>	Pode ajudar na identificação de objetos, uma vez que ele se refere ao arranjo espacial ou à organização desses objetos em uma superfície. Podemos associar um padrão de linhas sucessivas por exemplo, a culturas plantadas em fileiras.
<i>Forma</i>	É um elemento de interpretação tão importante que alguns objetos, feições ou superfícies, são identificados com base apenas nesse elemento. De modo geral, formas irregulares são indicadoras de objetos naturais (matas, lagos, feições do relevo, etc.), enquanto formas regulares indicam objetos artificiais ou culturais, construídos pelo homem (indústria, construções urbanas, áreas de reflorestamento, áreas agrícolas, etc.).

<i>Sombra</i>	Em imagens bidimensionais, a altura dos objetos como árvores, edifícios, relevo, entre outros, pode ser estimada pelo elemento sombra. A partir da sombra, outros elementos como a forma e o tamanho podem ser inferidos.
<i>Tamanho</i>	É função da escala, e relativo aos objetos na imagem. Assim, em função do tamanho, pode-se distinguir uma residência de uma indústria, ou uma área industrial de uma residencial.
<i>Localização Geográfica</i>	O conhecimento sobre o tipo de clima, a geologia, o relevo, a vegetação e o tipo de ocupação de uma região pode ser usado no processo de interpretação de uma imagem. Quanto maior é o conhecimento sobre uma área de estudo, maior é a quantidade de informação que se pode obter a partir da interpretação de uma imagem dessa área. A associação e comparação de alvos conhecidos no terreno (corpos d'água, centro urbano, áreas de reflorestamento, áreas de cultivo agrícola, etc.) com sua representação (correspondência) em uma imagem facilitam a identificação dos componentes da paisagem.
* imagens aqui refere-se tanto a fotografias aéreas quanto imagens orbitais (imagens de satélite).	

Fonte: adaptado de Florenzano (2011).

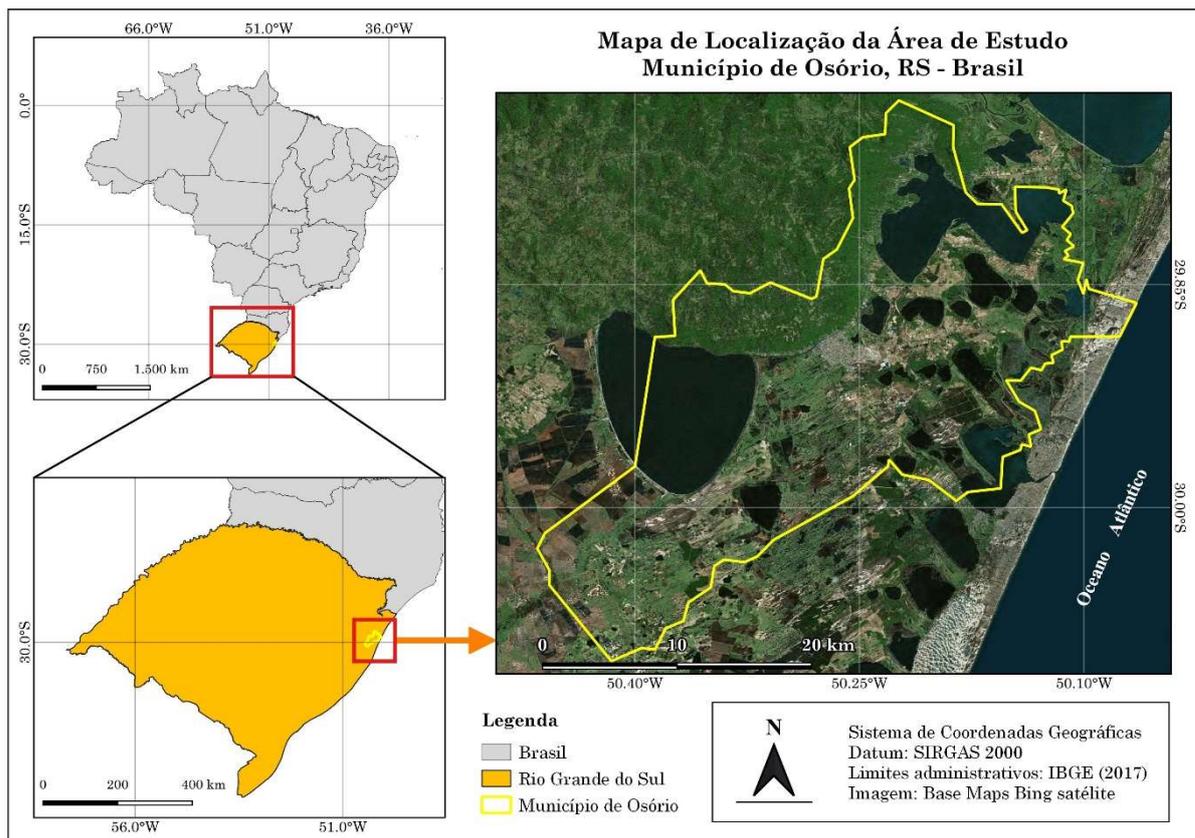
Florenzano (2011) coloca que a partir desses elementos de interpretação de imagens, podem ser elaboradas **chaves** (modelos) de interpretação, que consistem na descrição de um conjunto de elementos de interpretação que caracterizam um determinado objeto, e que sistematizam e orientam o processo de análise e interpretação de imagens. Esta autora ainda salienta que essas chaves ajudam o intérprete na identificação correta dos objetos e feições representados em uma fotografia aérea ou imagem orbital de maneira consistente e organizada, otimizando a análise da cena em questão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o limite político do município de Osório (Figura 6), localizado no Litoral Norte do estado do Rio Grande Sul – Brasil, e possui uma área de 663 Km² (IBGE, 2021). Como cobertura natural, temos as lagoas, as matas de restinga, os banhados e as dunas. Já como uso antrópico considera-se as áreas com florestamentos dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, rizicultura (cultivo de arroz), a ocupação urbana e a extração mineral. Em relação às características mistas há a atividade agropastoril (MARCHETT e SCUR, 2017). Osório também abriga uma unidade de conservação, a Área de Proteção Ambiental Morro de Osório (APA Morro de Osório).

Figura 6 – Localização da área de estudo.



Fonte: Autor (2021).

De acordo com Tomazelli (1993) o regime de ventos da costa do RS é controlado, basicamente, por dois centros de alta pressão: o Anticiclone do Atlântico Sul – mais ativo durante os meses de verão e o Anticiclone Móvel Polar – mais influente nos meses de

inverno, com amplo predomínio de incidência de ventos de NE e E, provenientes da borda do Anciclone do Atlântico Sul.

Essa característica de abundância de ventos tornou o município de Osório um importante polo de geração de energia elétrica a partir da força dos ventos. Atualmente, o município abriga um complexo eólico de geração de energia, dividido nos parques eólicos: *Osório 2 e 3*; *Sangradouro e dos Índios*; *Sangradouro 2 e 3*; e o parque eólico *dos Índios 2 e 3*. Os três primeiros localizam-se entre as lagoas Emboabinha e dos Barros, e o último, a sudoeste da Lagoa dos Índios (ENERFÍN DO BRASIL, 2020).

3.2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no trabalho aqui apresentado consiste em dois eixos centrais (figura 7). O primeiro eixo representa uma revisão bibliográfica das legislações sobre a atividade de silvicultura no RS, sobre as áreas com importância ecológica do município, e sobre adaptações legislativas e restrições referentes ao uso do *Pinus* em florestamentos. O segundo eixo, representa o uso das geotecnologias no monitoramento da atividade de silvicultura na área de estudo, e uma pesquisa de campo, para verificação *in situ* dos dados obtidos por SR e dos órgãos oficiais. Os próximos itens descrevem de forma detalhada as etapas da parte de geotecnologias utilizadas no presente trabalho.

3.2.1 Levantamento dos dados georreferenciados pré-existent

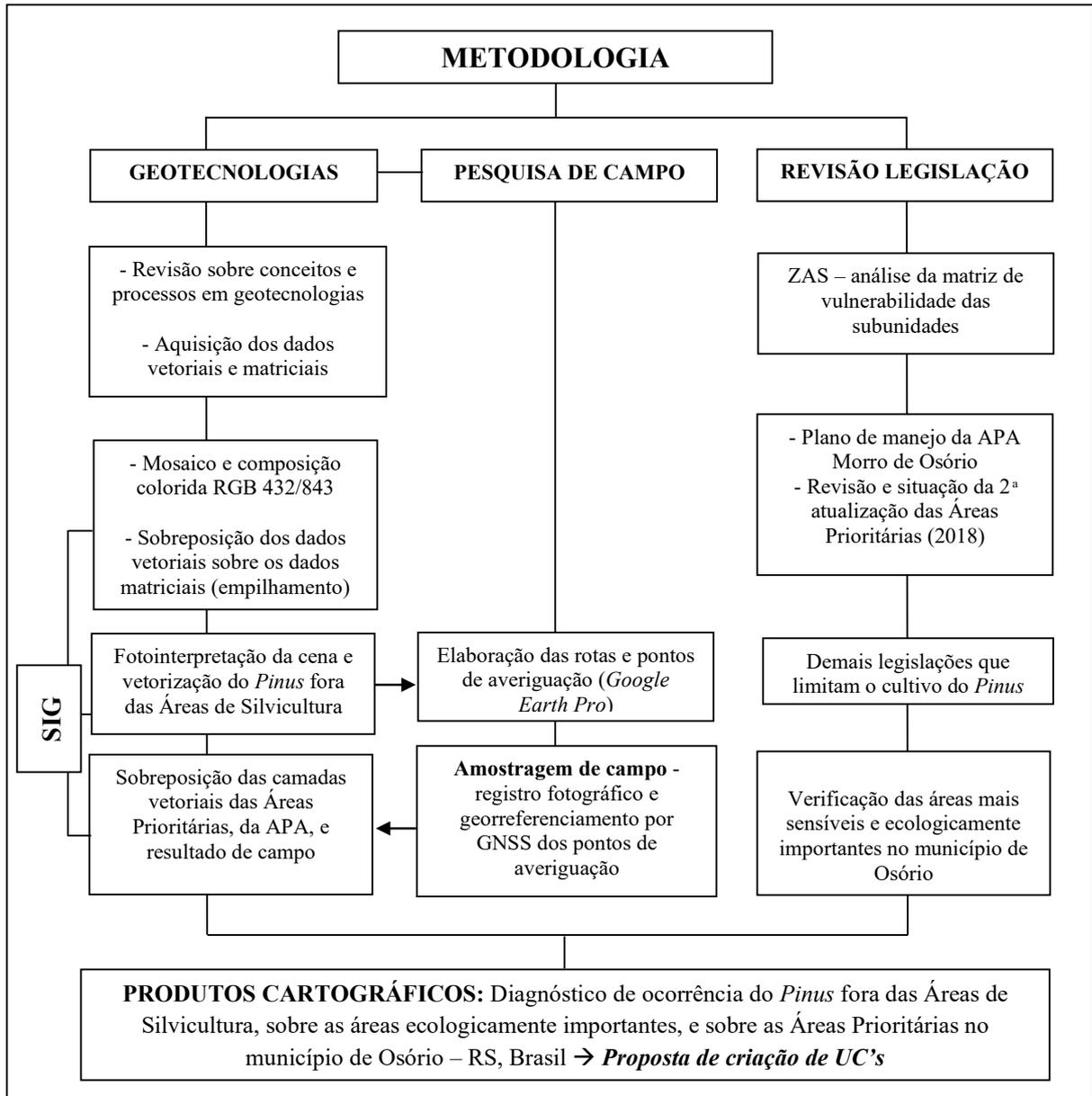
A fim de verificar a situação ambiental e da atividade silvicultural no município, buscou-se em órgãos oficiais dados georreferenciados que possibilitassem a análise proposta no estudo aqui apresentado.

Na Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS (FEPAM – RS), obteve-se os dados vetoriais referentes à atividade de silvicultura no estado do RS, aqui denominada de “Áreas de Silvicultura” (ver rodapé da página 33), e na Secretaria Estadual de Meio Ambiente – RS (SEMA), obteve-se a área da Unidade de Conservação presente no município (APA Morro de Osório).

Nos órgãos federais, foram adquiridos os dados vetoriais das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (Áreas Prioritárias), disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), e os dados vetoriais referentes ao limite territorial do Brasil, limites

municipais e limites das unidades federativas (estados) foram obtidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Figura 7 – Fluxograma da metodologia utilizada no presente trabalho.



Fonte: Autor (2021).

Os dados matriciais (imagens de satélite) foram obtidos através da Agência Espacial Européia – ESA, disponíveis gratuitamente através do portal dessa agência (o quadro 4 apresenta todos arquivos utilizados na parte de geotecnologias e suas respectivas datas e fontes).

Quadro 4 – Arquivos vetoriais e matriciais utilizados no presente trabalho.

Tipo de dado	Descrição e data do arquivo	Fonte/Referência
<i>Vetorial</i>	Limite Territorial do Brasil – versão 2017	(IBGE, 2020)
<i>Vetorial</i>	Limite das unidades da federação – versão 2017	(IBGE, 2020)
<i>Vetorial</i>	Limites municipais – versão 2017	(IBGE, 2020)
<i>Vetorial</i>	Áreas de Silvicultura – atualização do mês de setembro de 2020 ³	(FEPAM, 2020b) ³
<i>Vetorial</i>	Limite da APA Morro de Osório – 2017	(SEMA, 2020)
<i>Vetorial</i>	Áreas Prioritárias – 2ª atualização (ano de 2018)	(BRASIL, 2018)
<i>Matricial</i>	Imagens Sentinel 2B, órbita ponto JEN e JEM – imagens de 22 de agosto de 2020	(COPERNICUS, 2020)

Fonte: Autor (2021).

3.2.3 Estruturação do Projeto em Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Para a análise espacial da área de estudo, foi estruturado um Projeto em Sistema de Informações Geográficas (SIG) que possibilitou a identificação das áreas ambientalmente protegidas, e das áreas com atividade de silvicultura licenciada no município de Osório. O *software* de Sistema de Informações Geográficas utilizado foi o QGIS versão 3.10 “*A Coruã*”, que possibilitou a análise e manipulação das imagens de satélite, a sobreposição das camadas vetoriais e a produção dos mapas finais.

Além do QGIS, foi utilizado o *software Google Earth Pro* versão 7.3.3 para verificar a viabilidade de acesso via terrestre de cada região do município e elaboração das rotas para pesquisa de campo, além de servir de base para confeccionar os produtos cartográficos com imagens de alta resolução (atualização recente com imagens de 2021). Foi utilizado também, no ambiente SIG, o plugin *QuickMapService* que permite acessar o catálogo de imagens do *Google Earth*, além de outros mosaicos de imagens de satélite e bases cartográficas.

Todos os arquivos utilizados no presente estudo, tanto os vetoriais como os matriciais foram convertidos em um mesmo sistema referencial de coordenadas, mais especificamente, o Sistema de Coordenadas Geográficas, e Datum SIRGAS 2000 (código EPSG: 4674).

³ A FEPAM disponibiliza arquivos com todas as áreas de silvicultura identificadas por essa entidade nos trabalhos de vistoria e licenciamento, e também, aquelas publicadas no trabalho de Cordeiro e Hasenack (2009). Portanto, ***são apresentadas tanto áreas já licenciadas quanto passivos ambientais***, que deverão ser computados para licenciamentos ambientais futuros. Estas informações estão em constante atualizações, de acordo com o andamento dos processos de licenciamento e assim, elas servem apenas como base para licenciamentos futuros, e são atualizadas com periodicidade trimestral no site desta entidade (FEPAM, 2020b).

A análise das Áreas Prioritárias serve para verificar quais ambientes ecologicamente importantes estão sendo mais afetadas pela proliferação do *Pinus* e os dados referentes à atividade de Silvicultura (Áreas de Silvicultura) foram utilizados com objetivo de identificar os possíveis focos de dispersão de sementes de *Pinus* nos ambientes próximos a essa áreas. Além das camadas descritas aqui, as camadas geradas após a análise realizada e descrita no item 3.2.4 (a seguir), foram também inseridas no SIG do Projeto.

3.2.4 Fotointerpretação e análise da proliferação do *Pinus* com uso de Geotecnologias

A análise espacial da proliferação do *Pinus* no município de Osório foi realizada com uso de ferramentas de Geotecnologias como sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas e sistemas de posicionamento nos trabalhos de campo. Foram utilizadas imagens captadas pelo sensor MSI (*Multi Spectral Instrument*) do satélite Sentinel-2.

A escolha das imagens Sentinel-2 (dados matriciais), levou em consideração a resolução espacial (a melhor resolução possível dentre imagens gratuitas), e a resolução espectral que abrangesse as regiões do visível e do infravermelho. Considerou-se também a data de divulgação dos dados das Áreas de Silvicultura pela FEPAM (trimestre de julho/setembro de 2020). Para abranger o município de Osório, foi necessária a utilização de duas cenas do satélite Sentinel-2B, órbitas-ponto 22JEN e 22JEM, data de 22 de agosto de 2020. Foram selecionadas para download, as bandas 2, 3, 4 e 8 de cada cena. O quadro abaixo detalha as características espectrais e espaciais das bandas selecionadas do sensor MSI.

Quadro 5 – Resolução espectral e espacial das bandas utilizadas no presente trabalho.

MSI Sentinel - 2B*		
Banda	Intervalo Espectral (nm)	Resolução Espacial (m)
B2 (Blue-azul)	459,1 – 525,1	10
B3 (Green-verde)	541,0 – 577,0	10
B4 (Red-vermelho)	649,4 – 680,4	10
B8 (NIR-infravermelho próximo)	779,9 – 885,9	10
*O Sentinel-2 é composto por dois satélites “gêmeos”, o Sentinel-2A e o Sentinel-2B que fornecem imagens óticas de alta resolução para os serviços terrestres como imagens da vegetação, da cobertura do solo e da água, das vias navegáveis interiores e das zonas costeiras. Possui uma resolução temporal de 5 dias.		

Fonte: Adaptado de ESA (2020).

Após a aquisição das imagens, foram elaboradas duas composições coloridas no ambiente SIG do projeto, composição RGB432 cor verdadeira para uma análise geral da área de estudo, e RGB843 falsa cor (através da função RASTER → Miscelânea → Mesclar) para a

realizar a fotointerpretação da área em questão. Para realizar as análises, foi confeccionado um mosaico com as duas cenas para cada composição.

Através de técnicas de geoprocessamento, os dois mosaicos gerados foram recortados (função RASTER → Extrair) num retângulo que enquadrasse o município. Os recortes do mosaico em falsa cor foram utilizados para a sobreposição das Áreas de Silvicultura no Projeto SIG. Isso possibilitou a identificação das áreas destinadas à atividade silvicultural, no município de Osório: o cultivo de espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* basicamente. Importante destacar que nos dados referentes à atividade de silvicultura disponibilizados pela FEPAM, é possível verificar qual tipo de cultura é utilizada em cada poligonal (nas licenciadas), através dos metadados do arquivo vetorial (no ambiente SIG), ou pelas *tags* (etiquetas) presentes na visualização do arquivo quando aberto no *Google Earth Pro*. Essa informação juntamente com o conhecimento de alguns locais chave com presença de *Pinus*, formaram a base para identificação desse gênero através das imagens de satélite.

Analisou-se também o contexto (associação) dos objetos observados na imagem por ser um importante fator na interpretação e distinção de diferentes feições que se apresentam na região em estudo. Percorrendo as principais rodovias do município, por exemplo, é possível observar diferentes atividades de uso e ocupação do solo, como silvicultura, pecuária, agricultura, mineração e a rizicultura (cultivo de arroz) com seus canais de irrigação. Pode-se também observar os múltiplos ambientes naturais de Osório como os corpos d'água (lagoas, rios, banhados), campos de dunas, fragmentos de vegetação nativa e a mata atlântica do morro da Borrússia, entre outros.

Em suma, conhecer as características ambientais e socioeconômicas do município possibilita o reconhecimento prévio de algumas das principais feições inseridas na área de estudo⁴. Através dessas associações em conjunto com as referências bibliográficas sobre o tema (seções 2.5.3 e 2.5.4), utilizou-se a combinação RGB 843 em falsa cor na escala fixa 1:25.000 para a fotointerpretação da cena e desse modo, contextualizar e identificar as atividades citadas anteriormente, principalmente referente à vegetação e à silvicultura.

Após essa etapa, no ambiente SIG do Projeto, foi sobreposto ao recorte da cena o arquivo vetorial das poligonais das Áreas de Silvicultura, assim foi possível identificar áreas

⁴ O trabalho de Marchett e Scur (2017) sobre o uso e ocupação do solo em Osório, foi utilizado como parâmetro de comparação das feições observadas e identificadas na fotointerpretação da área de estudo, principalmente relacionadas à silvicultura e vegetação nativa.

com ocorrência de *Pinus* fora das áreas dessa atividade, ou seja, áreas de proliferação ou de florestamentos.

Foram criados dois arquivos vetoriais georreferenciados (em formato *shapefile*), um com as principais zonas de florestamentos fora das Áreas de Silvicultura, denominada camada “Florestamentos de *Pinus*” e outra com todas as feições com aspecto de proliferação, como pontos ou linhas esparsas com coloração e tonalidades similares aos florestamentos identificados, denominada essa camada de “Proliferação”.

A partir da análise das imagens, também foi elaborada uma chave de interpretação da área de estudo em composição colorida em falsa cor (RGB843), com objetivo de nortear futuras pesquisas sobre silvicultura e vegetação utilizando imagens do satélite Sentinel – 2.

3.2.5 Pesquisa de Campo e elaboração dos produtos cartográficos

Para verificação *in situ* das áreas com ocorrência de *Pinus* foram realizados trabalhos de campo, com elaboração de rotas que cobriram a maior área possível num mesmo dia. As verificações de campo foram iniciadas no verão de 2020 (pré pandemia) com a primeira saída de campo, e tiveram as demais incursões interrompidas devido à pandemia da Covid-19, sendo retomadas apenas no mês de setembro do presente ano (pós imunização), com mais uma incursão de campo.

Nessas incursões em campo, foram aferidos pontos identificados por sensoriamento remoto e que necessitavam averiguação de campo, bem como foram obtidos registros fotográficos a partir desses pontos, da proliferação e florestamentos em diferentes ambientes do município. Foram registradas as coordenadas de localização dos pontos de averiguação com auxílio de dispositivo de posicionamento global (GNSS) da marca GARMIN modelo *Etrex 30*, fornecido pela Universidade (UERGS).

Na etapa final, na ferramenta de composição de mapas do SIG (*Novo Layout de Impressão*), foram elaborados mapas temáticos com as principais áreas de florestamentos externos às Áreas de Silvicultura, assim como as áreas de proliferação do *Pinus* sobre o município, com destaque para a ocorrência sobre as áreas de proteção ambiental e sobre as Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade.

Com base no resultado descrito no parágrafo anterior, confeccionou-se um mapa com uma proposta de criação de Unidades de Conservação (UC) no município de Osório – RS, com objetivo de proteger e garantir a permanência de ambientes ecologicamente importantes presentes no município. Os critérios utilizados para propor a criação de UC's assim como o

tamanho de suas áreas e limites, basearam-se nas características ecológicas de cada região analisada e cuja ocorrência do cultivo ou proliferação do *Pinus* foi notória no decorrer da fotointerpretação e ao longo das verificações de campo.

A etapa final para elaboração desse mapa de proposta de criação de UC's baseou-se em respostas obtidas a partir das questões:

- ✓ A área possui proliferação descontrolada de *Pinus*? *No caso de resposta afirmativa, segue-se para a próxima questão:*
- ✓ Existe um plano de manejo dessa proliferação? *No caso de resposta negativa, segue-se para a próxima questão:*
- ✓ A área está sobre ambientes ecologicamente importantes e sensíveis de acordo com a descrição das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade, proposta pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018)? *No caso de resposta afirmativa, segue-se para a próxima questão:*
- ✓ A área possui uso e cobertura do solo bem consolidados? Em outras palavras, a área possui atividade antrópica de uso e ocupação? *No caso de resposta negativa, segue-se para a próxima questão:*
- ✓ A área possui continuidade com outros ambientes naturais e ecologicamente importantes presentes no município? *No caso de resposta afirmativa, segue-se para a próxima e última questão:*
- ✓ A área possui um gerenciamento de proteção nesses ambientes sensíveis, por parte dos órgãos públicos de proteção ao meio ambiente? *No caso de resposta negativa, atribuiu-se à essa área como de elevada prioridade na criação de Unidades de Conservação.*

De acordo com o resultado desse breve “questionário” acerca das áreas citadas, deu-se andamento no mapeamento e delimitação da proposta de criação de Unidades de Conservação no município de Osório – RS, de acordo com os ambientes contíguos à essas áreas e suas interconexões aos demais ambientes naturais presentes no município, como será visto e abordado com maior detalhamento na discussão da seção 5.

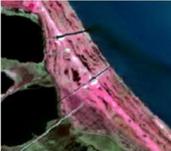
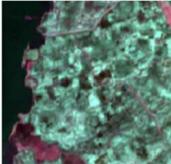
4 RESULTADOS

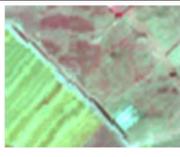
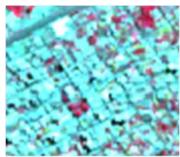
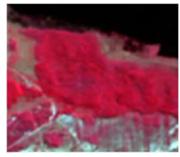
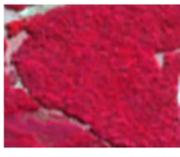
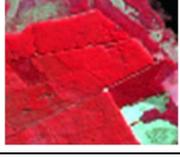
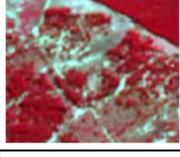
4.1 FOTOINTERPRETAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A análise das imagens orbitais da área de estudo, permitiu identificar as principais feições e objetos presentes no município de Osório. A composição em falsa cor no infravermelho próximo (RGB843) foi eficiente em diferenciar os tipos de vegetação, como a vegetação associada ao sistema de lagoas identificada como mata de restinga, de acordo com os trabalhos de Gaio et al (2017b) e Waechter (1998) realizados em lagoas do município.

A vegetação sobre a encosta da serra foi identificada como floresta atlântica, de acordo com o perfil das formações vegetacionais de Brack (2009). Os fragmentos de vegetação associados aos sistemas de lagoas com características florestais foram denominados como floresta de restinga. Além disso, conhecimento prévio de alguns dos elementos presente no município de Osório assim como os elementos presentes no trabalho de Marchett e Scur (2017), permitiu a elaboração de uma chave de interpretação, a partir da análise da cena em composição RGB843 em falsa cor no infravermelho próximo (figura 8).

Figura 8 – Chave de interpretação de objetos e feições na área de estudo, representados em imagens MSI Sentinel 2, composição em falsa cor no infravermelho próximo RGB 843.

Objeto	Descrição
	<p>Corpos d'água – formas irregulares, textura lisa e tonalidades escuras passando do preto, ao azul (claro ou escuro). A tonalidade pode variar de acordo com a carga sedimentar que cada corpo d'água recebe de suas interconexões no sistema lagunar ou outros aportes fluviais. Corpos d'água que recebem carga sedimentar apresentam tonalidade marrom (claro ou escuro).</p>
	<p>Campo úmido – texturas lisas e mudanças de tonalidades, indo do cinza claro ou rosa claro para manchas escuras. As manchas escuras podem representar grande acúmulo de água como alagados, ou até mesmo, formando pequenos corpos d'água. Esses campos podem ser observados nas partes mais baixas do terreno ou relacionados as porções inundáveis das lagoas no município.</p>
	<p>Rizicultura I – Áreas de cultivo de arroz recém manejadas (colheita) ou com ausência de atividade apresentam as características de corpos d'água mas se diferenciam destes pela geometria regular (retangular ou faixas), e pelos canais de irrigação.</p>
	<p>Rizicultura II – textura lisa, formas geométricas retangulares (entrecortadas pelos canais de irrigação) com tonalidades variando do verde ou rosa claro ao rosa intenso. A intensidade dessas tonalidades pode ser resultado dos diferentes estágios de desenvolvimento dessas gramíneas.</p>

	Campo seco – Apresentam tonalidades suaves, do verde ou rosa claro ao branco ou cinza claro e textura lisa. No detalhe da imagem, é possível perceber solo esverdeado com sulcos, possivelmente área de florestamento ou outra cultura recém manejada.
	Urbano – As áreas urbanas podem ser facilmente identificadas por suas geometrias regulares e entrecortadas por linhas, como as vias públicas (estradas, ruas, avenidas). Possuem tonalidades claras (branco ou cinza escuro no caso de estradas com asfalto). Apresentam zonas sombreadas devido à altura das construções urbanas, como edifícios, pontes, viadutos, área industrial, entre outros.
	Solo exposto – O Solo exposto apresenta formas irregulares, textura lisa e homogênea, e tonalidade clara (branco, bege, ou marrom claro). Áreas de mineração possuem solo exposto pela extração de areia, e algumas dessas escavações podem ficar inundadas, apresentando assim, tonalidades de azul (do azul claro ao azul marinho).
	Mata de restinga – As matas de restinga aqui denominadas são as vegetações que bordejam os principais cursos d'água do município. Apresentam formas irregulares mas acompanham o “desenho” do relevo relacionado ao sistema de lagoas. Possuem textura levemente rugosa e homogênea, e tonalidades variando do vermelho ao rosa escuro.
	Floresta de restinga – Essas formações apresentam-se como grandes manchas de vegetação, principalmente associadas às matas de restingas próximas ao sistema de lagoas. Possuem geometria irregular, textura rugosa e heterogênea, e tonalidades variando entre rosa escuro e o vermelho.
	Floresta atlântica – Sua forma geométrica é irregular, a textura é suavemente rugosa mas com variações entre áreas com maior textura e áreas com textura menos acentuada. Sua tonalidade varia do rosa ao vermelho intenso e por vezes, rosa escuro.
	Silvicultura (<i>Eucalyptus sp.</i>) – Os talhões de cultivo são formas regulares. Textura levemente rugosa e homogênea. Sua coloração é facilmente identificada nas imagens por possuir um vermelho intenso, diferentemente da coloração vermelho escuro do <i>Pinus</i> (na imagem ao lado, percebe-se ainda um pequeno florestamento de <i>Pinus</i> no canto inferior direito).
	Silvicultura (<i>Pinus sp.</i>) – Sua presença é similar aos florestamentos de <i>Eucalyptus sp.</i> assim como sua textura é levemente rugosa e homogênea. Porém, sua tonalidade é mais forte, apresentando tons de vermelho escuro, próximo do bordô.
	Proliferação do <i>Pinus sp.</i> – Em florestamentos sem manejo correto, é possível observar a proliferação do <i>Pinus</i> nas adjacências dos empreendimentos. Nesse caso, sua presença apresenta formas irregulares (manchas), mesma tonalidade dos florestamentos mas com rugosidade mais heterogênea. Pode servir de parâmetro para diagnóstico do <i>Pinus</i> em áreas distantes dos florestamentos licenciados.

Fonte: Autor (2021).

4.2 PROLIFERAÇÃO E OCORRÊNCIA DO *PINUS* EXTERNO ÀS ÁREAS DE SILVICULTURA

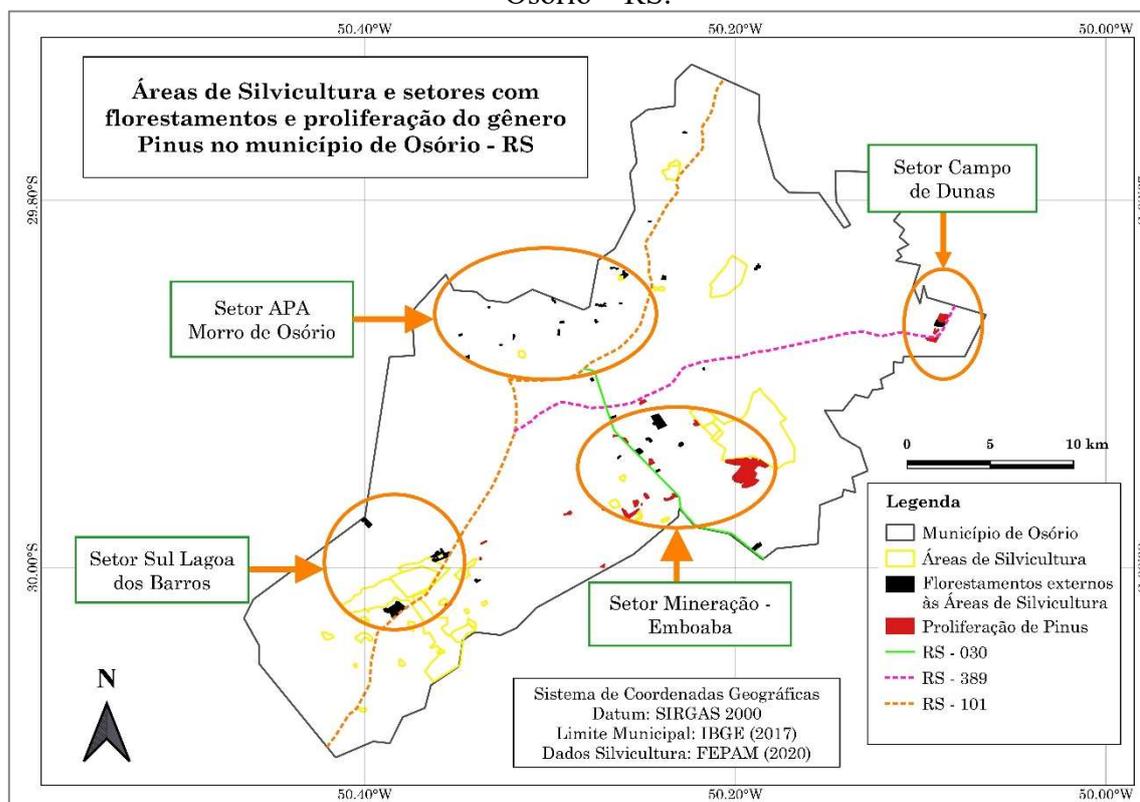
De acordo com dados da silvicultura no estado do RS (FEPAM, 2020b), o município

de Osório possui 32 poligonais mapeadas com atividade de silvicultura, totalizando 2.533ha de área cultivável. Aproximadamente 80% dessa área cultivável encontra-se concentrada em dois grandes maciços florestais (de acordo com o ZAS, maciço florestal é todo cultivo silvicultural maior que 500ha). Um maciço, possui 775ha com cultivo de *Pinus* divididos em duas áreas entre a borda sul da lagoa dos Barros e a BR – 101, e ao lado desse maciço, entre a BR – 101 e o limite municipal, encontra-se um grande florestamento de *Eucalyptus*, com 433ha de área cultivável. Essas duas áreas serão denominadas de “maciço sul”, por se apresentarem contíguas, formando uma mesma feição, mas com diferentes culturas.

Outra área de silvicultura importante encontra-se na porção central próximo à atividade de mineração de Osório. Nessa região, existe um maciço com aproximadamente 750ha de cultura mista de *Eucalyptus* e *Pinus*.

A sobreposição dos dados da FEPAM sobre a cena em composição colorida em falsa cor, permitiu verificar e identificar os florestamentos, e feições com características de proliferação do gênero *Pinus* externos às Áreas de Silvicultura, definindo assim, as áreas de ocorrência de *Pinus*. De acordo com a localização de cada uma dessas áreas de ocorrência, definiu-se os “setores de ocorrência” do *Pinus* fora das Áreas de Silvicultura, como segue:

Figura 9 – Áreas de Silvicultura e setores de ocorrência do gênero *Pinus* no município de Osório – RS.



Fonte: Autor (2021).

- setor APA Morro de Osório, localizado sobre a encosta da serra e abrange boa parte da unidade de conservação do município, a APA Morro de Osório;
- setor Mineração – Emboaba, situado entre um grande empreendimento florestal, e parte do parque eólico da região. É o setor com intensa atividade de mineração.
- setor Campo de Dunas, possui um remanescente de campo de dunas interiores;
- setor Sul Lagoa dos Barros, localizado ao sul da lagoa dos barros e sudoeste da lagoa dos índios;

Da figura anterior, pode-se observar que as feições do tipo “Florestamentos de *Pinus*”, encontram-se nos quatro setores. Esses florestamentos se concentram próximos a grandes empreendimentos florestais licenciados no setor sul, numa importante área no setor dunas, e espalhados nos setores Mineração – Emboaba e APA Morro de Osório. As feições do tipo Proliferação foram observadas com maior incidência no setor Campo de Dunas e no setor Mineração – Emboaba, além de algumas pequenas manchas no setor Sul – Lagoa dos Barros.

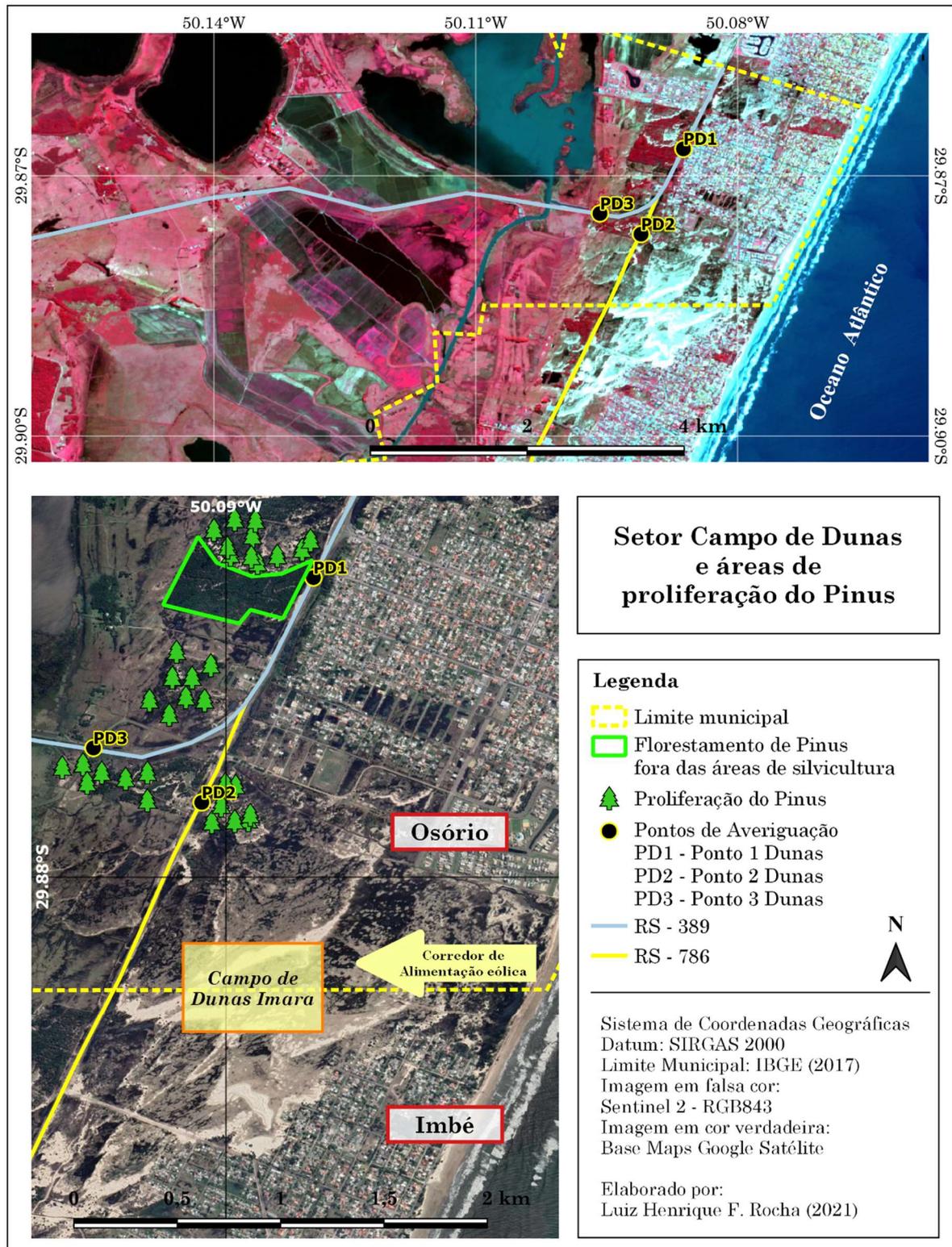
4.3 SETORES DE OCORRÊNCIA DO *PINUS* FORA DAS ÁREAS LICENCIADAS

4.3.1 Setor Campo de Dunas

O setor dunas localiza-se próximo a linha de costa em um fragmento de campo de dunas interiores presente em uma área que abrange o distrito de Atlântida Sul no município de Osório (na parte norte do campo) e o balneário de Santa Terezinha no município de Imbé (na parte sul do campo). Esse remanescente de campo de dunas também conhecido como “Campo de Dunas de Imara”, (ver seção 2.1 do presente trabalho), possui um corredor de alimentação eólica (fluxo de areia praial transportada pelo vento) com cerca de 600m de largura, abrangendo os municípios Imbé e Osório (figura 10). Nesse setor, não há nenhuma atividade de silvicultura de acordo com os dados oficiais da FEPAM.

Identificou-se 2 florestamentos na imagem em falsa cor, um na porção sul do campo de dunas, entre a RS – 786 e o limite municipal, já no município de Imbé, e outro florestamento em Osório, cerca de 1km a norte do campo de dunas, com uma área de aproximadamente 13 hectares. Outras três feições com características de proliferação foram identificadas em Osório, uma mais ao norte do florestamento e duas mais ao sul, todas essas a oeste da RS – 389 e da RS – 786. Foi realizada a verificação em campo a partir de três pontos, um ponto ao lado do florestamento (PD1), outro ponto no campo de dunas (PD2), e outro numa área de proliferação ao sul do florestamento (PD3) (figura 10).

Figura 10 – Localização do campo de dunas e as zonas de proliferação do *Pinus*.



Fonte: Autor (2021).

Em campo, foi possível verificar as zonas de proliferação junto as rodovias RS – 389 e RS – 786 contendo indivíduos de muitos tamanhos diferentes (portes diferentes de acordo

com sua idade) em grandes povoaamentos, por vezes aparentando se tratar inclusive, de florestamentos, ou seja, cultivo planejado, como pode ser observado nas fotografias abaixo.

Figura 11 – Registros fotográficos do setor Campo de Dunas



Foto 1 (Ponto 1 Setor Dunas). Panorâmica registrando o grande florestamento as margens da RS-389. A esquerda e ao fundo da imagem, percebe-se a caixa d'água da rótula entre a RS – 389 com a RS – 786.



Foto 2 (Ponto 1 Setor Dunas). Detalhe do florestamento na margem da RS – 389 a norte do campo de dunas.



Foto 3. Perspectiva da porção sul do florestamento, com registro feito pela RS – 389, a partir do Ponto 3 (PD3). A caixa d'água próxima ao trevo entre a RS – 389 com a RS – 786



Foto 4. Mesmo ponto da foto 3 mas com a câmera voltada para sudoeste, do outro lado da RS – 389.



Foto 5. Continuação da foto 4.



Foto 6. Ponto 2 do setor Dunas – PD2. Campo de dunas propriamente dito.



Foto 7. *Pinus* no campo de dunas em vários estágios de desenvolvimento (PD2).



Foto 8. *Pinus* em meio a vegetação de dunas (PD2).



Foto 9. Detalhe das estruturas reprodutivas do *Pinus* em meio às suas folhas aciculadas (PD2).

Fonte: Autor (2021).

4.3.2 Setor Mineração – Emboaba

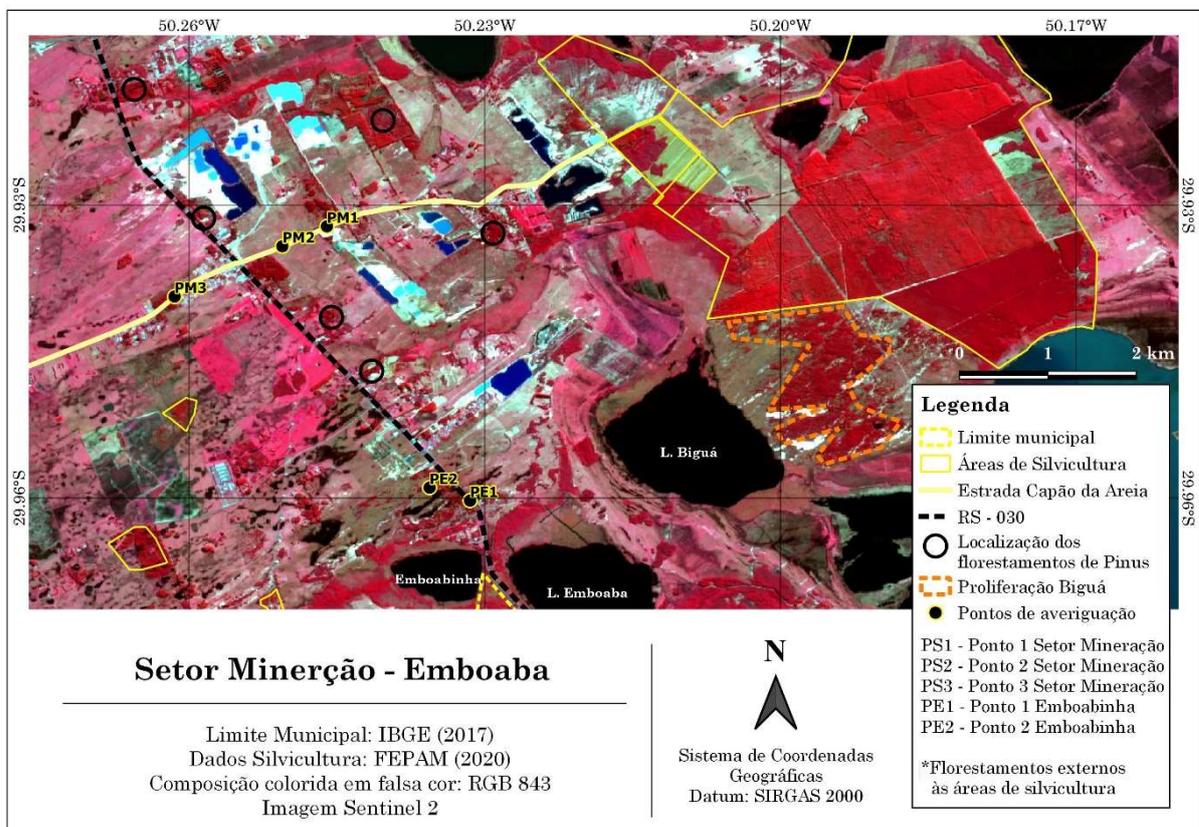
Nesse setor, encontra-se uma importante atividade de mineração a oeste da RS – 030. Na porção leste dessa atividade, há um maciço florestal (florestamentos maiores que 500 hectares configuram maciços florestais, de acordo com o ZAS) licenciado para silvicultura de aproximadamente 750 hectares (abreviação de hectare: ha, e 1ha corresponde a 10.000m²), de culturas mistas dos gêneros *Eucalyptus* na maior parte desse maciço, e *Pinus* na parte sul do mesmo. A sudoeste da área de mineração, atravessando a rodovia RS – 030, encontra-se uma zona de campo aberto onde está localizada parte das grandes torres eólicas do parque eólico

do município.

Esse setor, pode ser dividido em dois eixos de ocorrência do *Pinus*, um eixo que compreende a atividade de mineração (Área de Mineração), e outro formado entre áreas de proliferação identificadas a leste da Lagoa do Biguá, e a norte da Lagoa Emboabinha. Aqui, denominaremos esse segundo eixo de “Eixo Biguá – Emboaba” pois mesmo sendo essas proliferações próximas a Lagoa Emboabinha, a região como um todo é conhecida como Emboaba.

A área de mineração possui muitos florestamentos identificados pela imagem da cena, alguns identificados como *Pinus*, outros como *Eucalyptus*. Na Estrada Capão da Areia, foi possível obter o registro de três florestamentos, nos pontos 1, 2 e 3 do setor mineração, aqui chamados de PM1, PM2 e PM3. Além dos florestamentos no interior dessa área, outros próximos às margens da RS – 030 não puderam ser averiguados devido à vegetação na beira da rodovia. Esses e outros florestamentos nos quais não foi possível ter acesso, foram identificados na figura 12. Salienta-se que foi observado (observação visual) uma contínua presença de *Pinus* ao longo das margens da RS – 030, principalmente entre a rótula das rodovias RS – 030 e RS – 389 e a Lagoa Emboaba.

Figura 12 – Setor Mineração e eixo Biguá – Emboaba.



Fonte: Autor (2021).

No ponto PM1, constatou-se ocorrência de *Pinus* em um florestamento e ao lado desse, uma área com proliferação desse gênero. Um pouco mais adiante, no ponto PM2, constatou-se uma área de florestamento bem mais organizada, com talhões bem delimitados. No ponto PM3, travessando a RS-030, existe outra área de florestamento (figura 13).

Figura 13 – Fotografias de florestamentos dos pontos de averiguação na Estrada Capão da Areia, na área de mineração, nos pontos 1, 2 e 3, PM1, PM2 e PM3 respectivamente.



Foto 10. Proliferação à esquerda do florestamento da fotografia ao lado, no ponto PM1.



Foto 11. Florestamento registrado no PM1. A imagem é voltada para norte.



Foto 12. Registro feito no PM2. Esse é o maior e mais organizado florestamento do setor em que foi possível a observação em campo.

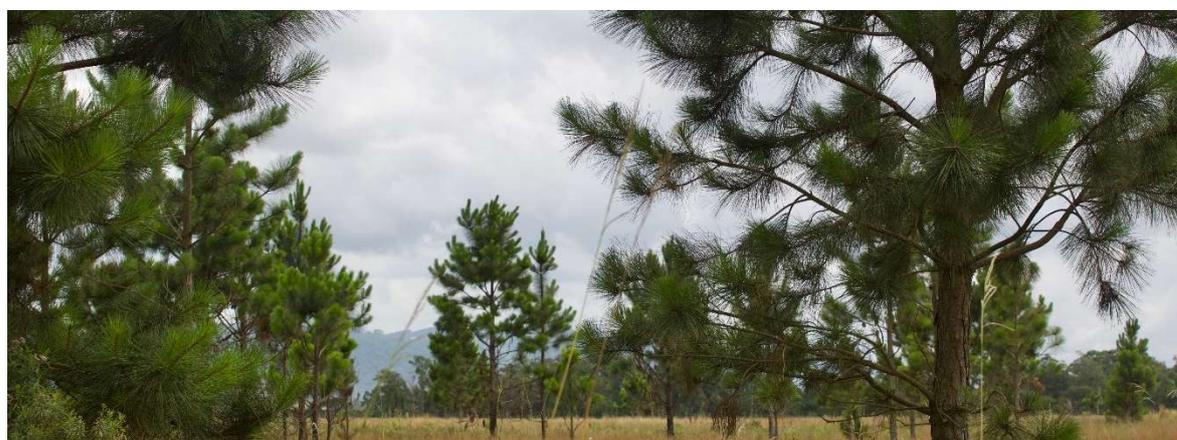
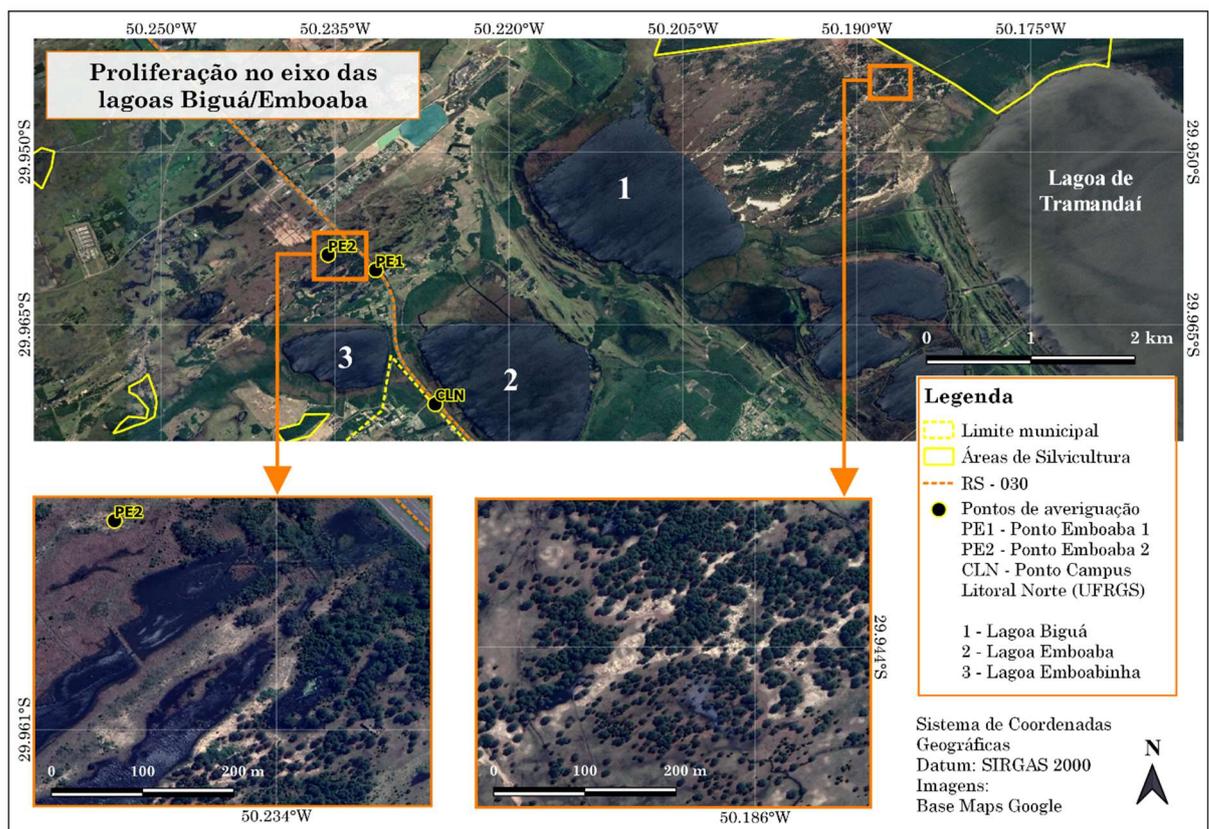


Foto 13. Área de ocorrência de *Pinus* na Estrada da Areia, atravessando a RS - 030, no Ponto 3 (PM3).

No eixo Biguá – Emboaba, foi identificada a maior área de proliferação de *Pinus* no município de Osório com aproximadamente 105 hectares (figura 12), a sudoeste da porção sul do maciço central onde ocorre uma área de aproximadamente 140 hectares de área licenciada para cultivo de *Pinus*. Distante aproximadamente 4 km dessa grande área de proliferação, encontra-se outra área de proliferação a norte da Lagoa Emboabinha, onde foi possível realizar a averiguação de campo. Outro ponto de averiguação importante foi realizado de frente ao Campus Litoral Norte da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CLN – UFRGS), denominado esse ponto de CLN (figura 13).

Os acessos à região da Lagoa do Biguá são restritos às propriedades particulares próximas. Dado que não foi possível o contato com esses proprietários e nem a averiguação da área de proliferação adjacente ao maciço central, foram utilizadas imagens de alta resolução do *Google Earth*, e posteriormente foi feita uma comparação entre essas duas áreas de proliferação para averiguar a similaridade das feições, como segue na figura abaixo.

Figura 14 – Detalhe das áreas de proliferação de *Pinus* no eixo Biguá – Emboaba.



Fonte: Autor (2021).

Além da identificação realizada através da composição colorida em falsa cor mostrada na figura 12, a similaridade das feições apresentadas na figura acima, permite inferir que a

área adjacente ao maciço central, configura uma proliferação oriunda do cultivo de *Pinus* do maciço. No ponto CLN, registrou-se também a ocorrência do *Pinus* na Lagoa Emboaba.

Figura 15 – Registros realizados nos Pontos 1, 2 e 3 do eixo Biguá – Emboaba.



Foto 14. Ponto 1 do Setor Emboaba às margens da RS – 030 (atrás, encontra-se a zona de proliferação registrada no ponto 2). As fotos 15 e 16 abaixo foram registradas no mesmo local – PE1.



Foto 15. Ponto 1 Emboaba – PE1.



Foto 16. Ponto 1 Emboaba – PE1.



Foto 17. Ponto 2 do Setor Emboaba – PE2. Esse paredão verde é a borda da área de proliferação mostrada na imagem da figura 13, sendo possível inclusive observar as porções arenosas (barrancos) mostradas na imagem de alta resolução.



Foto 18. Ponto 2 do Setor Emboaba – PE2.



Foto 19. Ponto 2 do Setor Emboaba – PE2.



Foto 20. Ponto 2 do Setor Emboaba – PE2. Local com ambientes alagados nas baixadas do terreno (continua na fotografia 21, ao lado).



Foto 21. Esse ambiente atrai aves aquáticas, como é possível observar na fotografia 18.

Abaixo, registro realizado na Lagoa Emboaba, no ponto próximo ao Campus Litoral Norte da UFRGS – CLN.



Foto 22. Ponto CLN, próximo à entrada do Campus Litoral Norte. Início de povoamento de *Pinus* nas margens da Lagoa Emboaba. Ao fundo e à direita no horizonte, estão remanescentes de vegetação de restinga.



Foto 23. Ponto CLN. Margem da Lagoa Emboaba.



Foto 24. Ponto CLN. Ao fundo, no horizonte, encontra-se a área de proliferação do maciço central.



Foto 25. Ponto CLN – Aqui, percebe-se a proliferação do *Pinus* dentro do CLN – UFRGS, do outro lado da RS – 030, já no município de Tramandaí.

Fonte: Autor (2021).

4.3.3 Setor Sul – Lagoa dos Barros

Nesse setor encontra-se a maior área com cultivo de *Pinus* do Município de Osório, com duas áreas que totalizam aproximadamente 775ha de área destinada à silvicultura, nesse caso, o cultivo de *Pinus*. Esse maciço florestal (maciço sul) localiza-se ao sul da estrada Júlio Brunelli, margem sul da Lagoa dos Barros, e a oeste da BR – 101. O empreendimento maior (502ha) possui uma área um pouco menor em seu interior (275ha).

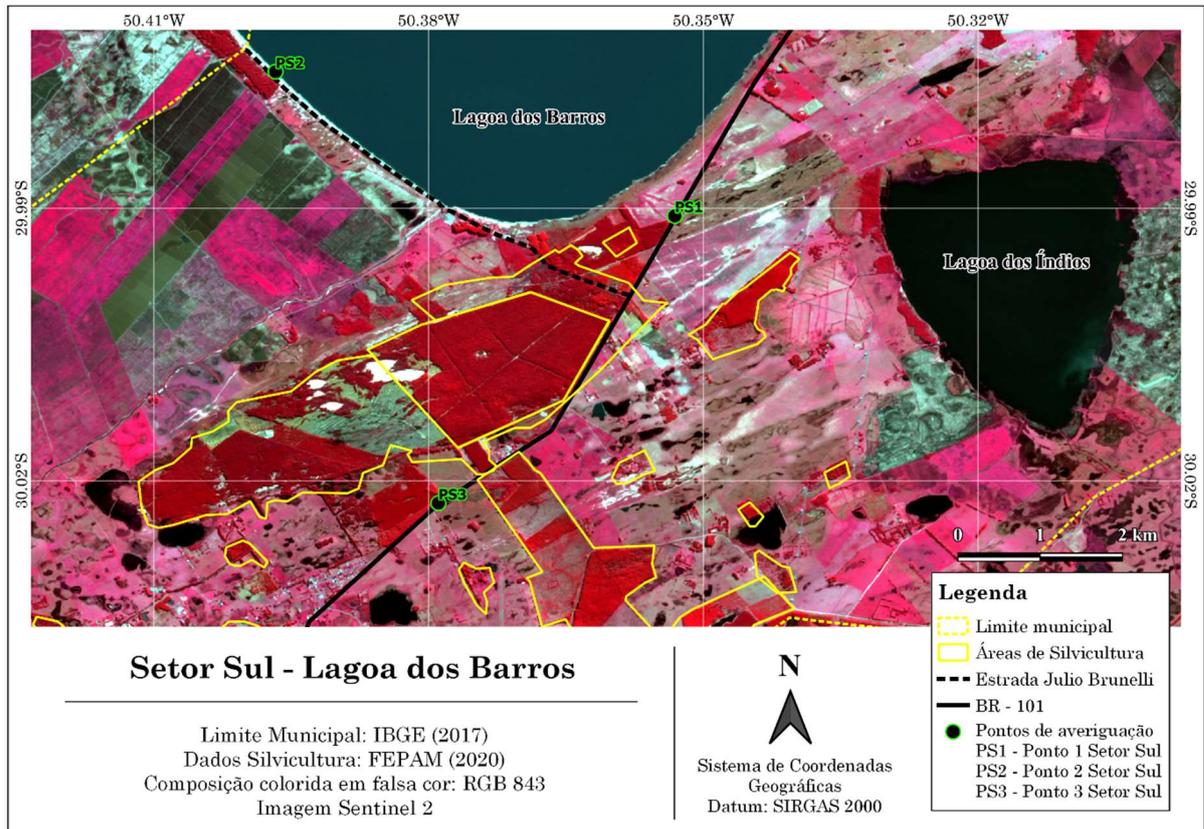
Foram identificados três florestamentos nesse setor, dois nas adjacências do maciço sul, verificados em campo nos pontos PS1 e PS3, e um na borda sudoeste da Lagoa dos Barros verificado em campo pelo ponto PS2 (figura 16).

Fora dos limites do maciço sul, confinado numa área entre a estrada Júlio Brunelli, a BR – 101 e a margem da lagoa, encontra-se um florestamento de *Pinus* com uma pequena área licenciada em seu interior (6,45ha), cujas extensões (externas à área) chegam próximas as margens da lagoa. Esse florestamento foi observado em campo, no Ponto 1 setor sul (PS1), e sugere uma extensão da área licenciada dada a organização dos talhões.

Além desse florestamento, foi identificado um florestamento às margens da Lagoa dos Barros, bem próximo ao limite municipal. O acesso a esse florestamento se dá pela estrada Júlio Brunelli (de acordo com uma placa ao longo do percurso). À primeira vista, aparenta ser um manejo florestal abandonado, por apresentar indivíduos com portes diferentes nas fileiras laterais nos limites do florestamento, denotando uma certa desorganização. No entanto, ao se aproximar dos talhões na margem da estrada, foi possível observar a prática de resinagem, ou

seja, extração de resina das árvores de *Pinus* através de cortes nos troncos e captura da seiva em sacolas de lona amarradas abaixo dessas incisões. Percebe-se por isso que esse florestamento possui uma atividade florestal e manejo do tipo resinagem.

Figura 16 – Setor Sul – Lagoa dos Barros



Fonte: Autor (2021).

O terceiro florestamento externo às Áreas de Silvicultura, ocorre na margem da BR – 101, adjacente ao maciço sul. Na imagem Sentinel 2 em falsa cor, foi possível observar uma faixa de vegetação, similar em características aos cultivos de eucalipto observados ao longo do município. A primeira hipótese para ocorrer essa delgada faixa de eucalipto entre a rodovia e o florestamento, foi de que poderia se tratar de um cortinamento, que é uma forma de evitar a propagação de sementes de espécies com alto poder invasor, como o *Pinus*. De fato, a averiguação de campo comprovou se tratar de eucalipto com fileiras dispostas entre a rodovia e o cultivo de *Pinus*. É possível que esse florestamento possa ser uma extensão do maciço florestal (extensão como no exemplo do florestamento em PS1).

Os registros fotográficos dos três pontos de verificação, PS1, PS2 e PS3 estão na figura 17, abaixo.

Figura 17. Fotografias do Setor Sul – Lagoa dos Barros. Registros dos florestamentos obtidos a partir dos pontos PS1 e PS3 na BR – 101, e PS2 na estrada Julio Brunelli.



Foto 26. “Braço” lateral na porção norte do florestamento observado a partir do ponto PS1. Detalhe para indivíduos jovens de *Pinus* à margem da Lagoa dos Barros. Do outro da lagoa, é a coxilha das lombas.



Foto 27. Início do florestamento na estrada Julio Brunelli, as margens da Lagoa dos Barros, ponto PS2.



Foto 28. Perspectiva da beira da Lagoa, local conhecido como Praia da Santinha, ponto PS2.



Foto 29. Continuação da foto anterior, ponto PS2.



Foto 30. Resinagem nas árvores do florestamento, ponto PS2.

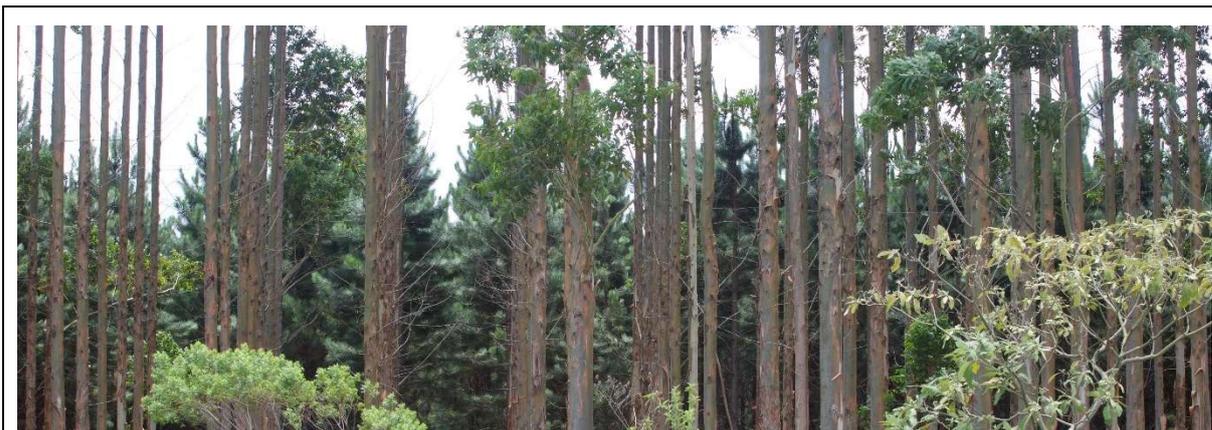


Foto 27. Cortinamento observado nas imagens Sentinel 2, no florestamento entre o maciço sul e a BR – 101. As fileiras em primeiro plano são de eucalipto e ao fundo, observa-se o *Pinus*.

Fonte: Autor (2021).

4.3.4 Setor APA Morro de Osório

O setor APA Morro de Osório é caracterizado pela unidade de conservação (UC) Área de Proteção Ambiental Morro de Osório. No interior dessa UC, através da análise da imagem Sentinel, observou-se muitos recortes em meio a Floresta Atlântica, com muitas regiões de campo aberto. Além disso, foi possível observar uma significativa atividade silvicultural, com predominância de áreas com cultivo de *Eucalyptus*, a maioria de pequeno porte, entre 5 e 15 hectares, com exceção de um florestamento com aproximadamente 30ha, a nordeste do ponto 2 de averiguação. Florestamentos de *Pinus* foram identificados em muitos locais diferentes no interior da APA, a maioria de pequeno porte, menores que os identificados como *Eucalyptus*. Nenhuma feição do tipo proliferação foi identificada.

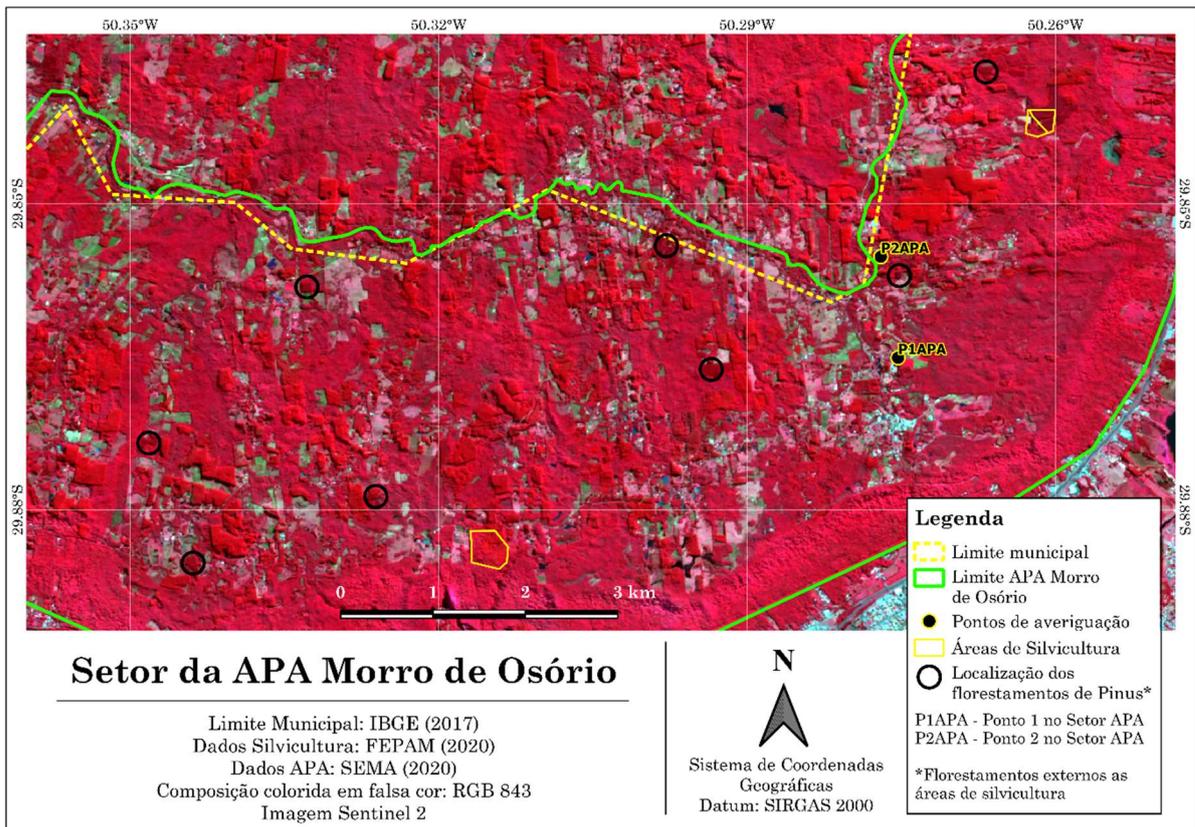
Apesar dos inúmeros florestamentos de *Pinus* e eucalipto identificados dentro da UC, apenas duas Áreas de Silvicultura foram observadas (duas poligonais), uma mais na borda sul da APA, sem atividade aparente, e outra mais na porção leste da mesma, com uma atividade que foi identificada como cultura de *Pinus* abrangendo parte dessa área e uma extensão para fora dela, a nordeste da propriedade. Dois pontos de averiguação de campo foram escolhidos de acordo com a acessibilidade local, e a localização dos florestamentos, ponto 1 APA (P1APA) e ponto 2 APA (P2APA).

A averiguação de campo seguiu por uma via principal, a Estrada Geral da Borrússia, e a partir dela, seguiu-se em estradas secundárias para os pontos P1APA e P2APA. Não foi possível obter os registros fotográficos dos florestamentos, pois os mesmos, caso sejam de fato cultura de *Pinus*, estavam no interior das propriedades e bloqueados pela vegetação da

região.

Desse modo, a imagem da figura 18 apresenta os florestamentos de *Pinus* identificando suas localizações, para nortear futuras ações de gestão e gerenciamento dessa unidade de conservação.

Figura 18 – Setor APA Morro de Osório



Fonte: Autor (2021).

Cabe ressaltar que a APA Morro de Osório criada em 1994, teve seu plano de manejo elaborado apenas em 2008, sendo a única UC presente no município. De acordo com o documento do Plano de Manejo dessa UC (GEOLINKS, 2008) na seção 4.4.1 que trata das restrições no interior da APA, consta como proibido o plantio de espécies de alto impacto (como é o caso do *Pinus*) em todas as suas zonas.

Atualmente, um plano de trabalho foi aprovado em julho de 2021 para realização da revisão do plano de manejo, com objetivo de atualização do documento. Além disso, em 2019 foi criado o *Fórum da Área de Proteção Ambiental Morro de Osório*, com participação de entidades de ensino como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS e o Instituto Federal (Campus Osório), além da participação da Prefeitura Municipal de Osório, entre outras entidades (MORRO DE OSÓRIO, 2021).

4.4 O PINUS EM ÁREAS ECOLOGICAMENTE IMPORTANTES NO MUNICÍPIO DE OSÓRIO – RS

Além da UC citada no item anterior, o município de Osório também possui em seu território, três Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (Áreas Prioritárias). Segundo o Ministério do Meio Ambiente, as *Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade* são um instrumento de política pública para apoiar a tomada de decisão, de forma objetiva e participativa, no planejamento e implementação de ações como criação de unidades de conservação, licenciamento, fiscalização e fomento ao uso sustentável (BRASIL, 2018).

A última atualização das Áreas Prioritárias realizada em 2018 apresenta as áreas inseridas dentro de cada bioma (Amazônia, Cerrado e Pantanal, Caatinga, Mata Atlântica e Pampa) mais a Zona Costeira e Marinha. Nesse contexto, a Zona Costeira e Marinha é considerada, em termos de delimitação das Áreas Prioritárias, como um bioma. Há também as zonas híbridas onde ocorrem sobreposições entre biomas, ou entre os biomas e a Zona Costeira e Marinha. Além disso, cada Área Prioritária assim como a Zona Costeira são classificadas de acordo com o nível de importância biológica e priorização de ação (BRASIL, 2018). Abaixo, a descrição das Áreas Prioritárias presentes no município de Osório – RS.

Quadro 6 – Quadro com a descrição e recomendações das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade presentes no município de Osório – RS.

Área código	Importância	Prioridade	Recomendações/características
MA006	Muito Alta	Alta	(Área da APA Morro de Osório)
MAZC001	Extremamente Alta	Extremamente Alta	- Criação de Unidade de Conservação; - Reconhecimento de Terra Indígena;
PAZC055	Extremamente Alta	Extremamente Alta	- Criação de Unidade de Conservação; Limitação e regularização de atividades degradantes;
Legenda – MA: Bioma Mata Atlântica ZC: Zona Costeira e Marinha PA: Bioma Pampa			

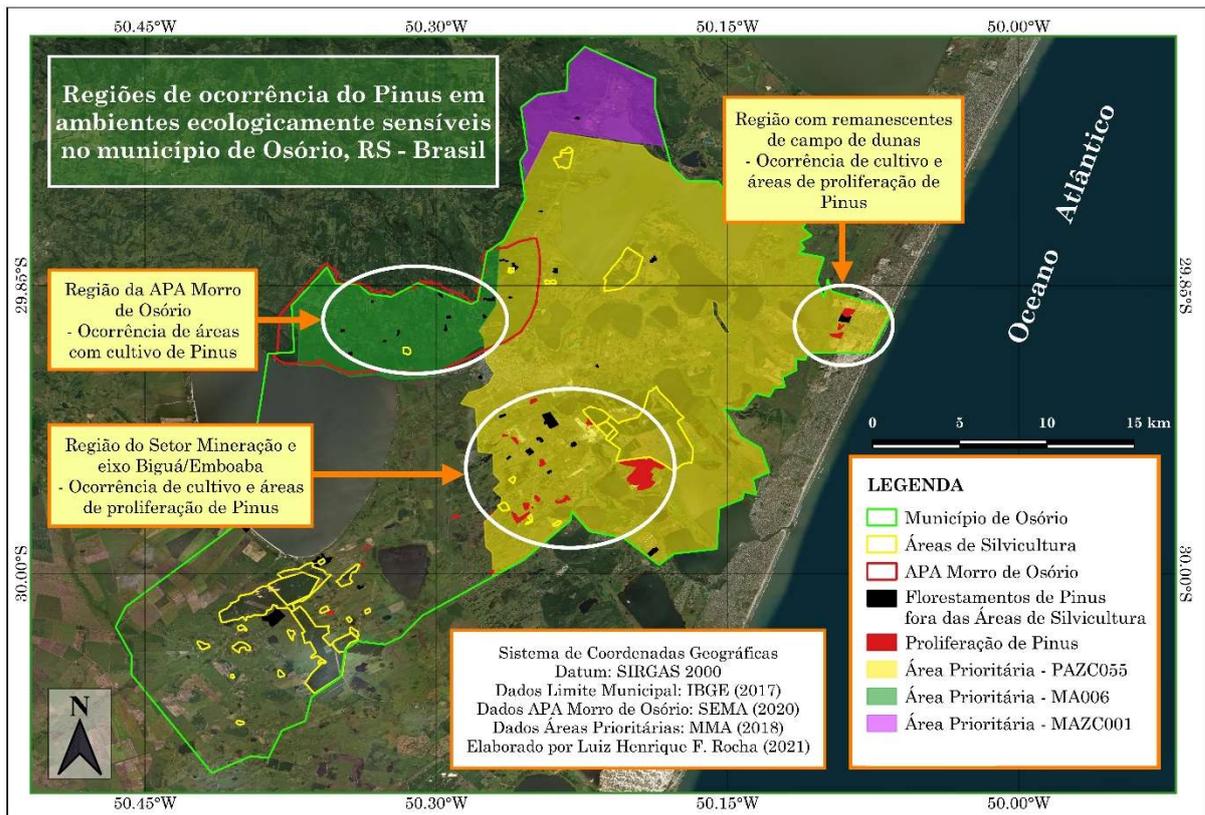
Fonte: Autor (2021).

O município de Osório possui em seu território uma porção da Área Prioritária sobre a mata atlântica (área MA006), e porções de duas zonas híbridas, uma abrangendo o bioma da mata atlântica juntamente com a zona costeira (área MAZC001), e outra abrangendo o bioma

pampa juntamente com a zona costeira (PAZC055).

O quadro 6 apresenta a descrição e as recomendações de cada uma dessas três Áreas Prioritárias inseridas no município de Osório e a figura 19 mostra a localização das porções das Áreas Prioritárias inseridas no município.

Figura 19 – Mapa das regiões de ocorrência do gênero *Pinus* sobre as áreas Prioritárias para Conservação e sobre a APA Morro de Osório, no município de Osório – RS.



Fonte: Autor (2021).

Percebe-se pelo das Mapa das Regiões de Ocorrência do *Pinus* apresentado logo acima, que a área de ocorrência de *Pinus* no setor sul é a única que não está sobre nenhuma das Áreas Prioritárias, além de não apresentar nenhuma área de proliferação importante na região. O setor de *Mineração – Eixo Biguá Emboaba* juntamente com setor *Campo de Dunas* por sua vez, estão totalmente sobre a Área Prioritária PAZC055. Nota-se também que a área de ocorrência de *Pinus* do setor da APA Morro de Osório está sobre a Área Prioritária MA006. A Área Prioritária MAZC001 apresentou a ocorrência de apenas um florestamento, sem registro de proliferações de *Pinus* identificadas através da análise das imagens Sentinel 2.

5 DISCUSSÃO

A silvicultura mostrou-se uma atividade significativa no município de Osório, seja em grande escala como nos casos do maciço central e do maciço sul com cultivo misto de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, seja em pequenas propriedades, através do monocultivo desses gêneros. No caso do cultivo de *Pinus*, todas áreas identificadas por sensoriamento remoto (além das áreas visitadas em campo) dentro das Áreas de Silvicultura ou externas a elas, não apresentaram manejo previsto como o cortinamento ou remoção de indivíduos externos aos florestamentos ou maciços. Exceção pontual verificou-se na área do florestamento de *Pinus* às margens da BR – 101, próximo ao maciço sul, onde foi observado um cortinamento com eucalipto.

No Setor Mineração eixo Biguá – Emboaba, dois cenários diferentes podem explicar a proliferação do *Pinus*. Os florestamentos de *Pinus* no interior da área de mineração e próximos à RS – 030, podem ser fontes de disseminação de sementes (*hot spots*) sobre os campos dos parques eólicos a sudoeste da RS – 030, e ao longo da vegetação na margem dessa rodovia, em um trecho que vai da rótula entre a RS – 030 e a estrada do mar (RS – 389), até a Lagoa da Emboaba. A área com cultivo de *Pinus* na porção sul do maciço central, em conjunto com sua área de proliferação (entre a área de cultivo e a Lagoa Biguá), somam aproximadamente 245 hectares de *Pinus*, e configuram outro importante *hot spot* (*Hot Spot* central).

Além da ocorrência do *Pinus* ao longo da RS – 030, a área de proliferação identificada na porção norte da Lagoa Emboabinha, pode ser resultado da disseminação de sementes tanto da área de mineração quanto do *Hot Spot* central exposto acima. A predominância dos ventos de nordeste, corroboram essa hipótese de alimentação de sementes oriundas do *Hot Spot* central, já que a área de proliferação observada na Emboabinha, fica justamente a sudoeste deste.

Diante dos problemas ambientais gerados pelo cultivo não organizado de *Pinus*, seja ele com ou sem licenciamento, e diante das muitas áreas externas aos limites de licenciamento do órgão fiscalizador e identificadas como atividade silvicultural (*Pinus* e *Eucalyptus*), propõe-se 4 medidas de gestão ambiental e de gerenciamento da atividade florestal, em ordem de importância, e de urgência de execução:

- 1) Remoção dos indivíduos de espécies do gênero *Pinus* em todas as áreas como proliferação, sobretudo nas áreas de importância ecológica presente no município.

- 2) Criação de Unidades de Conservação (UC's) nos ambientes mais sensíveis e que estão sofrendo a proliferação do *Pinus*, como no caso do eixo Biguá/Emboaba e no campo de Dunas de Imara.
- 3) Organizar as áreas de cultivo de *Pinus* e executar as medidas previstas em lei para evitar a proliferação (discutido na seção 2.4.2 do presente trabalho);
- 4) Regularização de todas as áreas com atividade silvicultural externas às Áreas de Silvicultura, de forma a alimentar a estatística da atividade, a fim de ser observado os limites e capacidades da atividade em cada UPN, como previsto no ZAS.

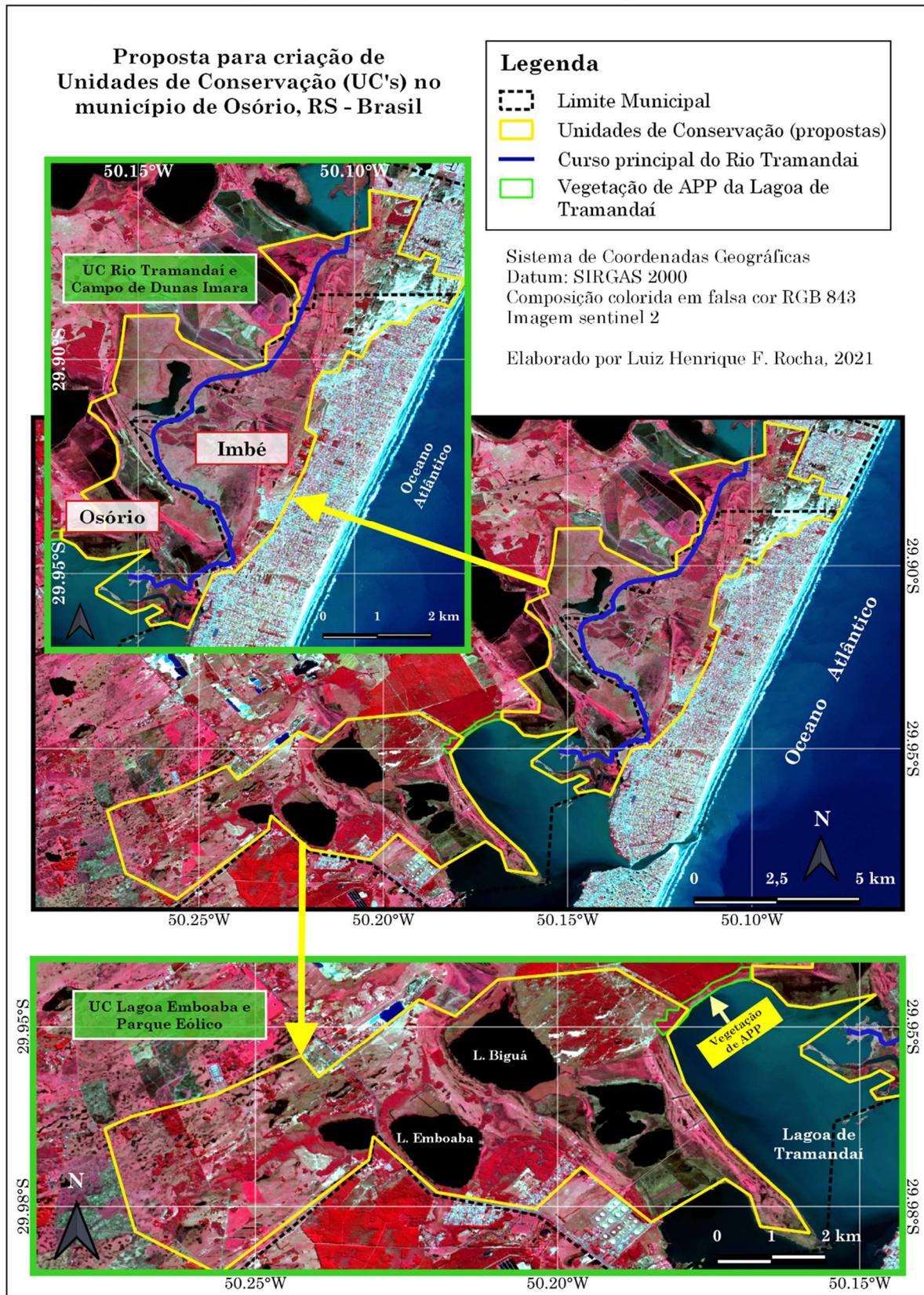
Especificamente sobre a criação de UC's e de acordo com o exposto na seção 3.2.5, propõe-se a criação de uma UC abrangendo os municípios de Imbé e Osório, numa área que incorpora todo o remanescente de Campo de Dunas de Imara, mais uma área que abriga os banhados associados ao curso do Rio Tramandaí, desde o limite norte do município de Osório até o “delta” do mesmo rio, já na Lagoa de Tramandaí.

A justificativa para a criação de uma UC abrangendo essa área, se dá no sentido de continuidade dos ambientes naturais da região, desde o ambiente praias, passando pelos campos de dunas até os ambientes úmidos dos banhados associados ao Rio Tramandaí, rumo ao sul. Essa área proposta apresenta uma baixa ocupação humana e igualmente, uma baixa atividade de uso e ocupação do solo por atividades antrópicas. A continuidade dessa área rumo ao sul, é “obstruída” pela Lagoa de Tramandaí e pelo maciço central, ocorrendo apenas uma estreita faixa de vegetação de restinga numa área de preservação permanente – APP, mais especificamente entre a Lagoa de Tramandaí e o maciço central (faixa denominada aqui de vegetação de APP). Além disso, há um acampamento indígena, Guaranis e Kaingangues (RIO GRANDE DO SUL, 2006), aproximadamente uns 300m ao sul do campo de dunas, reforçando assim a importância dessa área em termos socio-ambientais, com a presença desses grupos humanos.

Mais ao sul, outra área com uma baixa ocupação humana e pouca atividade de uso e ocupação do solo, abriga remanescentes de vegetação de restinga do município. Essa área possui dois ambientes: um entre a RS – 030 e as lagoas Emboaba e Biguá com importantes fragmentos de mata nativa nas bordas leste e noroeste da lagoa Emboaba, e corpos d'água com áreas alagadas a sudoeste da lagoa de Tramandaí; e outro ambiente localizado entre o parque eólico e a RS – 030, local identificado com ampla proliferação de *Pinus* a norte da lagoa Emboabinha e que abriga os remanescentes de floresta de restinga identificados nos trabalhos de Waechter (1998). Abaixo, está a proposta para criação de duas UC's,

interligadas por um pequeno corredor ecológico como segue na descrição a seguir.

Figura 20 – Proposta para criação de UC's nos municípios de Osório e Imbé.



Fonte: Autor (2021).

Percebe-se nos mapas da figura acima que as duas áreas propostas para a criação de UC's, propiciam uma continuidade, em parte, do mosaico ambiental encontrado no município de Osório, conectando os ambientes do campo de dunas, banhados e vegetações de restinga associadas aos sistemas de lagoas. Nota-se também que o Campo de Dunas de Imara é a única conexão do ambiente praihal com o mosaico de ambientes interiores presentes no município. É nesse sentido que se propõe a criação dessas unidades de conservação, haja vista a interconexão entre os ambientes e o inerente movimento da fauna entre eles, além de proporcionar fluxo gênico entre as comunidades vegetais. A vegetação de APP serviria como um corredor ecológico, conectando assim as áreas das duas UC's.

O gerenciamento da UC proposta associada aos banhados do Rio Tramandaí e ao Campo de Dunas pode se dar conjuntamente entre as prefeituras municipais de Imbé e Osório. O Plano Diretor do município de Imbé (IMBÉ, 2007) por exemplo, identifica no seu zoneamento ambiental o Campo de Dunas de Imara como *Zona de Proteção Ambiental das Dunas Interiores* (artigo 19º do plano diretor). Na porção mais ao norte do corredor de alimentação do campo de dunas (ver figura 10 da seção 4.3.1) existe um caminho conectando a RS – 389 e a faixa de praia, que pode ser reestruturado dentro da UC proposta através de parcerias público – privado (PPP), com a construção de mirantes e trapiches para a observação da avifauna migratória e residente, e desse modo estimular a preservação desse ambiente com uma lúdica educação ambiental.

Na outra UC proposta mais ao sul, a administração pode ser realizada pela prefeitura de Osório em parceria com a empresa administradora do Parque Eólico, e com a Petrobrás (cuja área é adjacente aos remanescentes de vegetação nativa). O empreendimento responsável pelo maciço central deve providenciar os manejos não realizados na área de proliferação de *Pinus* (a nordeste da lagoa Biguá), e pode também gerenciar a faixa de vegetação de APP localizada adjacente ao empreendimento e ao cultivo de *Pinus*, demonstrando assim que empreendimentos bem organizados e bem gerenciados, podem contribuir de forma positiva sobre o meio ambiente, uma vez que a silvicultura em larga escala apresenta potenciais de danos ambientais como verificado na proliferação do *Pinus*.

Todas essas medidas supracitadas devem ser discutidas e organizadas com a sociedade civil como um todo: proprietários das terras inseridas nas UC's propostas; moradores das comunidades locais; setores da atividade silvicultural; setor de mineração; empresa administradora dos complexos eólicos; e com os órgãos públicos. Pode-se organizar planos de trabalho com a Secretaria Estadual de Meio Ambiente do RS (SEMA – RS) em conjunto com as Prefeituras Municipais de Osório e de Imbé, e com as entidades de pesquisa (UFRGS,

UERGS, Instituto Federal, comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, Fórum da APA morro de Osório, entre outros) no sentido de viabilizar o gerenciamento profícuo dos muitos e singulares ambientes presentes no município de Osório.

A criação de UC's não deve ser visto com um "travamento" ou uma "inviabilidade de desenvolvimento" de determinada localidade ou região. Ao contrário, o objetivo de se criar uma Unidade de Conservação é *organizar* o espaço e seu ambiente associado. Locais como a Lagoa Emboabinha, a Lagoa Emboaba, o Campo de Dunas, entre outros, possuem um imenso potencial para o usufruto da população, tanto para lazer, como para o turismo ambiental, no caso do campo de dunas. Áreas de lazer e recreação podem ser um atrativo turístico, como é o caso da bela Praia da Santinha na Lagoa dos Barros, mas que não apresenta uma estrutura organizada, além de apresentar degradação causada pelos florestamentos de *Pinus* sem manejo observados na região.

As áreas de vegetação podem ser protegidas dessa maneira, estimulando o usufruto em algumas áreas e restringindo em outras. Nesse sentido, existem vários níveis de restrições em cada um dos tipos de UC's. Osório por exemplo, possuía uma Área de Relevante Interesse Ecológico e Turístico (UC), conhecida como ARIE dos Lagos de Osório (OSÓRIO, 1999). Santos (2016) realizou uma pesquisa na comunidade de Santa Luzia na porção sul dessa ARIE acerca da importância dessa Unidade de Conservação e da educação ambiental como fomento à preservação do meio ambiente. No entanto, essa ARIE foi revogada pela Lei Municipal Nº 3103, de 2017 com a justificativa de que a ARIE dos Lagos não possuía plano de manejo (comunicação pessoal com a secretaria de meio ambiente do município, via e-mail).

Analisando a situação das áreas protegidas na região, Castro e Mello (2016) apresentam as Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade inseridas na Bacia do Rio Tramandaí. Estes autores apresentam um rico documento técnico, com uma profunda revisão e estudos na região dessa bacia com base na 1ª atualização das Áreas Prioritárias (2007). Nesse trabalho, pode-se perceber que simplesmente não ocorre nenhuma unidade de conservação ou outra forma de proteção ambiental nas lagoas dessa bacia.

Nesse contexto, fomenta-se a continuidade das pesquisas nos ambientes de Osório pelas instituições de ensino presentes na região. Novos trabalhos e novas abordagens, em conjunto com o vasto material de pesquisas pretéritas, municiam de forma insofismável o arcabouço científico necessário para a elaboração dos planos de manejo necessários para a continuidade das UC's, e dessa forma, garantir a permanência dessas áreas protegidas.

6 CONCLUSÃO

Uma conclusão importante do trabalho aqui apresentado, é que as principais áreas de ocorrência de proliferação de *Pinus* identificadas nas imagens em composição colorida em falsa cor, coincidiram nas regiões próximas às áreas de cultivo desse gênero. A proliferação no remanescente de campo de dunas assim como em suas áreas adjacentes, tem origem provável nos dois florestamentos às margens da RS – 389, um em Osório, e outro na porção sul do campo de dunas, já no município de Imbé. Na parte central do município, os inúmeros florestamentos inseridos na área de mineração e ao longo da RS – 030, assim como a área de cultivo de *Pinus* no maciço central, explicam a proliferação no eixo da mesma rodovia e também sobre as adjacências das Lagoas Emboaba e Emboabinha, além da maior área de proliferação que ocorre adjacente ao maciço central.

Outra importante conclusão, é que a grande parte da atividade silvicultural em pequena escala, menores que o porte mínimo (de 30 hectares, ou 40 hectares de acordo com a cultura) encontra-se em áreas externas às Áreas de Silvicultura mapeadas pelo órgão fiscalizador. Mesmo que alguns empreendimentos estejam em vias de obter licenciamento, é notável que a atividade é subestimada, dado que, para que culturas de *Pinus* ou *Eucalyptus* sejam identificadas nas imagens utilizadas, devem possuir indivíduos de médio a grande porte, com dosséis que em conjunto, possam ser detectados por sensoriamento remoto como aconteceu nos florestamentos mapeados no presente trabalho, devendo assim, possuir indivíduos de 5 a 7 anos de idade. Desse modo, é possível que em conjunto, todo cultivo fora das estatísticas oficiais da atividade, representa um dado importante a ser considerado para a gestão das UPN's e suas Bacias Hidrográficas associadas e apresentadas no ZAS, tornando a regularização dos empreendimentos uma necessidade ante a possibilidade de se ter UPN's saturadas em seus limites de ocupação pela silvicultura.

Além disso, as geotecnologias foram de suma importância no reconhecimento dos diferentes uso e cobertura do solo, em especial, a vegetação e a silvicultura. A composição colorida em falsa cor no infravermelho próximo utilizando imagens Sentinel 2, mostrou-se eficiente na diferenciação entre diferentes tipos de vegetação e entre diferentes culturas florestais, como o *Pinus* e o *Eucalyptus*. A identificação das principais áreas de proliferação e ocorrência do *Pinus*, otimizaram sobremaneira a pesquisa de campo. A facilidade de se averiguar locais da superfície terrestre através de plataformas de navegação, com a possibilidade de visualizar modelos em 3 dimensões, além de poder percorrer virtualmente as principais ruas das zonas urbanas do planeta, transformaram nossa percepção e observação do

mundo, e como podemos interferir de uma maneira positiva para a gestão do território, e do ambiente a nossa volta.

Por sua vez, a falta de planejamento e o abandono de algumas áreas que deveriam estar protegidas de alguma forma, ocasionam a degradação dos ambientes naturais e sensíveis presentes no município de Osório. Muito tempo e recurso foi utilizado na elaboração de documentos técnicos como as Áreas Prioritárias, o ZAS, e outros estudos de viabilidade ambiental para justificar e ordenar muitas atividades na qual dependemos, uma delas, é a silvicultura. A proliferação do *Pinus* nos dois ambientes sensíveis mostrados no trabalho aqui apresentado, sustentam a ideia de que lugares sem manejo, ou seja, sem nenhuma atividade de uso e cobertura do solo, estão mais propensos à invasão do *Pinus*.

A adaptabilidade em praticamente todos os ambientes da região costeira, aliada à invasão e ao povoamento silencioso, fazem dessas coníferas espécies incríveis do ponto de vista evolutivo, mas perigosas do ponto de vista ecológico. Deve-se por isso recrudescer o controle dessas espécies de pinheiros, que avançam sobre os ambientes naturais e sensíveis da planície costeira do RS.

Do presente trabalho, tem-se como conclusão final que as principais áreas de degradação ambiental causada pela invasão e proliferação do *Pinus*, se dá nos locais onde não há ordenamento e não há fiscalização. Sem um estabelecimento mínimo de uso e ocupação, áreas que aparentemente estão protegidas pela legislação ambiental, podem na verdade estarem sofrendo a silenciosa ocupação de espécies exóticas invasoras, como o *Pinus*. O remanescente de campo de dunas é o setor mais crítico, do ponto de vista de conservação, tendo sua área natural diminuída pela ocupação humana desordenada como pôde ser observada nas incursões de campo, além de estar sofrendo a paulatina invasão do *Pinus*. Igual situação verificou-se na região da Lagoa da Emboabinha, embora sem a pressão de ocupação humana.

Nesse contexto, o trabalho aqui apresentado servirá como um documento a serviço do poder público e dos órgãos de gestão e fiscalização ambiental no sentido de acrescentar dados sobre o uso e ocupação da atividade silvicultural, assim como as áreas de ocorrência e proliferação de espécies do gênero *Pinus* no município de Osório, RS – Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEFLOR. **A Indústria de Base Florestal no Rio Grande do Sul**. 2016. Dados e Fatos. Associação Gaúcha de Empresas Florestais. Disponível em: <<http://www.ageflor.com.br/dados/anuario>>. Acesso em 21 de jul. 2020.

AGEFLOR. **Sumário Executivo 2018 – Setor de Base Florestal: Ano Base 2017**. 2018. Dados e Fatos. Associação Gaúcha de Empresas Florestais. Disponível em: <<http://www.ageflor.com.br/dados/anuario>>. Acesso em 27 de jul. 2020.

AGEFLOR. **História do Setor**. 2020. Associação Gaúcha de Empresas Florestais. Disponível em: <<http://www.ageflor.com.br/dados/setor>>. Acesso em: 25 de jul. 2020.

ANTONANGELO, A. **As Inovações Tecnológicas na Silvicultura Brasileira e seus impactos sobre a expansão dessa atividade**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

ANTONANGELO, A; BACHA, C. J. C. As Fases da Silvicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**. Rio de Janeiro, v. 52, n. jan/mar. 1998, p. 207-238, 1998.

BECHARA, F. C. **Restauração ecológica de restingas contaminadas por Pinus no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC**. 2003. 125 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, 2003.

BRACK, P. Vegetação e Paisagem do Litoral Norte do Rio Grande do sul: exuberância, raridade e ameaças à biodiversidade. In: WÜRDIG, N. L.; FREITAS, S. M. F. (Orgs.). **Ecossistemas e Biodiversidade do Litoral Norte do RS**. Porto Alegre. Nova Prova. 2009, p. 32-55.

BRASIL. **2ª Atualização das Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade 2018**. Ministério do Meio Ambiente. 2018. Disponível em: < <http://areasprioritarias.mma.gov.br/2-atualizacao-das-areas-prioritarias> >. Acesso em 21 de jul. 2020.

BRASIL. **Espécies exóticas invasoras**. Ministério do Meio Ambiente. 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/biosseguranca>. Acesso em: 20 de jan. 2020.

BURGEÑO, L. E. T. *et al.* **Impactos Ambientais de Plantios de Pinus sp. em Zonas Úmidas: O caso do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS, Brasil**. Biodiversidade Brasileira: ICMBio, Brasília, DF, v.3, n.2, 2013. Disponível em: <

<https://revistaeletronica.icmbio.gov.br /index.php/BioBR/article/view/355> >. Acesso em 19 nov. 2020.

CÂMARA, G; MEDEIROS, J. S (Orgs). **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. São José dos Campos, SP: INPE, 1998. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/> Acesso em 06 de out. 2020.

CÂMARA, G. *et al.* **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br /col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em 11 fev. 2021.

CARVALHO, J. As Bases e o Desenvolvimento da Silvicultura: ao Encontro da Sustentabilidade. In: I Congresso Internacional de História da Ciência no Ensino, 2019, Vila Real, Portugal. **História da Ciência e Ensino** volume 20, p. 222-237.

CASTRO, D; MELLO, R. S. P. **Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí**. Anama – Projeto Taramandahy Fase II. Porto Alegre: Via Sapiens, 2016.

COPERNICUS. **Copernicus Open Access Hub**. Disponível em: < <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> > Acesso em 08 de set. 2020.

CORREIO DO POVO. **A fixação das dunas no littoral**. Há um século no Correio do Povo. Jornal Correio do Povo, edição de 11 de dezembro de 2019. Disponível em: <encurtador.com.br/zCK39 > Acesso em 18 de jan. 2020.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto** - ed. rev. - Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1992.

DEAN, W. **A Ferro e Fogo: A História e a Devastação da Mata Atlântica Brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

EISFELD, R. L; NASCIMENTO, F. A. F. **Mapeamento dos Plantios Florestais do Estado do Paraná: Pinus e Eucalyptus**. Curitiba: Instituto de Florestas do Paraná, 2015. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/arquivos/File/Mapeamento/Publicacao_Mapeamento_Site_02.pdf>. Acesso em 13 de out. 2020.

ENERFÍN DO BRASIL. **Projetos Exploração: Brasil**. Disponível em: <http://enerfin.com.br/br/projetos.php> Acesso em 21 de nov. 2020.

ESA. **Sentinel – 2. The European Space Agency**, 2020. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> > Acesso em 11 de jul. 2020.

FEPAM. **Litoral Norte**. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS, [2020]a. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/programas/gerco_norte.asp. Acesso em 18 de jul. 2020.

FEPAM. **Arquivos digitais para uso em SIG** – Biblioteca Digital: base cartográfica digital do RS. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS, (2020b) Disponível em: < http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp > Acesso em 21 de Jul. 2020.

FISCHER, F. M. **Invasão de *Pinus Taeda* L. e seus efeitos na comunidade vegetal em campos psamófilos no litoral sul do Brasil**. 2010. 29 f. Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Ciências Biológicas, Porto Alegre, 2010.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento: Sem Complicação**. 4 reimpressão – São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

GAIO, J. *et al.* Formações Vegetais. In: SCHÄFER, A; LANZER, R; SCUR, L (Orgs.). **Atlas Socioambiental do Município de Osório**. Caxias do Sul: EDUCS, [2017]a.

GAIO, J. *et al.* Vegetação. In: SCHÄFER, A; LANZER, R; SCUR, L (Orgs.). **Atlas Socioambiental do Município de Osório**. Caxias do Sul: EDUCS, 2017b.

GEOLINKS – Geologia, Engenharia e Meio Ambiente. **Plano de Manejo: Área de Proteção Ambiental Morro de Osório**. Volume I e Volume II, Janeiro de 2008. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/morrodeosorio/plano-de-manejo/>. Acesso em 22 de out. 2020.

GIANUCA, K. S; TAGLIANI, C. R. A. **Análise em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) das alterações da paisagem em ambientes adjacentes a plantio de Pinus no Distrito do Estreito, município de São José do Norte, Brasil**. Revista da Gestão Costeira Integrada 12(1):43-55. 2012.

IMBÉ. **Lei Nº 1072 de 2007**. Dispõe sobre o desenvolvimento urbano do município de Imbé, instituiu o plano diretor de desenvolvimento urbano ambiental de Imbé e dá outras providências. Prefeitura Municipal de Imbé. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-imbe-rs> Acesso em 09 set. 2021.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2020**. IBA, 2020. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/986/o/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em 13 ago. 2021.

IBGE. **Portal de Mapas**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>>. Acesso em 11 set. 2020.

IBGE. **Cidades: Osório – RS**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/osorio/panorama>> Acesso em 11 de jul. 2021.

JOENCK, C. M. Aves. In: SCHÄFER, A; LANZER, R; SCUR, L (Orgs.). **Atlas Socioambiental do Município de Osório**. Caxias do Sul: EDUCS, 2017.

LEÃO, R. M. **A Floresta e o Homem**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000.

MACHADO, C. A. S; QUINTANILHA, J. A. **Sistemas de Informações Geográficas (Sig) e Geoposicionamento: Uma Aplicação Urbana**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, 2008.

MARCHETT, C. A; SCUR, L. Uso e Cobertura do Solo. In: SCHÄFER, A; LANZER, R; SCUR, L (Orgs.). **Atlas Socioambiental do Município de Osório**. Caxias do Sul: EDUCS, 2017.

MENEZES, P. R; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. E – Book, UNB – CNPQ Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>; Acesso em 10 de out. 2020.

MENEZES, P. R; ALMEIDA, T. Fundamentos de Espectrorradiometria. In: MENEZES, P. R; ALMEIDA, T; BAPTISTA, G. M. M . **Reflectância dos Materiais Terrestres: análise e interpretação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

MARCHETT, C. A. *et al.* Lagoas Costeiras. In: SCHÄFER, A; LANZER, R; SCUR, L (Orgs.). **Atlas Socioambiental do Município de Osório**. Caxias do Sul: EDUCS, 2017.

MEDEANIC, S.; DILLENBURG, S.R. **Avaliação de Mudanças Ambientais Contemporâneas da Região da Laguna de Tramandaí Através da Análise Palinológica**. Mudanças Globais e o Quaternário Boletim de Resumos. VIII Congresso da ABEQUA. Mariluz, Imbé – RS, outubro de 2001.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2 ed. São Paulo: UNESP, 2008.

MORRO DE OSÓRIO. **Fórum da Área de Proteção Ambiental Morro de Osório**. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/morrodeosorio/sobre/> Acesso em 26 de set. 2021.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4 ed. revista. São

Paulo: Blucher, 2010.

OSÓRIO. **Lei 3103 de 1999**. Cria a Área de Relevante Interesse Ecológico e Turístico (ARIE) da Região dos Lagos de Osório e dá outras Providências. Prefeitura Municipal de Osório. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rs/o/osorio> Acesso em 03 de set. de 2021.

PEREIRA, B. A. S. **Introdução de coníferas no Brasil, um esboço histórico**. Caderno de Geociências. IBGE, Brasília, 4:25-38, 1990. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/116/cgeo_1990_n4_abril.pdf

PERLIN, J. **História das Florestas: A Importância da Madeira no Desenvolvimento da Civilização**. Rio de Janeiro: Imago, 1989.

PONZONI, F. J et al. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2 ed. Atualizada e ampliada – São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

RIO GRANDE DO SUL. Habitação e Saneamento – **Primeiro Centro Cultural Indígena do Estado foi Inaugurado em Imbé**. 2006. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/primeiro-centro-cultural-indigena-do-estado-foi-inaugurado-em-imbe> Acesso em 28 out. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Zoneamento Ambiental da Silvicultura: Estrutura, Metodologias e Resultados – Volume I e II**. Secretaria Estadual do Meio Ambiente, março de 2010. Disponível em: < http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/zoneam_silvic.asp > Acesso em 08 mai. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. **Portaria SEMA Nº 79 DE 31/10/2013**. Reconhece a Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul e demais classificações, estabelece normas de controle e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=261368>> Acesso em 20 jun. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Estadual Nº 52.109 de 2014**. [2014a]. Declara espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: < <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2052.109.pdf> >. Acesso em 02 ago. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Instrução Normativa SEMA nº 10 de 2014**. 2014b. Estabelece os procedimentos para a execução de medidas de prevenção, controle e monitoramento referentes ao artigo 10 da Portaria SEMA Nº 79 de 2013. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=278554> >. Acesso em 02 nov. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. **Instrução Normativa SEMA nº 14 de 2014**. 2014c. Estabelece procedimentos para o uso de *Pinus spp.*, enquadrado na categoria 2 da Portaria SEMA nº 79/2013. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=278555> Acesso em 22

jan. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Estadual nº 53.862 de 28 de dezembro de 2017** – Regulamenta o Cadastro Florestal Estadual e o licenciamento ambiental de empreendimentos de silvicultura. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=354753> Acesso em 22 jan. 2021.

SANO, E. E. et al; Reflectância da Vegetação. In: MENEZES, P. R; ALMEIDA, T; BAPTISTA, G. M. M (Orgs.). **Reflectância dos Materiais Terrestres: análise e interpretação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

SANTOS, M. **Caracterização das Áreas com Potencial para a Realização de Atividades de Educação Ambiental Dentro do Segmento Sul da Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE dos Lagos de Osório, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2016. 59f. Monografia (graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Ciências Biológicas com Ênfase em Biologia Marinha e Costeira. 2016.

SCHALEMBERGER, G. **Invasão de *Pinus elliottii* Engelm. em campo de dunas no Litoral Sul Brasil**. 2017. 37 f. Monografia (Graduação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, curso de Ciências Biológicas: Biologia Marinha e Costeira, Imbé, 2017.

SEMA. **Área de Proteção Ambiental Morro de Osório**. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura, 2020. Governo do estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/area-de-protECAo-ambiental-morro-de-osorio> Acesso em 14 mai. 2020.

SHIMIZU, J. Y. (Edit.). **Pínus na silvicultura brasileira**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2008.

SIGNORI, L. M. **Mapeamento por Sensoriamento Remoto de área de *Pinus Spp* no Parque Nacional da Lagoa do Peixe**. Porto Alegre, RS. 2018, 89 f. Dissertação (Mestrado) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2018.

SIQUEIRA, J. D. P. A Atividade Florestal como um dos Instrumentos de Desenvolvimento do Brasil. **Congresso Florestal Brasileiro**. Campos do Jordão, SP, 6:15-8, 1990.

SOARES FILHO, B. S. **Interpretação de Imagens da Terra: curso de especialização em geoprocessamento**. Departamento de Cartografia – Centro de Sensoriamento Remoto, UFMG, 2000.

TOMAZELLI, L. J; VILLWOCK, J. A. Geologia do Sistema Lagunar Holocênico do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, 18 (1): 13-24, Mai./Ago., 1991.

TOMAZELLI, L. J. O Regime dos Ventos e a Taxa de Migração das Dunas Eólicas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**. Porto Alegre, 20 (1): 18 – 26, 1993.

TOMAZELLI, L. J. **Sistematização dos Conhecimentos existentes sobre as Dunas Móveis do Litoral Norte do Rio Grande do Sul**: Relatório Final. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. Novembro de 2001.

WAECHTER, J. L. Comunidades Vegetais das Restingas do Rio Grande do Sul. **Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira**. Águas de Lindóia, v .3, p. 228-48, 1990.

ZILLER, S. R. **A Estepe gramíneo-lenhosa no segundo planalto do Paraná**: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica. 2000. 268 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2000.