

GEOCONSERVAÇÃO E DUNAS COSTEIRAS: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E BIBLIOGRÁFICA GLOBAL E NO SUL DO BRASIL

Johny Barreto Alves

Engenheiro Geólogo – UFPel; Mestre em Geografia – UFSM
Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – UFSM

E-mail: johnybarreto@gmail.com

Emanuélle Soares Cardozo

Técnica em Edificações – IFSul; Engenheira Geóloga e Mestra em Ciências Ambientais – UFSM
Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água – UFPel
E-mail: emanuellesoarescardozo@gmail.com

André Weissheimer de Borba

Graduação em Geologia, Mestrado e Doutorado em Geociências – UFRGS

Professor Associado do Departamento de Geociências – UFSM

E-mail: andre.w.borba@ufts.br

RESUMO

Estudos de geoconservação recebem cada vez mais atenção da comunidade científica, com as regiões costeiras sendo um dos elementos mais importantes. No Brasil, o estado do Rio Grande do Sul (RS) é influente em estudos de geoconservação – o que se manifesta em seu número de Geoparques Mundiais certificados pela UNESCO. A Planície Costeira do Rio Grande do Sul, a maior do território brasileiro, possui vasta geodiversidade de processos sedimentares, no entanto apresenta apenas dois geossítios cadastrados em bases governamentais. Nessa região litorânea, a pressão antropogênica vem afetando dunas costeiras e, a partir disto, cria-se a pergunta: como os estudos internacionais e do RS vem abordando a geoconservação de dunas eólicas costeiras? Através de análises bibliométrica e bibliográfica na base de dados da Scopus, constatou-se que houve mais interesse da comunidade científica internacional pela área a partir do ano 2019, com o maior número de publicações associado ao Brasil, Espanha, Irã, Itália e Austrália, respectivamente. Dentre os documentos brasileiros, um artigo é associado ao RS. Os métodos analíticos e o valor geopatrimonial atribuído às dunas costeiras variam mundialmente, e essa variação também ocorre em relação ao que foi publicado para o RS. Estratégias de geoconservação internacionais e do RS possuem semelhanças, com foco na geoeducação, proteção de geossítios e geoturismo. Divergências ocorrem no grau de aprofundamento das estratégias e em relação ao uso de inovações tecnológicas. Em um contexto de desmanche da proteção legal de dunas costeiras, é necessário avaliar a aplicabilidade das estratégias propostas, bem como a criação de uma base de dados estadual, que possibilite agrupar o conhecimento científico, legislativo e geoeducacional para fomentar um melhor gerenciamento costeiro e dar suporte à tomada de decisões por parte do poder público.

PALAVRAS-CHAVE: Dunas costeiras, Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Geoconservação, Geopatrimônio.

GEOCONSERVATION AND COASTAL DUNES: BIBLIOMETRIC AND BIBLIOGRAPHIC GLOBAL ANALYSIS AND IN SOUTHERN BRAZIL

ABSTRACT

Geoconservation studies are receiving increasing attention from the scientific community, with coastal regions being one of the most important elements. In Brazil, the state of Rio Grande do Sul (RS) is influential in geoconservation studies, as evidenced by its number of UNESCO-certified Global Geoparks. The Rio Grande do Sul Coastal Plain, the largest in Brazil, has vast geodiversity of

sedimentary processes, yet it has only two geosites registered in government databases. In this coastal region, anthropogenic pressure has been affecting coastal dunes, which raises the question: how have international and RS studies addressed the geoconservation of coastal aeolian dunes? Through bibliometric and bibliographic analyses in Scopus database, it was found that there has been greater interest in the area from the international scientific community since 2019, with the highest number of publications associated with Brazil, Spain, Iran, Italy, and Australia, respectively. Among the Brazilian documents, one article is associated with RS. Analytical methods and the geoheritage value attributed to coastal dunes vary worldwide, and this variation also occurs in relation to what has been published for RS. International and RS geoconservation strategies have similarities, focusing on geoeducation, geosite protection, and geotourism. Differences occur in the degree of depth of the strategies and in relation to the use of technological innovations. In the context of dismantling the legal protection of coastal dunes, it is necessary to evaluate the applicability of the proposed strategies, as well as the creation of a state database that allows for the grouping of scientific, legislative, and geoeducational knowledge to promote better coastal management and support decision-making by public authorities.

KEYWORDS: Coastal dunes, Rio Grande do Sul Coastal Plain, Geoconservation, Geoheritage.

INTRODUÇÃO

A Geoconservação é uma das subdivisões das ciências da Terra, que executa a identificação, proteção e o gerenciamento de elementos valiosos de geodiversidade – feições abióticas e processos geomórficos ativos do planeta Terra (Brilha, 2016). A comunidade científica internacional tem demonstrado um interesse crescente pelo tema (Reynard; Brilha, 2018; Herrera-Franco *et al.*, 2022; Quesada-Valverde; Quesada-Román, 2023), que é um dos pilares fundamentais para a construção e manutenção de territórios de Geoparques Mundiais da UNESCO no mundo inteiro.

63

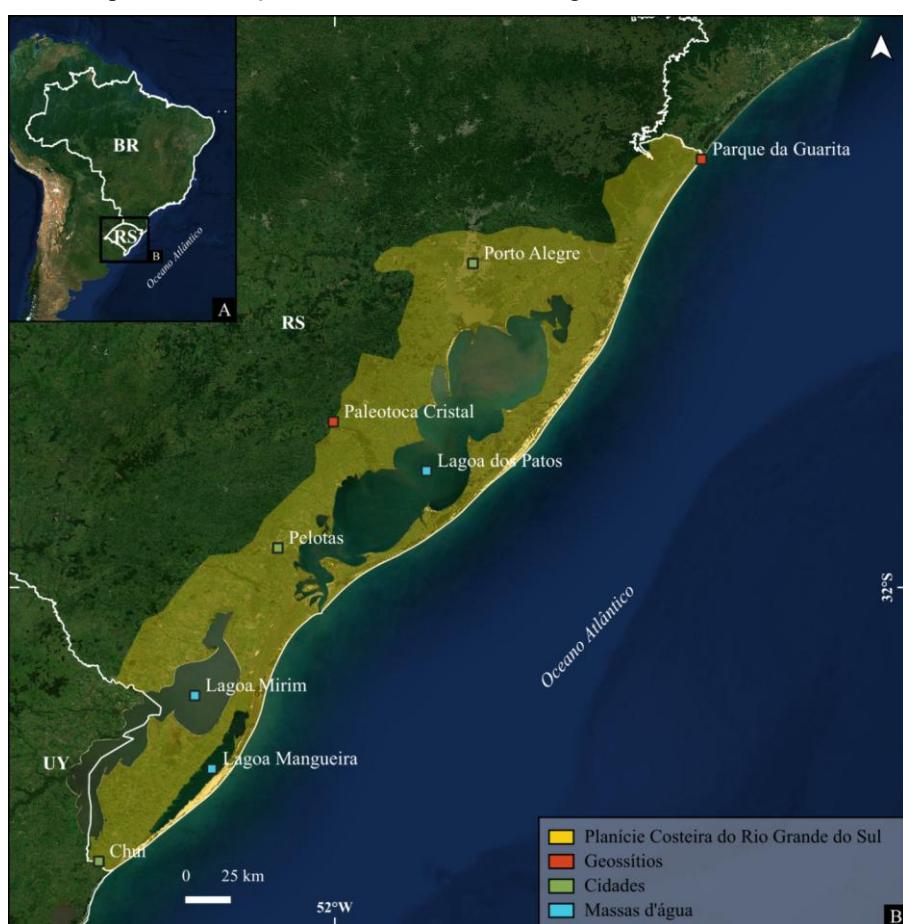
Mundialmente, o Brasil é um dos cinco países mais produtivos no campo da geoconservação (Herrera-Franco *et al.*, 2022; Quesada-Valverde; Quesada-Román, 2023) e, hoje, conta com seis Geoparques Mundiais. Destes seis, três estão alocados nos limites administrativos do estado do Rio Grande do Sul (RS): Caminhos dos Cânions do Sul, Quarta Colônia e Caçapava. Ainda que o RS possua influência significativa em estudos e ações de geoconservação dentro do território brasileiro, que se reflete em seu número de geoparques, uma das feições geomorfológicas mais importantes e conhecidas do estado, a Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) encontra-se negligenciada mediante o escopo da geoconservação.

A PCRS (Figura 1) é a maior do território brasileiro, com 620 km de extensão, mais 100 km de largura em alguns pontos e área de 33.000 km² (Tomazelli; Villwock, 2000). Esta estrutura geomorfológica possibilita visualizar quatro oscilações gládio-eustáticas do nível relativo do mar (NRM) ocorridas no Quaternário (Portz *et al.*, 2018) e pesquisas atrelam o seu desenvolvimento à gládio-eustasia, tectonismo, clima, dinâmica costeira e antrópica (Tomazelli; Villwock, 2000;

Tomazelli; Dillenburg, 2007; Martinho; Hesp; Dillenburg, 2010; Dillenburg *et al.*, 2017; Rosa *et al.*, 2017). Estes processos ocasionaram a formação de rios meandrantes, lagoas, planícies de inundação, terraços marinhos e campos de dunas costeiras e lagunares, que fazem da PCRS um laboratório natural para estudos em geociências.

A PCRS corrobora com a ideia de regiões costeiras serem *hotspots* de biodiversidade (Gray, 2008), isto é, locais de altas concentrações de elementos e processos geológicos. Ainda assim, conforme o Sistema de Cadastro e Quantificação de Geossítios e Sítios da Geodiversidade (GEOSSIT, 2025), provido pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB), no estado do RS há 42 geossítios, com dois na região da PCRS: a Paleotoca Cristal e o Parque da Guarita (Figura 1). Nenhum dos dois geossítios está puramente associado aos processos sedimentares ativos e abundantes na PCRS. Ademais, os poucos geossítios no litoral gaúcho vão contra uma tendência mundial: ambientes sedimentares ativos e ambientes costeiros são dois dos três mais mencionados em estudos de geoconservação (Quesada-Valverde; Quesada-Román, 2023).

Figura 1 – Mapa de localização da PCRS, sinalizando os geossítios através do ícone vermelho.



Fonte: GEOSSIT (2025).

Ao que tange às regiões costeiras, entre 2011 e 2022, os ambientes eólicos ficaram entre os seis ambientes de maior interesse científico (Quesada-Valverde; Quesada-Román, 2023). Devido à importância de dunas eólicas dentro das regiões costeiras, é compreensível que sejam tão frequentemente estudadas em geoconservação. Por exemplo, dunas atuam na proteção de zonas costeiras contra inundações e erosão, fornecem dados climáticos e paleoclimáticos, funcionam como habitat para flora e fauna, influenciam aspectos hidrogeológicos e preservam sítios arqueológicos (Hesp, 2000; Martinho; Hesp; Dillenburg, 2010; Mansur; Carvalho, 2011; Portz *et al.*, 2015; Gray, 2019; Alves; Urban, 2023; Alves; Cardozo; Borba, 2024). Com inúmeras funções ambientais e sociais, dunas costeiras possuem características sensíveis às ações antrópicas.

Pesquisas vêm relatando como a pressão antropogênica atua sobre as dunas costeiras da PCRS. Fatores como ocupação desordenada – intensificada sazonalmente durante os meses de verão (Luizelli; Souza; Borba, 2010), supressão de área fonte (Tomazelli *et al.*, 2008), extração ilegal de areia (Milheira, 2019) e plantações de *Pinus* (Lopes; Ugri; Buchmann, 2009; Portz *et al.*, 2021) são exemplos da pressão antrópica sobre estes ambientes sedimentares. Diante disto, como que o RS, influente na geoconservação brasileira e dotado da maior planície costeira do Brasil, vem abordando a geoconservação de dunas eólicas costeiras?

Por influência do contexto apresentado, este estudo tem como objetivos entender: i. os métodos analíticos, valor geopatrimonial e as estratégias de geoconservação propostas em estudos internacionais sobre as dunas costeiras; e ii. inspecionar como os estudos internacionais sobre o RS podem convergir ou divergir das pesquisas mundiais. Em regiões costeiras, geodiversidade, biodiversidade e uso antrópico não planejado coexistem, o que aponta a necessidade constante de estudos de geoconservação e gerenciamento costeiro (Cristiano; Rockett; Portz, 2022). Assim, espera-se, a partir dos resultados obtidos e discussões tecidas, gerar um panorama da geoconservação de dunas costeiras, que possa contribuir para futuras ações de planejamento e gerenciamento de regiões litorâneas no estado do RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em duas etapas: i. análise bibliométrica; e ii. análise bibliográfica. A análise bibliométrica é amplamente utilizada para visualizar tendências temporais em diversos campos de pesquisa (Herrera-Franco *et al.*, 2022; Quesada-Valverde; Quesada-Román, 2023) e foi aplicada para observar a distribuição temporal de artigos científicos relacionados à geoconservação

de dunas costeiras. A análise bibliográfica foi utilizada para identificar os métodos analíticos, o valor geopatrimonial e as estratégias de geoconservação apresentadas pelos autores.

A coleta de artigos associados a dunas costeiras se deu através de pesquisa avançada na base de dados Scopus, da editora Elsevier. As palavras-chave utilizadas na consulta foram "*geological heritage*", "*geoconservation*", "*geoparks*", "*geotourism*", "*dunes*" e "*dunefield*", para abranger documentos direta e indiretamente conectados à área de geoconservação, uma vez que estudos deste escopo podem abordar apenas questões geoturísticas mas, ainda assim, trabalhar a geoconservação. Optou-se por utilizar o termo "*dunes*" ao invés de "*coastal dunes*" em decorrência da possibilidade de a pesquisa fornecer um número maior de resultados. A busca considerou artigos onde esses termos aparecem no título, resumo e palavras-chave, publicados em inglês (Tabela 1). Foi utilizado um período de 20 anos para consulta (2004-2023). No portal Scopus, uma lista de artigos foi exportada, juntamente de um arquivo CSV.

Tabela 1 – Query de pesquisa utilizado na base de dados da Scopus.

CENÁRIO MUNDIAL DE GEOCONSERVAÇÃO DE DUNAS EÓLICAS COSTEIRAS

((TITLE-ABS-KEY ("Geological Heritage") OR TITLE-ABS-KEY ("Geoconservation") OR TITLE-ABS-KEY ("Geoparks") OR TITLE-ABS-KEY ("Geotourism")) AND (TITLE-ABS-KEY ("Dunes") OR TITLE-ABS-KEY ("Dunefield"))) AND PUBYEAR > 2003 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE,"ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE,"English"))

Fonte: Autores (2025).

A lista de artigos foi utilizada no portal de periódicos da CAPES para o download dos manuscritos. O arquivo CSV foi empregado no programa RStudio (Posit Team, 2025) para construção de gráficos da série temporal. Também foi utilizado no programa QGis, para elaboração de mapas (QGIS Development Team, 2025). Para entender o que tem sido feito pela comunidade científica internacional e do RS acerca da geoconservação de dunas eólicas costeiras, os artigos baixados foram examinados em uma revisão de escopo (Mak; Thomas, 2022), buscando compreender: i. os métodos analíticos utilizados pelos autores; ii. o valor geopatrimonial atribuído às dunas costeiras; e iii. as estratégias de geoconservação propostas. A base de dados obtida na etapa de bibliometria consistiu em 34 artigos. Do total de documentos, 33 foram encontrados online (97,05%). Os 33 artigos baixados foram filtrados através das suas consecutivas leituras, para entender se estão relacionados à geoconservação de dunas eólicas. Artigos não relacionados foram desconsiderados. Dos 33 analisados, 23 foram classificados como relacionados a dunas eólicas.

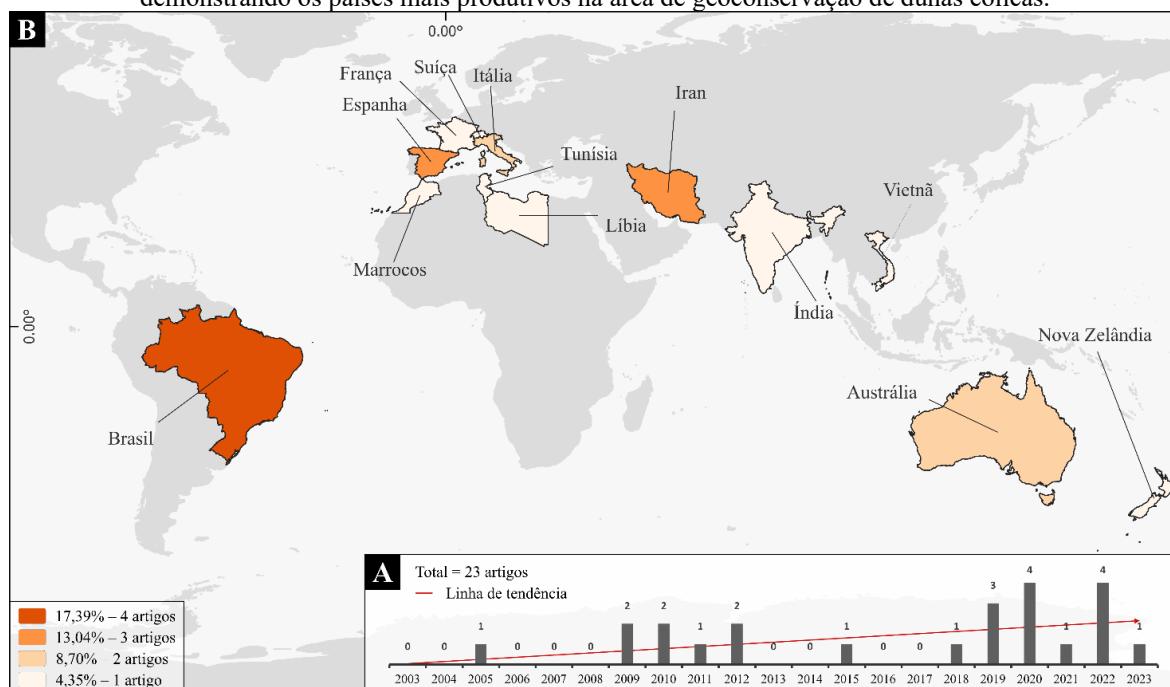
Entre os 10 artigos desconsiderados, encontram-se estudos que não se associam a dunas (Santangelo *et al.*, 2005; Lushchyk *et al.*, 2022); possuem abordagem geotécnica voltada às propriedades físicas dos sedimentos eólicos (Han *et al.*, 2017) ou arqueozoológica (Rabumbulu, 2019); abordam paleodunas (Woo *et al.*, 2019; Fernandes *et al.*, 2023); não atribuem valor geopatrimonial e estratégias de geoconservação (Öhrling; Peterson; Johnson, 2020; Gül; Küçükuysal, 2023); ou consiste em métodos de avaliação (Sinnyovsky, 2023).

RESULTADOS

BIBLIOMETRIA DAS PUBLICAÇÕES

Entre 2004 e 2023, foram publicados 23 artigos. Na primeira década analisada (2003-2012) houve 8 artigos publicados, com um artigo nos anos 2005 e 2011, e dois artigos nos anos 2009, 2010 e 2012 (Figura 2A). Já na segunda década (2013-2023) houve aumento de publicações, com um total de 15 artigos, com um nos anos 2015, 2018, 2021 e 2023, três no ano 2019 e quatro nos anos 2020 e 2022. Os anos de 2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2013, 2014, 2016 e 2017 foram marcados por nenhuma publicação. Considerando os anos sem publicações e os anos com o maior número de artigos (2019 e 2020), houve aumento de 500%, com uma diminuição de 20% após o pico do gráfico (2019 e 2020; Figura 2A).

Figura 2 – Análise bibliométrica. A. Número de publicações em relação aos 20 anos analisados; B. Mapa mundial demonstrando os países mais produtivos na área de geoconservação de dunas eólicas.



Fonte: Autores (2025).

Ao que tange os países mais produtivos, nos 20 anos considerados, o primeiro colocado (Figura 2B) foi o Brasil, com 17,39% dos artigos publicados ($n = 4$). Em segundo lugar, encontram-se Espanha e Irã, responsáveis por 13,04% da produção cada um deles ($n = 3$). Itália e Austrália publicaram individualmente 8,07% do total produzido ($n = 2$). França, Índia, Líbia, Marrocos, Nova Zelândia, Suíça, Tunísia e Vietnã produziram, separadamente, 4,35% das publicações ($n = 1$).

GEOCONSERVAÇÃO: O PANORAMA INTERNACIONAL

Dos 23 artigos analisados, 19 documentos pertencem ao cenário internacional e 4 ao território brasileiro. A seguir, cada estudo será relatado de maneira sucinta.

Em 2005, no sudoeste da Tunísia, De Waele *et al.* (2005) utilizaram atividades de campo e sensoriamento remoto para analisar as dunas eólicas de Tozeur, dentro do geomorfossítio conhecido como "Deserto Vivo". Segundo os autores, as dunas da região exibem significância geológica e geomorfológica. Como estratégias de geoconservação propostas, sugeriram aumentar a conscientização sobre a relevância geológica local, juntamente com a criação de redes temáticas de geossítios (De Waele *et al.*, 2005).

Em Shark Bay, Austrália, Brocx; Semeniuk (2009) empregaram análises sedimentológicas, estratigráficas e geomorfológicas para inspecionar sistemas de dunas naquele local que é marcado como um Patrimônio Mundial da UNESCO. Como valores geopatrimoniais, os autores indicaram a geodiversidade, o uso para o entendimento de paleoambientes através do registro geológico e as importâncias ecológica, cultural e educacional. Estratégias de geoconservação propostas consistem na proteção de sítios geológicos significativos, na educação e conscientização da comunidade, na execução de pesquisas e monitoramento, bem como na gestão sustentável da área (Brocx; Semeniuk, 2009).

Acerca do *European Aeolian Sand Belt*, uma extensa faixa de depósitos de areias eólicas que se estende pelos baixos da Europa do Norte, abrangendo regiões desde a Grã-Bretanha até a fronteira polaco-russa e além, Koster (2009) indicou a importância geomorfológica, biodiversa, estética, recreativa, educacional e cultural. Como estratégias de geoconservação, o autor destacou a possibilidade da reativação de processos eólicos em áreas estabilizadas ou descaracterizadas, bem como a gestão baseada no conhecimento geológico. Ainda, apontou a necessidade da designação de geomonumentos para proteção e valorização do geopatrimônio local (Koster, 2009).

Guyetant (2010), para a região de Pas-de-Calais, na França, fez uso da avaliação de geossítios, da coleta de dados, análise e necessidade de intervenção para entender a região, bem como os sistemas

eólicos. O autor destacou a diversidade geológica, os ecossistemas únicos, como um patrimônio também cultural e histórico, dotado de potencial para educação, pesquisa, turismo e recreação. Indicou, como estratégias de geoconservação, a proteção e gestão de sítios, a valorização científica e cultural, a sensibilização do público que frequenta o local, bem como o desenvolvimento de estratégias de gestão (Guyetant, 2010).

Na província de Yazd, um local que inclui características como desertos, *playas* de sal e dunas no Irã, Omidvar; Khosravi (2010) empregaram trabalhos de campo, análise geomorfológica, identificação de potencial e atrações ecoturísticas para analisar a região. Para a área, foi atribuído o valor geopatrimonial que se relaciona a geomorfologia, turismo, ecologia, cultura, educação e pesquisa. Estratégias de geoconservação apresentadas se relacionam ao planejamento, educação e conscientização, desenvolvimento de uma infraestrutura turística sustentável, bem como a proteção de área sensíveis (Omidvar; Khosravi, 2010).

No Brasil, em um estudo sobre o Campo de Dunas do Peró, localizado no Rio de Janeiro, Mansur; Carvalho (2011) utilizaram inventário, caracterização e quantificação da geodiversidade das dunas eólicas. Segundo os autores, as dunas em questão possuem valor geológico, pedológico, arqueológico, educacional, ambiental e turístico. Como estratégias de geoconservação, os autores destacam a necessidade de zoneamento ambiental devido à expansão urbana, enfatizando a fragilidade da paisagem. Eles também recomendaram atividades educativas e turísticas guiadas para promover a apreciação e valorização do patrimônio geológico dessas dunas eólicas (Mansur; Carvalho, 2011).

Na porção central do deserto do Irã, Eshraghi; Ahmad; Toriman (2012), através de uma revisão qualitativa e quantitativa da literatura sobre características geomorfológicas e conservação ambiental, apresentaram o valor geomorfológico das dunas eólicas. Eles propuseram, como estratégias de geoconservação, uma visão abrangente e clara das atrações naturais, utilizando as características geomorfológicas para o desenvolvimento sustentável local. Além disso, destacaram a proteção da riqueza natural e a necessidade de fornecer sugestões e estratégias para a indústria do ecoturismo (Eshraghi; Ahmad; Toriman, 2012). Ainda em território iraniano, Maghsoudi *et al.* (2019), através de trabalho de campo, fotografias aéreas e imagens de satélite, estudaram o valor geológico e geomorfológico do Deserto de Lut. Como estratégia de geoconservação, os autores propuseram oito áreas adequadas para o desenvolvimento do geoturismo (Maghsoudi *et al.*, 2019).

Fontán; Alcántara-Carrión; Correa (2012) fizeram uso de sistemas de informações georreferenciadas (SIG) e bibliografias para analisar a região de Maspalomas, nas Ilhas Canárias. Os

autores indicaram, sobre as dunas, o valor ambiental, turístico, biodiverso e para a proteção de zonas costeiras. Estratégias de geoconservação propostas foram uma resposta adequada na gestão de atividades antrópicas erosivas e eventos de tempestade, bem como o monitoramento contínuo das dunas (Fontán; Alcántara-Carrió; Correa, 2012).

Em Rottnest Island, Austrália, Rutherford; Newsome; Kobryn (2015) utilizaram mapeamento e estratigrafia para analisar dunas carbonáticas. O valor geopatrimonial está relacionado a geoquímica daquelas dunas, que possuem importância global por apresentarem evidências de mudanças do nível do mar. Indicam como estratégias de geoconservação a educação e interpretação geológica, produtos e estabelecimento de áreas de geoturismo, promoção da conscientização pública e proteção legal (Rutherford; Newsome; Kobryn, 2015).

Clivaz; Reynard (2018), ao buscarem integrar geomorfossítios invisíveis em um inventário geopatrimonial no Rio Ródano, Suíça, entre as localidades de Agarn e Martigny, indicaram valor geológico e ecológico para as dunas. Os autores propuseram como estratégias de geoconservação o desenvolvimento de produtos educacionais/geoturísticos (itinerários de bicicletas), reabilitação e valorização das paisagens, assim como o uso de métodos de reconstrução 3D para feições geomorfológicas descaracterizadas ou extintas (Clivaz; Reynard, 2018).

No Vietnã, Nguyen-Thuy *et al.* (2019) analisaram as dunas eólicas de Binh Thuan e Ninh Thuan, sul do país, através de métodos de datação e análises mineralógicas. Segundo os autores, as dunas da área possuem valor geológico, geomorfológico, mineralógico, turístico e relacionado à biodiversidade. Também destacaram a necessidade de considerar os geossítios em relação às ameaças antropogênicas e enfatizaram a importância de políticas focadas na geoconservação (Nguyen-Thuy *et al.*, 2019).

Margiotta; Parise (2019), na costa leste de Salento, Itália, empregaram análise morfométrica, cartográfica-histórica e observações de campo para analisar as dunas que separam extensas áreas úmidas da linha de costa. O valor geopatrimonial associado as dunas foi o ecológico, educacional, cultural e histórico. Como estratégias de geoconservação, foram propostas pelos autores a conscientização e educação da comunidade, a gestão sustentável e a proteção dos ecossistemas (Margiotta; Parise, 2019).

Na Líbia, Errishi *et al.* (2020) analisaram as dunas do deserto líbio, que faz parte do Grande Saara, com o uso de mapeamento geológico. Os autores apontaram a importância geológica, biodiversa, ecossistêmica, cultural, educacional e turística da região. Para a preservação do geopatrimônio, propuseram estratégias de geoconservação como a proteção de áreas sensíveis, a

execução de turismo sustentável, educação, pesquisa e monitoramento da área, bem como o uso de réplicas em exibições (Errishi *et al.*, 2020).

Para estudar as dunas na Península de Coromandel Oriental, na Nova Zelândia, Gravis *et al.* (2020) utilizaram métodos de inventário, mapeamento geológico e análise de estrutura sedimentar. Foram destacados os valores geológicos, geomorfológicos e turísticos das dunas. Como estratégias de geoconservação, os autores recomendaram incorporar passarelas já definidas e estabelecer uma trilha para proporcionar oportunidades de engajamento comunitário. Além disso, sugeriram fornecer materiais educativos e interpretativos, bem como desenvolver um modelo e metodologia baseados nas melhores práticas internacionais para a criação de trilhas (Gravis *et al.*, 2020).

No Parque Nacional de Khnefiss, Marrocos, Mirari; Aoulad-Sidi-Mhend; Benmlih (2020) empregaram entrevistas com especialistas locais em patrimônio geológico, observações diretas, seleção de pontos relevantes e avaliações quantitativas. Segundo os autores, as dunas possuem valor geológico, geomorfológico e turístico. Estratégias de geoconservação mencionadas incluem a implementação de um plano de ação coerente e concentrado na geoconservação, quantificação do risco de degradação dos geossítios selecionados devido à pressão antropogênica e às mudanças climáticas, juntamente com práticas de geoturismo envolvendo a população local para garantir a conservação efetiva da área (Mirari; Aoulad-Sidi-Mhend; Benmlih, 2020).

Em Natal, Brasil, Silva; Nascimento (2020), utilizando inventários e revisão de literatura, apresentaram diversos valores de patrimônio geológico para as dunas eólicas, como sua importância no funcionamento de sistemas hidrogeológicos, incluindo o abastecimento de água da cidade e o controle de inundações costeiras. As estratégias de geoconservação propostas pelos autores incluem a utilização dos diversos elementos da geodiversidade para fins científicos, culturais, esportivos e turísticos para aumentar o conhecimento e a apreciação do ambiente local (Silva; Nascimento, 2020).

Nas Ilhas Canárias, Espanha, Pérez-Hernández *et al.* (2021) analisaram a qualidade cênica (i) do campo de dunas de Corralejo, localizado em Fuerteventura. Segundo os autores, o local possui valor geológico, geomorfológico e turístico. Como estratégias de geoconservação da paisagem, eles propuseram equilibrar o desenvolvimento econômico com o acesso público à área (Pérez-Hernández *et al.*, 2021).

Nas dunas do projeto de Geoparque Costões e Lagunas, Brasil, Santos; Mansur; Seoane (2022) empregaram métodos de inventário e classificação de geomorfossítios através de SIG. Segundo os autores, a região apresenta dunas com valor geológico, geomorfológico e de biodiversidade. Como estratégia de geoconservação, enfatizam a utilidade de um banco de dados que pode ser utilizado para

desenvolver futuras estratégias relacionadas à conservação e gestão de geossítios dentro do geoparque (Santos; Mansur; Seoane, 2022).

Fancello *et al.* (2022), analisaram o patrimônio geológico e arqueológico das dunas localizadas longo da costa de Su Giudeu, na Itália, através da avaliação de geossítios. Os autores destacaram o valor científico, didático, geológico, estético, arqueológico, biodiverso e o potencial turístico das dunas daquela região, e indicaram como estratégias de geoconservação o monitoramento, proteção, uso de trilhas demarcadas, fornecimento de informação e educação, a integração em redes de proteção e a distribuição de materiais educativos (Fancello *et al.*, 2022).

Em Tenerife, Espanha, Marrero-Rodríguez; Dóniz-Páez (2022) utilizaram, para destacar as dunas costeiras como geomorfossítios capazes de aprimorar o geoturismo local, inventário, revisões de literatura, análise de fotografias aéreas e Modelos Digitais de Elevação (MDE). Os autores enfatizaram o valor geológico, cultural, recreativo, turístico, científico e educacional das dunas. Como estratégia de geoconservação, sugeriram promover o geoturismo enquanto limitam o número de visitantes, utilizando trilhas autorizadas, instalando instalações de informação e interpretação, e implementando a gestão colaborativa do local (Marrero-Rodríguez; Dóniz-Páez, 2022).

Em Ladakh, Índia, Mir; Dar; Ahmad (2023), através de trabalho de campo e mapeamento geológico, destacaram a importância geológica e o potencial educacional e científico para a exploração das dunas arenosas de Hunder. As estratégias de geoconservação propostas envolvem o desenvolvimento de infraestrutura, proibição de atividades ilegais, uso sustentável de recursos, planejamento adequado e colaboração com os departamentos públicos relevantes (Mir; Dar; Ahmad, 2023).

ESTRATÉGIAS DO RIO GRANDE DO SUL

Dos 23 artigos, um deles está relacionado à geoconservação de dunas costeira no RS. No campo de dunas de Itapeva, um geossítio dentro do Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul, Brasil, Rockett *et al.* (2022) empregaram métodos de inventário e analisaram a variabilidade espacial das morfologias eólicas. Segundo os autores, as dunas da área exibem valor geológico, geomorfológico, ambiental, turístico, estético, cênico, didático e cultural. Como estratégias de geoconservação, sugeriram limitar as atividades humanas dentro do sistema de dunas e utilizar intervenções suaves nos limites internos do parque para reduzir a perda de sedimentos. Além disso, enfatizaram a necessidade de delinear trilhas turísticas dentro do geossítio, disseminar conhecimento científico,

fortalecer mecanismos legais e integrar aspectos geológicos na gestão costeira (Rockett *et al.*, 2022). Os estudos internacionais, nacionais e os referentes ao estado do RS estão sintetizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Síntese de autores, local e estratégias de geoconservação dos estudos analisados.

Autores (ano)	Local do estudo	Estratégias de geoconservação
De Waele <i>et al.</i> (2005)	Sudoeste da Tunísia	Promover conscientização; criação de redes temáticas de geossítios.
Brocx; Semeniuk (2009)	Shark Bay, Austrália	Proteção de sítios geológicos; educação e conscientização; pesquisa e monitoramento; gestão sustentável.
Koster (2009)	European Aeolian Sand Belt, Europa	Reativação de processos eólicos; gestão baseada no conhecimento geológico; designação de geomonumentos.
Guyetant (2010)	Pas-de-Calais, França	Proteção e gestão de sítios; valorização científica e cultural; sensibilização do público; desenvolvimento de estratégias de gestão.
Omidvar; Khosravi (2010)	Província de Yazd, Irã	Planejamento; educação e conscientização; desenvolvimento de infraestrutura turística sustentável; proteção de áreas sensíveis.
Mansur; Carvalho (2011)	Rio de Janeiro, Brasil	Zoneamento ambiental; atividades educativas e turísticas guiadas.
Eshraghi; Ahmad; Toriman (2012)	Deserto do Irã	Desenvolvimento sustentável local; proteção da riqueza natural; estratégias para o ecoturismo.
Fontán; Alcántara-Carrión; Correa (2012)	Maspalomas, Ilhas Canárias	Gestão de atividades antrópicas; monitoramento contínuo.
Rutherford; Newsome; Kobry (2015)	Rottnest Island, Austrália	Educação e interpretação geológica; estabelecimento de áreas de geoturismo; promoção da conscientização; proteção legal.
Clivaz; Reynard (2018)	Rio Ródano, Suíça	Desenvolvimento de produtos educacionais/geoturísticos; reabilitação e valorização da paisagem; reconstrução 3D de feições.
Maghsoudi <i>et al.</i> (2019)	Deserto de Lut, Irã	Estabelecimento de áreas de geoturismo.
Nguyen-Thuy <i>et al.</i> (2019)	Binh Thuan e Ninh Thuan, Vietnã	Considerar ameaças antropogênicas; políticas de geoconservação.
Margiotta; Parise (2019)	Salento, Itália	Conscientização e educação; gestão sustentável; proteção de ecossistemas.
Errishi <i>et al.</i> (2020)	Deserto líbio, Líbia	Proteção de áreas sensíveis; turismo sustentável; educação; pesquisa e monitoramento; uso de réplicas.
Gravis <i>et al.</i> (2020)	Península de Coromandel Oriental, Nova Zelândia	Criação de trilhas e passarelas; materiais educativos; engajamento comunitário.

Autores (ano)	Local do estudo	Estratégias de geoconservação
Mirari; Aoulad-Sidi-Mhend; Benmlih (2020)	Parque Nacional de Khnefiss, Marrocos	Plano de ação para geoconservação; quantificação de riscos; geoturismo com a população local.
Silva; Nascimento (2020)	Natal, Brasil	Uso da biodiversidade para fins científicos, culturais, esportivos e turísticos.
Pérez-Hernández et al. (2021)	Fuerteventura, Ilhas Canárias, Espanha	Equilíbrio entre desenvolvimento econômico e acesso público.
Rockett <i>et al.</i> (2022)	Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul, Brasil	Limitar atividades humanas; delinear trilhas; disseminação de conhecimento; fortalecer mecanismos legais; gestão costeira.
Santos; Mansur; Seoane (2022)	Geoparque Costões e Lagunas, Brasil	Criação de banco de dados para gestão e conservação.
Fancello <i>et al.</i> (2022)	Costa de Su Giudeu, Itália	Monitoramento; proteção; uso de trilhas; informação e educação; integração em redes de proteção; distribuição de materiais educativos.
Marrero-Rodríguez; Dóniz-Páez (2022)	Tenerife, Espanha	Promover geoturismo; limitar visitantes; uso de trilhas; instalação de painéis informativos; gestão colaborativa.
Mir; Dar; Ahmad (2023)	Ladakh, Índia	Desenvolvimento de infraestrutura; proibição de atividades ilegais; uso sustentável; planejamento; colaboração interdepartamental.

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

DISCUSSÕES

AUMENTO DAS PUBLICAÇÕES: UM REFLEXO DE QUESTÕES JURÍDICAS?

Os resultados obtidos demonstraram um crescimento na produção de artigos científicos relacionados à geoconservação de dunas, com maior interesse da comunidade científica a partir do ano 2019 (Figura 2). Este aumento acompanha o crescimento no cenário mundial de geoconservação relatado por outros autores (Herrera-Franco *et al.*, 2022; Quesada-Valverde; Quesada-Román, 2023). Com 17,39% dos artigos publicados, o Brasil ocupou o primeiro lugar das produções. Em seguida, Espanha e Iran, cada uma com 13,04%, ocuparam o segundo lugar e, Austrália e Itália, com 8,07%, o terceiro lugar.

Países como França, Índia, Líbia, Marrocos, Nova Zelândia, Suíça, Tunísia e Vietnã contribuíram com apenas um artigo (4,35% cada país), resultando em uma distribuição geográfica fragmentada de pesquisas que sugere uma dispersão maior do interesse da comunidade científica. Isso se deve, possivelmente, a condições locais e específicas, como a presença de dunas significativas em determinadas regiões ou questões relacionadas a políticas ambientais. Nos países mais produtivos,

por exemplo, é razoável compreender o papel da legislação como uma força motriz na produção dos trabalhos.

Autores sugerem que, atualmente, existe um desmanche da legislação voltada à proteção de áreas costeiras e, consequentemente, a proteção de dunas eólicas (Pinheiro; Moura-Fé; Freitas, 2013; Barbosa; Alves; Grelle, 2021; Soares; Barros; Guerra, 2022). As zonas costeiras são protegidas por uma série de instrumentos jurídicos (Portz; Manzolli; Alcántara-Carrió, 2018; Noury; Galletti, 2023). Porém, duas legislações em específico são criticadas de maneira mais objetiva: a Lei Federal 12.651/12, também conhecida como o Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012), e a resolução 303/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002).

A Lei 12.651/2012 trata as dunas estabilizadas (fixas e dotadas de vegetação) como Áreas de Preservação Permanente, enquanto não atribui a mesma proteção legal às dunas ativas (Pinheiro; Moura-Fé; Freitas, 2013). Além disso, existe o fato de que, hoje, as dunas brasileiras se encontram em um cenário de disponibilidade para o uso por parte da indústria, assim como disponíveis para questões urbanas (Soares; Barros; Guerra, 2022), em decorrência da resolução 303/2002 do CONAMA (CONAMA, 2020) – em uma tendência de desmantelamento da legislação ambiental que teve início no ano 2019 (Barbosa; Alves; Grelle, 2021). Este contexto jurídico pode ser o responsável pelo posicionamento do Brasil como o primeiro colocado no número de pesquisas relacionadas à geoconservação de dunas costeiras na base de dados da Scopus. Também é algo que pode explicar os demais países.

No Irã, o *Fourth Development Plan Act* existe como um plano integrado de gerenciamento de regiões costeiras (Jalali *et al.*, 2017). Desenvolvida nas últimas décadas, a legislação do Irã sugere a proteção indireta de dunas costeiras, pois há foco em proteção de ambientes marinhos e gerenciamento de recursos hídricos (Voynova, 2023). Na União Europeia, há mecanismos de proteção de zonas costeiras, como a Diretiva Habitats (92/43/CEE) e a Rede Natura 2000 (Prisco; Carboni; Acosta, 2013; Prisco *et al.*, 2020), por exemplo. Em relação à Espanha, em 2013, a Lei Costeira Espanhola (Lei 2/2013) alterou a gestão de áreas costeiras, à medida que passou a exigir o desenvolvimento da Estratégia Espanhola para a Adaptação Costeira às Mudanças Climáticas (Losada *et al.*, 2019).

Na Itália, o *4th National Report on Italian dune habitats* relatou que 88% dos habitats estão em más condições de conservação e 12% se encontram em condições inadequadas, ainda que a malha de áreas protegidas cubra adequadamente a distribuição de dunas ameaçadas (Prisco; Carboni; Acosta, 2013). Os números de degradação, possivelmente, estão associados ao aumento da

urbanização e perda de dunas eólicas (Falco, 2017), em um país onde as regiões administrativas definem as serventias das dunas costeiras (Drius *et al.*, 2019).

Por último, em relação à Austrália, a legislação acerca da gestão de regiões costeiras possui falta de flexibilidade, enfoque em estruturas fixas, desconsideração da diversidade ecológica e é carente de abordagens alternativas (Jackson; Nordstrom, 2011). Assim como ocorre com os demais países que ocupam, na base de dados da Scopus, a posição de mais produtivos no cenário de geoconservação de dunas costeiras, em território australiano, há fragmentação da legislação associada à proteção costeira (Harvey, 2019).

Este contexto jurídico, presente nos países mais produtivos, resulta em falhas na proteção ambiental e pode explicar o posicionamento destes países no número de artigos publicados. No entanto, ainda devem ser considerados outros aspectos, como o investimento em pesquisa na área que é essencial para a publicação de artigos.

O RIO GRANDE DO SUL PERANTE O CENÁRIO MUNDIAL

O estado do RS dentro do cenário mundial se destacou com um trabalho (Rockett *et al.*, 2022), que foi realizado sobre as dunas de Itapeva, um geossítio do Geoparque Mundial Caminhos dos Cânions do Sul. Ao considerar os quatro trabalhos publicados no Brasil, o cenário de desmantelamento da legislação e o RS sendo o território dotado da maior planície costeira do país, a ocorrência de apenas um artigo na base de dados é preocupante. Porém, a comparação da pesquisa executada no RS com as produzidas no resto do Brasil e nos demais países, permite posicionar o estado de maneira otimista no cenário global.

76

Os métodos utilizados se apresentam de maneira aleatória – sem seguir padrões de acordo com o nível econômico do país ou posicionamento geográfico, por exemplo. Há tendência de a comunidade científica trabalhar com análises morfométricas, cartografia histórica, SIG, sedimentologia e estratigrafia. A diversidade de métodos aplicados pode ser um reflexo da multidisciplinariedade atrelada aos estudos de geoconservação e gerenciamento de regiões costeiras, conforme apontado por autores (Cristiano; Rockett; Portz, 2022; Alves *et al.*, 2025).

Um dos métodos muito utilizado, especialmente no Brasil, é o de inventário e classificação de geossítios ou áreas de interesse (Mansur; Carvalho, 2011; Fontán; Alcántara-Carrión; Correa, 2012; Mirari; Aoulad-Sidi-Mhend; Benmlih, 2020; Silva; Nascimento, 2020; Pérez-Hernández *et al.*, 2021; Santos; Mansur; Seoane, 2022). Esta tendência em fazer uso de métodos quantitativos se alinha à

métodos já aplicados no RS, com o adicional de um monitoramento da variabilidade espacial das dunas eólicas do campo de Itapeva (Rockett *et al.*, 2022).

Em relação ao valor geopatrimonial, há também uma grande variabilidade nos tipos de valor atribuídos às dunas costeiras. No cenário global, as dunas são frequentemente associadas ao valor geológico, turístico, geomorfológico, educacional, ecológico e cultural. Alguns valores, como o histórico e o arqueológico, não foram explicitamente citados (Guyetant, 2010; Mansur; Carvalho, 2011; Margiotta; Parise, 2019; Fancello *et al.*, 2022), no entanto podem estar inseridos no valor cultural. Sobre as Dunas de Itapeva, não existem registros especificamente sobre o valor arqueológico (Rockett *et al.*, 2022). No entanto, deve-se considerar que, ao longo da PCRS, existem registros de sistemas eólicos que preservam sítios arqueológicos (Alves; Urban, 2023; Alves; Cardozo; Borba, 2024) – o que indica um potencial de valor geopatrimonial a ser incorporado no futuro para outros campos de dunas ao considerar aspectos culturais.

Em relação às estratégias de geoconservação mundiais e as presentes no RS, existem semelhanças. No contexto global, há preocupação com a geoeducação como ferramenta, seja mencionada através da relevância geológica local (De Waele *et al.*, 2005), a sensibilização do público (Guyetant, 2010; Pérez-Hernández *et al.*, 2021), o fornecimento de materiais educativos e interpretativos (Gravis *et al.*, 2020; Fancello *et al.*, 2022) e a promoção da conscientização pública (Rutherford; Newsome; Kobryn, 2015). No estado do RS, houve proposição de conscientização pública através da disseminação do conhecimento geocientífico (Rockett *et al.*, 2022). Este processo de conscientização da comunidade é, talvez, um dos aspectos mais importantes, pois o arcabouço legal brasileiro é apropriado à geoconservação, no entanto a falta de entendimento por parte da sociedade e órgãos de gerenciamento afetam a sua efetiva aplicação (Cristiano; Rockett; Portz, 2022).

Outros dois aspectos congruentes nas estratégias mundiais e as relatadas no RS é a proteção de sítios geológicos e o geoturismo. A proteção de geossítios é citada de maneira ampla (Brocx; Semeniuk, 2009; Omidvar; Khosravi, 2010; Errishi *et al.*, 2020; Mirari; Aoulad-Sidi-Mhend; Benmlih, 2020) e, de certa forma, é uma estratégia inerente à geoconservação. As práticas de geoturismo, por outro lado, exigem medidas adicionais, como infraestrutura turística sustentável (Omidvar; Khosravi, 2010), geoturismo com número de visitantes limitados (Marrero-Rodríguez; Dóniz-Páez, 2022), designação de áreas (Rutherford; Newsome; Kobryn, 2015; Marrero-Rodríguez; Dóniz-Páez, 2022) e, no caso do RS, delimitação de trilhas turísticas (Rockett *et al.*, 2022).

As principais divergências encontradas decorrem, em partes, do grau de intensidade presente em algumas estratégias mundiais e nas relacionadas à PCRS. Na Europa, por exemplo, houve

proposta de reativação antrópica de dunas eólicas em áreas degradadas (Koster, 2009). Ou em relação ao uso de tecnologias, com menção ao uso de métodos de reconstrução tridimensional (Clivaz; Reynard, 2018). No campo de Dunas de Itapeva há sugestão de limitação de atividades humanas, bem como intervenções nos limites do parque, visando a diminuição da perda de sedimentos (Rockett *et al.*, 2022). Essas medidas são coerentes com o local que, antes de ser um atrativo turístico, é uma Unidade de Conservação (UC) de Proteção Integral desde o ano 2002 (Rio Grande do Sul, 2002). Mesmo após serem tornadas UC, as Dunas de Itapeva já eram ameaçadas pela expansão urbana de Torres (Tomazelli *et al.*, 2008). Anos após, este problema foi reafirmado (Rockett *et al.*, 2021).

Alguns dos trabalhos não encontrados na base de dados da Scopus mas que abordam a geoconservação de dunas eólicas costeiras destacaram, para o litoral norte, a necessidade de estratégias desde o ano 2010, como um conhecimento científico robusto sobre o funcionamento das dunas (Luizelli; Souza; Borba, 2010). Na região central da PCRS, o projeto de criação da UC Municipal Pontal da Barra do Laranjal (Barcellos, 2019) está relacionado à temática, mesmo que não use a palavra geoconservação, pois almeja a proteção das dunas do Pontal da Barra. No Sul da PCRS, pesquisadores abordaram a proteção das Dunas do Albardão (Lopes; Ugri; Buchmann, 2009), presentes na lista de Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil (SIGEP), incluída no Programa MaB (*Man and Biosphere*), da UNESCO. Por fim, pesquisas voltadas a análise de degradação e reconstrução de dunas eólicas constituem outros exemplos não encontrados na base da Scopus de acordo com o query utilizado, mas que discutem a geoconservação de dunas costeiras na PCRS (Portz; Manzolli; Alcántara-Carrió, 2018; Portz *et al.*, 2021).

Ainda que os estudos apresentados ao longo desta pesquisa demonstram foco em geoconservação e gerenciamento costeiro, trata-se de uma temática delicada, pois há o conflito de interesses entre a preservação do meio natural e o desenvolvimento econômico sustentável (Brocx; Semeniuk, 2019; Coratza *et al.*, 2019). Neste sentido, o gerenciamento, um dos pilares da geoconservação (Brilha, 2016), vem sendo explorado em regiões costeiras.

O Brasil detém uma estrutura jurídica apropriada à gestão costeira e que pode ser mais eficaz com a conscientização da comunidade e órgãos públicos através da geoeducação (Cristiano; Rockett; Portz, 2022). A geoeducação, que almeja incrementar o conhecimento geocientífico através de ações de ensino formais e informais (Borba *et al.*, 2015), vem sendo cada vez mais trabalhada com a sociedade, de modo que a educação geológica, antes restrita ao ambiente acadêmico, passou a ir de encontro ao ambiente da sociedade (Alves *et al.*, 2025). Nesta tendência de disseminação do conhecimento geológico através da geoeducação, existe a oportunidade de converter os aspectos

legais da legislação brasileira em ações mais práticas, onde a sociedade, como um todo, é peça essencial em questões de geoconservação e gerenciamento costeiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou a bibliometria e a bibliografia do cenário mundial de geoconservação de dunas costeiras e como o estado do RS se encaixa nele. Nos últimos anos, houve maior interesse da comunidade científica pela geoconservação de dunas, especialmente a partir do ano 2019. Brasil, Espanha, Irã, Itália e Austrália foram os países mais produtivos. Embora seja a maior planície costeira do Brasil e o RS tenha o maior número de Geoparques Mundiais certificados pela UNESCO de todo o país, a PCRS apresentou apenas um estudo de geoconservação de dunas costeiras. Este cenário é preocupante, principalmente pelo desmantelamento da legislação ambiental de proteção de zonas costeiras.

Os métodos analíticos empregados mundialmente são diversos, e os utilizados até o momento no RS corroboram com os métodos globais. O mesmo ocorre com o valor geopatrimonial das dunas, que é diversificado. Ao que tange as estratégias de geoconservação, existem semelhanças entre o contexto internacional e do RS, com foco na geoeducação, proteção de sítios e geoturismo. As principais divergências foram o aprofundamento de estratégias e o uso de tecnologias avançadas. As estratégias de geoconservação apresentadas para o Campo de Dunas de Itapeva são pertinentes e devem ser objeto de implementação no território do Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul. Neste contexto, ressaltam-se ações de geoeducação, que são ferramentas importantes no processo de gerenciamento costeiro, conscientização da sociedade e aplicação do arcabouço legal brasileiro.

Uma vez que estudos relacionados à conservação de dunas no RS não foram encontrados com o *query* voltado à geoconservação, pesquisas futuras, com palavras e expressões adicionais, são necessárias para averiguar a existência de outros estudos na base de dados da Scopus e em bases alternativas, como a Web Of Science. Ademais, há a necessidade de estudos futuros avaliarem os meios de adaptação e implementação de estratégias internacionais, federais e estaduais, com foco em ressaltar o conteúdo científico orientado, predominantemente, às questões de aplicabilidade. Por fim, é pertinente uma base de dados estadual, que possibilite agrupar as produções científicas, legislações e materiais geoeducativos voltados à preservação e gerenciamento de regiões costeiras e que auxilie os processos de tomada de decisões por parte do poder público.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de pesquisa do primeiro autor. Os autores também agradecem aos revisores anônimos e suas considerações que ocasionaram a melhora deste manuscrito.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. B.; CARDOZO, E. S.; BORBA, A. W. D. Sítios arqueológicos como indicadores de biodiversidade: uma análise na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 9, n. 1, p. 001–011, 3 jan. 2024.

ALVES, J. B.; CARDOZO, E. S.; FRANCK, A. G. S.; MAGALHÃES PINTO, V. Uma análise bibliométrica sobre Educação Geológica e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030. **Terraes Didatica**, v. 21, n. 00, p. e025014, 9 jul. 2025.

ALVES, J. B.; URBAN, C. Geoarqueologia do sítio guarani RS-LS-45, planície costeira do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, v. 45, p. e35, 12 dez. 2023.

BARBOSA, L. G.; ALVES, M. A. S.; GRELLE, C. E. V. Actions against sustainability: dismantling of the environmental policies in Brazil. **Land Use Policy**, v. 104, p. 105384, maio 2021.

BARCELLOS, S. C. B (org.). **Fundamentação técnico-científica para a criação da unidade de conservação Pontal da Barra do Laranjal, Pelotas, RS**. Pelotas: UFPEL, 2019.

BORBA, A. W. D.; TEIXEIRA, K. D. M.; FERREIRA, P. F.; FERREIRA, P. D. F. Concepções de professores de ciências naturais de Caçapava do Sul (RS, Brasil) sobre geologia local: subsídios à educação geopatrimonial. **Terraes Didatica**, v. 11, n. 2, p. 117, 23 set. 2015.

BRASIL. **Lei Federal 12.651/2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006 [...]. Brasília: Presidência da República, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 6 abr. 2024.

BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage**, v. 8, n. 2, p. 119–134, jun. 2016.

BROCX, M.; SEMENIUK, V. Coastal geoheritage: encompassing physical, chemical, and biological processes, landforms, and other geological features in the coastal zone. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, v. 92, p. 243–260, 2009.

BROCX, M.; SEMENIUK, V. The ‘8Gs’—a Blueprint for Geoheritage, Geoconservation, Geo-Education and Geotourism. **Australian Journal of Earth Sciences**, v. 66, n. 6, p. 803–821, 2019.

CLIVAZ, M.; REYNARD, E. How to integrate invisible geomorphosites in an inventory: a case study in the Rhone River Valley (Switzerland). **Geoheritage**, v. 10, n. 4, p. 527–541, 2018.

CONAMA. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial da União**, Brasília, nº 90, Seção I, p. 68, 13 mai. 2002. Disponível em:

https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=299. Acesso em: 16 jun. 2024.

CONAMA. Resolução nº 500, de 19 de outubro de 2020. Declara a revogação das resoluções discriminadas neste ato. **Diário Oficial da União**, Brasília, nº 202, Seção I, p. 88, 21 de out. 2020. Disponível em:

https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&view=atonormativo&id=729. Acesso em: 16 jun. 2024.

CORATZA, P.; VANELLI, V.; FIORENTINI, L.; PALIAGA, G.; FACCINI, F. bridging terrestrial and marine geoheritage: assessing geosites in Portofino Natural Park (Italy). **Water**, v. 11, n. 10, p. 2112, 11 out. 2019.

CRISTIANO, S. C.; ROCKETT, G. C.; PORTZ, L. Geoconservação e gestão costeira: interfaces. In: SOUTO, R. D. (eds.). **Gestão ambiental e sustentabilidade em áreas costeiras e marinhas: conceitos e práticas**, v 2. Rio de Janeiro, RJ: Ed. da Autora, 2022, cap. 10, p. 197–224, 2022.

DE WAELE, J.; GREGORIO, F. D.; GASMI, N.; MELIS, M. T.; TALBI, M. Geomorphosites of Tozeur Region (South-west Tunisia). **Italian Journal of Quaternary Sciences**, Volume Speciale. v. 18, n. 1, p. 223–232, 2005.

DILLENBURG, S. R.; BARBOZA, E. G.; ROSA, M. L. C. C.; CARON, F.; SAWAKUCHI, A. O. The complex prograded Cassino barrier in southern Brazil: geological and morphological evolution and records of climatic, oceanographic and sea-level changes in the last 7–6 ka. **Marine Geology**, v. 390, p. 106–119, 2017.

DRIUS, M.; JONES, L.; MARZIALETTI, F.; DE FRANCESCO, M. C.; STANISCI, A.; CARRANZA, M. L. Not Just a Sandy Beach. The multi-service value of mediterranean coastal dunes. **Science of The Total Environment**, v. 668, p. 1139–1155, 2019.

ERRISHI, H.; ELEKHFIFI, S. S.; MUFTAH, A.; ELSEAITI, S. Highlights on the geotourism in Libyan Desert. **Iraqi Geological Journal**, v. 53, n. 1B, p. 108–120, 2020.

ESHRAGHI, M.; AHMAD, H.; TORIMAN, M. E. Contribution of geomorphological assessment for sustainable geotourism: a case of Iran's Desert. **Advances in Environmental Biology**, v. 6, n. 3, p. 1188–1195, 2012.

FALCO, E. Protection of coastal areas in Italy: where do national landscape and urban planning legislation fail? **Land Use Policy**, v. 66, p. 80–89, 2017.

FANCELLO, D.; COLUMBU, S.; CRUCIANI, G.; DULCETTA, L.; FRANCESCHELLI, M. Geological and archaeological heritage in the Mediterranean coasts: proposal and quantitative

assessment of new geosites in SW Sardinia (Italy). **Frontiers in Earth Science**, v. 10, p. 910–990, 2022.

FERNANDES, L. A.; SEDOR, F. A.; DA SILVA, R. C.; AZEVEDO, A. A.; DA SILVA, L. R.; GESICKI, A. L.; YAMAMOTO, I. T.; IYOMASA, W. S. Porto Primavera ichnofossil geosite, Brazil: geoconservation measures in a protected area. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 46, 2023.

FONTÁN, A.; ALCÁNTARA-CARRIÓN, J.; CORREA, I. Combined beach - inner shelf erosion in short and medium term (Maspalomas, Canary Islands). **Geologica Acta**, v. 10, n. 4, p. 411–426, 2012.

GEOSSIT. **Sistema de Cadastro e Quantificação de Geossítios e Sítios da Geodiversidade**. Brasília: Serviço Geológico do Brasil, [2025]. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/geossit/>. Acesso em: 1 mar. 2025.

GRAVIS, I.; NEMETH, K.; TWEMLOW, C.; NEMETH, B. The ghosts of old volcanoes, a geoheritage trail concept for eastern Coromandel Peninsula, New Zealand. **Geoconservation Research**, v. 3, n. 1, 2020.

GRAY, M. Geodiversity: developing the paradigm. **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 119, n. 3–4, p. 287–298, 2008.

GRAY, M. Geodiversity, geoheritage and geoconservation for society. **International Journal of Geoheritage and Parks**, v. 7, n. 4, p. 226–236, 2019.

GÜL, M.; KÜÇÜKUY SAL, C. Geotourism activities via marine excursion: Muğla, SW Türkiye. **Geoheritage**, v. 15, n. 2, p. 64, 2023.

GUYETANT, G. L'inventaire du patrimoine géologique en Nord - Pas-de-Calais: contexte, démarche et perspectives. **Géologie de la France**, v. 1, p. 93–99, 2010.

HAN, F.; TIAN, M.; WU, F.; ZHANG, J.; LIU, S.; WANG, L. Physical and chemical properties of sound-producing and soundless sand particles from booming sand dunes, northern China. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 10, n. 11, p. 241, 2017.

HARVEY, N. Protecting private properties from the sea: Australian policies and practice. **Marine Policy**, v. 107, p. 103–566, 2019.

HERRERA-FRANCO, G.; CARRIÓN-MERO, P.; MONTALVÁN-BURBANO, N.; CAICEDO-POTOSÍ, J.; BERREZUETA, E. Geoheritage and Geosites: a bibliometric analysis and literature review. **Geosciences**, v. 12, n. 4, p. 169, 2022.

HESP, P. **Coastal sand dunes: form and function**. New Zealand: Coastal Dune Vegetation Network Technical Bulletin, 2000.

JACKSON, N. L.; NORDSTROM, K. F. Aeolian sediment transport and landforms in managed coastal systems: a review. **Aeolian Research**, v. 3, n. 2, p. 181–196, 2011.

JALALI, R.; ANSARI, M.; POURNOURI, M.; FARSHCHI, P. Investigation of requirements and legal framework of integrated management of the Persian Gulf Coast in Iran to present ideal legal models. **Ukrainian Journal of Ecology**, v. 8, n. 3, p. 241–247, 2017.

KOSTER, E. A. The “European Aeolian Sand Belt”: geoconservation of drift sand landscapes. **Geoheritage**, v. 1, n. 2–4, p. 93–110, 2009.

LOPES, R.; UGRI, A.; BUCHMANN, F. Dunas do Albardão, RS: bela paisagem eólica no extremo sul da costa brasileira. In: WINGE, M. et al. (Eds.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, Brasília, p. 1-11, 2009.

LOSADA, I. J.; TOIMIL, A.; MUÑOZ, A.; GARCIA-FLETCHER, A. P.; DIAZ-SIMAL, P. A Planning strategy for the adaptation of coastal areas to climate change: the Spanish case. **Ocean & Coastal Management**, v. 182, p. 104–983, 2019.

LUIZELLI, B. B. B.; SOUZA, L. F. de; BORBA, A. W. (Orgs.). **Situação ambiental do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul**, 1. ed. Porto Alegre, RS: Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2010.

LUSHCHYK, M.; MOKRYY, V.; MOSCVYAK, Ya.; TEODOROVYCH, L. Assessment of the tourist attractiveness of global geoparks in Europe. **Geology**, n. 3, v. 98, p. 15–22, 2022.

MAGHSOUDI, M.; MORADI, A.; MORADIPOUR, F.; NEZAMMAHALLEH, M. A. Geotourism development in world heritage of the Lut Desert. **Geoheritage**, v. 11, n. 2, p. 501–516, 2019.

MAK, S.; THOMAS, A. Steps for conducting a scoping review. **Journal of Graduate Medical Education**, v. 14, n. 5, p. 565–567, 2022.

MANSUR, K. L.; CARVALHO, I. de S. Characterization and valuation of the geological heritage identified in the Peró Dune Field, state of Rio de Janeiro, Brazil. **Geoheritage**, v. 3, n. 2, p. 97–115, 2011.

MARGIOTTA, S.; PARISE, M. Hydraulic and geomorphological hazards at wetland geosites along the eastern coast of Salento (SE Italy). **Geoheritage**, v. 11, n. 4, p. 1655–1666, 2019.

MARRERO-RODRÍGUEZ, N.; DÓNIZ-PÁEZ, J. Coastal dunes geomorphosites to develop the geotourism in a volcanic subtropical oceanic island, Tenerife, Spain. **Land**, v. 11, n. 3, p. 426, 2022.

MARTINHO, C. T.; HESP, P. A.; DILLENBURG, S. R. Morphological and temporal variations of transgressive dunefields of the northern and mid-littoral Rio Grande Do Sul Coast, Southern Brazil. **Geomorphology**, v. 117, n. 1–2, p. 14–32, 2010.

MILHEIRA, R. G. Contexto arqueológico pré-colonial. In: BARCELOS, S. C. B. (Org.). **Fundamentação técnico-científica para a criação da Unidade de Conservação Pontal da Barra do Laranjal, Pelotas, RS**. Pelotas: UFPEL, 2019, p. 43–46.

MIR, A. R.; DAR, F. A.; AHMAD, M. Z. Characteristics of geosites for promotion and development of geotourism in Ladakh, India. **Geoheritage**, v. 15, n. 3, p. 105, 2023.

MIRARI, S.; AOULAD-SIDI-MHEND, A.; BENMLIH, A. Geosites for geotourism, geoheritage, and geoconservation of the Khnefiss National Park, southern Morocco. **Sustainability**, v. 12, n. 17, p. 7109, 2020.

NGUYEN-THUY, D.; TA, P. H.; NGUYEN-VAN, H.; VAN DINH, H.; VAN DANG, B.; DANG, N. H.; DO, H. T. T.; NGUYEN, A. T. K.; TRAN, T. D.; VAN BUI, V.; NGUYEN, A. N.; HOANG, T. T. Evaluation of geological heritage of geosites for a potential geopark in Binh Thuan–Ninh Thuan coastal zone, Vietnam. **Geoheritage**, v. 11, n. 3, p. 689–702, 2019.

NOURY, K. D. S. L.; GALLETTI, F. Legal tools for coastal zone management in Brazil. In: BONNIN, M.; LANCO BERTRAND, S (Orgs.). **Marine spatial planning in the tropical Atlantic**. Montpellier: IRD Éditions, 2023, cap. 7, 2023.

ÖHRLING, C.; PETERSON, G.; JOHNSON, M. D. Glacial geomorphology between Lake Vänern and Lake Vättern, Southern Sweden. **Journal of Maps**, v. 16, n. 2, p. 776–789, 2020.

OMIDVAR, K.; KHOSRAVI, Y. Geotourism attractions in the bare nature of Yazd Province. **WSEAS transactions on Environment and Development**, v. 6, n. 3, p. 225–234, 2010.

PÉREZ-HERNÁNDEZ, E.; PEÑA-ALONSO, C.; FERNÁNDEZ-CABRERA, E.; HERNÁNDEZ-CALVENTO, L. Assessing the scenic quality of transgressive dune systems on volcanic islands: the case of Corralejo (Fuerteventura Island, Spain). **Science of The Total Environment**, v. 784, p. 147050, 2021.

PINHEIRO, M. V. D. A.; MOURA-FÉ, M. M.; FREITAS, E. M. D. N. Os ecossistemas dunares e a legislação ambiental brasileira. **Geo UERJ**, v. 2, n. 24, 2013.

PORTZ, L. C.; PORTANTIOLO MANZOLLI, R.; ROSA, M. L. C. D. C.; GRUBER, N. S.; BARBOZA, E. G.; TOMAZELLI, L. J. Práticas em geociências: roteiro de campo para compreender a evolução costeira no Rio Grande do Sul, Brasil. **Terraes Didatica**, v. 14, n. 2, p. 119–133, 2018.

PORTZ, L.; MANZOLLI, R. P.; ALCÁNTARA-CARRIÓN, J. Dune system restoration in Osório municipality (Rio Grande do Sul, Brazil): good practices based on coastal management legislation. In: BOTERO, C. M.; CERVANTES, O.; FINKL, C. W. (Orgs.). **Beach management tools - concepts, methodologies and case studies**. Coastal Research Library. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 41–58.

PORTZ, L.; MANZOLLI, R. P.; ALCÁNTARA-CARRIÓN, J.; ROCKETT, G. C.; BARBOZA, E. G. Degradation of a transgressive coastal dunefield by pines plantation and strategies for recuperation (Lagoa do Peixe National Park, southern Brazil). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 259, p. 107483, 2021.

POTZ, L.; MANZOLLI, R. P.; HERMANNS, L.; ALCÁNTARA CARRIÓN, J. Evaluation of the efficiency of dune reconstruction techniques in Xangri-Lá (Rio Grande do Sul, Brazil). **Ocean & Coastal Management**, v. 104, p. 78–89, 2015.

POSIT TEAM. **RStudio**: Integrated development environment for R, [2025]. Disponível em: <http://www.posit.co>. Acesso em: 6 abr. 2025.

PRISCO, I.; ANGIOLINI, C.; ASSINI, S.; BUFFA, G.; GIGANTE, D.; MARCENÒ, C.; SCIANDRELLO, S.; VILLANI, M.; ACOSTA, A. T. R. Conservation status of Italian coastal dune habitats in the light of the 4th Monitoring Report (92/43/EEC Habitats Directive). **Plant Sociology**, v. 57, n. 1, p. 55–64, 2020.

PRISCO, I.; CARBONI, M.; ACOSTA, A. T. R. The fate of threatened coastal dune habitats in Italy under climate change scenarios. **PLoS ONE**, v. 8, n. 7, p. e68850, 2013.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **Sistema de Informações Geográficas QGIS**, [2025]. Disponível em: <https://www.qgis.osgeo.org>. Acesso em: 6 abr. 2025.

QUESADA-VALVERDE, M. E.; QUÉSADA-ROMÁN, A. Worldwide trends in methods and resources promoting geoconservation, geotourism, and geoheritage. **Geosciences**, v. 13, n. 2, p. 39, 2023.

RABUMBULU, M. Tourism potential at Florisbad: an important archaeozoological site at Free State Province, South Africa. **African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure**, v. 8, n. 4, p. 1–10, 2019.

REYNARD, E.; BRILHA, J. **Geoheritage: assessment, protection, and management**. Amsterdam: Elsevier, 2018.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Estadual 42.009/2002**. Cria o Parque Estadual de Itapeva e dá outras providências. Porto Alegre: Palácio Piratini, 2002. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/rs/decreto-n-42009-2002-rio-grande-do-sul-cria-o-parque-estadual-de-itapeva-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 12 nov. 2025.

ROCKETT, G. C.; BARBOZA, E. G.; FAGUNDES, M. R.; HESP, P.; ROSA, M. L. C. D. C. Evolutionary stage, anthropogenic activities and evolution of the Itapeva dunefield (Torres-RS, Brazil). **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 12, n. 2, 2021.

ROCKETT, G. C.; HESP, P.; PORTZ, L.; BARBOZA, E. G. Aeolian geodiversity of the Itapeva dunefield (Brazil) and geoconservation in the management of protected areas. **Geoheritage**, v. 14, n. 4, 2022.

ROSA, M. L. C. D. C.; BARBOZA, E. G.; ABREU, V. D. S.; TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R. High-Frequency sequences in the quaternary of Pelotas Basin (coastal plain): a record of degradational stacking as a function of longer-term base-level fall. **Brazilian Journal of Geology**, v. 47, n. 2, p. 183–207, 2017.

RUTHERFORD, J.; NEWSOME, D.; KOBRYN, H. Interpretation as a vital ingredient of geotourism in coastal environments: the geology of sea level change, Rottnest Island, Western Australia. **Tourism in Marine Environments**, v. 11, n. 1, p. 55–72, 2015.

SANTANGELO, N.; SANTO, A.; GUIDA, D.; LANZARA, R.; SIERVO, V. The geosites of the Cilento-Valo di Diano National Park (Campania Region, southern Italy). **Italian Journal of Quaternary Sciences**, v. 18, n. 1, p. 101–112, 2005.

SANTOS, D. S.; MANSUR, K. L.; SEOANE, J. C. S. Classification scheme for geomorphosites' GIS database: application to the proposed Geopark Costões e Lagunas, Rio de Janeiro, Brazil. **Geoheritage**, v. 14, n. 3, 2022.

SILVA, M. L. N.; NASCIMENTO, M. A. L. do. Ecosystem services and typology of urban geodiversity: qualitative assessment in Natal town, Brazilian northeast. **Geoheritage**, v. 12, n. 3, 2020.

SINNYOVSKY, D. Evaluation features of fossil and coastal geosites: selecting assessment criteria for geotourism purposes. **Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences**, v. 76, n. 2, p. 247–255, 2023.

SOARES, M. O.; BARROS, E. L.; GUERRA, R. G. P. Not just sand: the folly of dismantling the environmental protection of dunes in Brazil. **Land Use Policy**, v. 112, p. 105803, 2022.

TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R. Sedimentary facies and stratigraphy of a last interglacial coastal barrier in south Brazil. **Marine Geology**, v. 244, n. 1–4, p. 33–45, 2007.

TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R.; BARBOZA, E. G.; ROSA, M. L. C. D. C. Geomorfologia e potencial de preservação dos campos de dunas transgressivos de Cidreira e Itapeva, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 35, n. 2, p. 47, 2008.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. O Cenozoico costeiro do Rio Grande do Sul. In: HOLZ, M.; ROS, L. F. (Eds.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. p. 375–406.

VOYNOVA, M. V. Main stages of developing environmental legislation of Islamic Republic of Iran on environmental protection of Caspian sea. **Oil and gas technologies and environmental safety**, v. 2023, n. 2, p. 69–82, 2023.

WOO, K. S.; KIM, L.; JI, H.; JEON, Y.; RYU, C. G.; WOOD, C. Geological heritage values of the Yongcheon Cave (Lava Tube Cave), Jeju Island, Korea. **Geoheritage**, v. 11, n. 2, p. 615–628, 2019.