

O GEODIREITO E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NAS DEMANDAS JUDICIAIS: O CASO DA LAGOA DA CONCEIÇÃO/SC

José Rubens Morato Leite¹

Kleber Isaac Silva de Souza²

Isabel Pinheiro de Paula Couto³

INTRODUÇÃO

O geodireito é a disciplina que une os conhecimentos jurídicos e geográficos, onde as análises jurídicas são baseadas em dados espaciais e permitem avaliar a eficácia do direito ambiental no tempo e no espaço, bem como sua efetividade, constituindo um instrumento que possibilita uma melhor gestão Pública e prestação jurisdicional em um território.

Por meio da aplicação dos métodos do geodireito é possível produzir uma visão geoespacializada de um espaço geográfico e in-

1 Professor Doutor Titular da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), membro da Academia de Direito Ambiental da IUCN, Coordenador do Grupo de Pesquisa Direito Ambiental e Ecologia Política na Sociedade de Risco – GPDA/UFSC (CNPq). Pesquisador de Bolsa de Produtividade do CNPq 1C e Capes. E-mail: moratoleite@yahoo.com.br.

2 Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Mestre em Engenharia Civil, Especialista em Legislação Ambiental e Meio Ambiente, Engenheiro Civil e Bacharel em Direito. Atua nas áreas de Direito Ambiental, geoprocessamento, perícia ambiental e avaliação de impactos ambientais. É Analista Ambiental do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e leciona em cursos de pós-graduação. E-mail: kleber_i@yahoo.com.

3 Mestre em Direito pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atua na área de direito, com ênfase em direito ecológico, principalmente nas seguintes temáticas: Direito Ecológico, Geodireito e Sustentabilidade. É pesquisadora colaboradora do Harmony with Nature Knowledge Network Experts, ONU. Integrante do Grupo de Pesquisa Direito Ambiental e Ecologia Política na Sociedade de Risco – GPDA/UFSC (CNPq). E-mail: isa.ppc@gmail.com.

investigar as possíveis causas para determinados conflitos ecológicos, considerando a total integração entre os objetos de tutela jurídica do meio ambiente natural, cultural e artificial (e.g., urbano) e suas inter-relações com as técnicas das ciências naturais para diagnóstico e prognóstico dos impactos ambientais aos meios físico, biótico e socioeconômico.

A partir desse exame é viável realizar a abordagem jurídica sobre a regular aplicação da legislação no local, dirimir dúvidas acerca de um debate processual e contribuir para decisões judiciais mais assertivas.

Recentemente, a incorporação da Inteligência Artificial nas análises de dados ambientais espaciais elevou significativamente a quantidade de informações sobre as condições da qualidade ambiental de um espaço geográfico, inclusive permitindo a realização de diagnósticos e prognósticos mais precisos dentro dos múltiplos cenários que uma decisão possa adotar para solucionar um litígio ambiental.

A utilização desse instrumento em ações judiciais mostra-se uma forma eficiente de contribuir na salvaguarda dos sistemas naturais, auxiliando também na conservação, fiscalização e monitoramento, especialmente das áreas ambientalmente protegidas. Assim, pretende-se responder o seguinte questionamento: Qual a importância prática do geodireito nas ações judiciais?

Adota-se, como hipótese, que o geodireito constitui-se em uma importante ferramenta para auxílio na instrução de procedimentos e processos judiciais, na medida em que proporciona informações espaçotemporais precisas sobre um determinado assunto, contribuindo para decisões judiciais com maior grau de certeza quanto à realidade fática ambiental.

O método empregado é o indutivo, partindo da análise das normas ambientais que incidem sobre um determinado espaço geográfico e, por meio de um estudo de caso, observar as condições ambientais informadas pelos dados espaciais produzidos por sensoriamento remoto (e.g., fotografias aéreas, imagens orbitais), correlacionados com os resultados obtidos de seu processamento por meio da inteligência artificial, a fim de compreender as condições da qualidade ambiental do local estudado.

Como estudo de caso, utilizar-se-á a Ação Civil Pública (ACP) Estrutural da Lagoa da Conceição, que tramita perante a 6ª Vara Federal de Florianópolis (processo nº 5004793-41.2021.4.04.7200), por meio da qual se pretende avaliar como o geodireito pode auxiliar na

instrução processual, funcionando como um mecanismo para contribuir na análise probatória dos fatos controversos apresentados na lide judicial e, no futuro, como instrumento para o monitoramento da efetividade de eventual provimento judicial objeto de cumprimento de sentença.

O presente artigo divide-se em três partes essenciais. A primeira pretende trazer uma visão geral do direito ecológico com o foco no estudo de caso, a ACP Estrutural da Lagoa da Conceição (LC). A segunda visa realizar um estudo do que é o Geodireito, seus desdobramentos e como pode auxiliar na instrução das ações judiciais de forma a contribuir na Justiça Ecológica. A terceira pretende inserir as potencialidades de empregar-se o geodireito e a inteligência artificial para produção de informações precisas e atuais para a Câmara Judicial de Proteção da Lagoa da Conceição (CJ-PLC), criada na citada ACP Estrutural, servindo de instrumento de suporte para a propositura de medidas judiciais e para tomada de decisão pela autoridade judiciária.

Em síntese, o objetivo do presente artigo é abordar como o geodireito, integrado com a inteligência artificial, pode ser um importante instrumento para instrução e suporte à tomada de decisão em Ações Cíveis Públicas Ambientais para garantia de um futuro ecologicamente sustentável.

DIREITO ECOLÓGICO NA PRÁTICA: A ACP ESTRUTURAL DA LAGOA DA CONCEIÇÃO/SC

O Distrito da Lagoa da Conceição (LC) se originou a partir da Provisão Régia de 7.6.1750 (Florianópolis, 2009) e divide-se em diferentes áreas tais como o seu centro, chamado de Freguesia da Lagoa, também conhecido por “Centrinho da Lagoa”. Além da Freguesia, é também composto por diversas áreas sendo que cada região abriga suas próprias características paisagísticas, culturais, históricas e ambientais. O local abriga uma laguna, conhecida como Lagoa da Conceição, que constitui um reservatório natural que se conecta ao mar por meio de um curso d’água na forma de um braço de maré, conhecido como Canal da Barra da Lagoa. O ecossistema que a constitui é um ambiente complexo e rico em biodiversidade, que comporta múltiplos espaços diversos (dunas, zona costeira, laguna, mata atlântica, florestas), além de distintas comunidades e um extraordinário cenário histórico. É relevante mencionar que o seu

ecossistema é considerado heterogêneo, com grande relevância biológica e extremamente produtivo sendo a sua extensão de 19,71 km² (Barbosa, 2003).

No entanto, a região apresenta toda a sorte de problemáticas tais como crescimento desordenado, sistema sanitário ineficiente, turismo massivo e especulação imobiliária, evidenciadas ante ao desenvolvimento e avanço populacional principalmente porque resultam de políticas fragmentadas que não consideram as suas diversas características ecossistêmicas e o amplo conjunto de atores sociais que compõem o local. Desta maneira, na área da LC é possível se observar as políticas fragmentadas com clareza vez que a gestão Pública ambiental do local não tem operado de modo a satisfazer as necessidades do amplo e todo o complexo socioecológico. Ou seja, apesar de haver políticas diversas sobre as mais diferentes temáticas, essas não atendem de forma adequada aos anseios sociais e ambientais dos diversos atores que pertencem à região.

O ápice da situação ocorreu no dia 25 de janeiro do ano de 2021 quando uma barragem pertencente à Lagoa de Evapoinfiltração (LEI) do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da Lagoa da Conceição rompeu, gerando o extravasamento de esgoto não tratado no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC). O local é uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral de ecossistema complexo. Para além do PNMDLC foram atingidas casas, comunidades das adjacências, ruas, avenidas e a própria lagoa, uma vez que a água contaminada fluiu velozmente e alcançou todo o seu entorno. O evento representa não apenas a degradação ecológica dos ecossistemas e de sua biodiversidade, mas também a aniquilação de histórias, vivências e valores culturais que por consequência da água poluída foram destruídos.

Todo esse contexto revela problemas estruturais os quais vêm se acumulando ao longo de décadas na região. Após a catástrofe, ambientalistas, pesquisadores e a comunidade acadêmica da Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC empreenderam o ajuizamento de uma Ação Civil Pública Estrutural, autos n. 5004793-41.2021.4.04.7200 onde reunidos intentam unir esforços para o reconhecimento da Lagoa da Conceição como sujeito de direitos, bem como a criação de uma Câmara Judicial de Proteção da Lagoa da Conceição (CJ-PLC) a qual visa o repensar de uma governança pautada em valores socioambientais. A ação reúne pareceres de diversos profissionais no esforço de se realizar um estudo sistêmico que visa um diálogo integrativo entre diferentes olhares com o objetivo

da construção de um trabalho transdisciplinar que perpassa pela necessidade de um repensar na estruturação de uma governança socioecológica.

Neste cenário, é importante ressaltar que a Lagoa da Conceição representa um importante local socioambientalmente rico, diverso e complexo, onde ao longo dos anos presume-se que tem sofrido com o crescimento urbano acelerado e a falta de infraestrutura e planejamento adequados. Dilemas que desconsideram uma gestão socioambiental que integre distintas visões e necessidades. As problemáticas mencionadas circundam a realidade da LC e evidenciam uma perspectiva que isola e desconsidera um planejamento que ofereça uma infraestrutura satisfatória para as comunidades e os ecossistemas do entorno. Neste sentido faz-se necessário repensar a forma que vem sendo gerido o local, onde prevaleça a integração dos mais distintos valores para que prepondere um equilíbrio na convivência entre todos os distintos seres e formas de vida, assim como a proteção das futuras gerações. Dentro deste contexto se insere o atual Direito Ecológico, que oferece alternativas e soluções sobre as problemáticas da operacionalidade sistêmica e da lógica do Direito Ambiental, preponderantemente dogmático e normativo, de viés antropocêntrico, que fragmenta o todo sem se atentar para a essencial relação de interdependência entre os variados seres e múltiplos habitats e ecossistemas existentes.

A ecologização do Direito é uma proposta de ruptura trilhada no caminho da transição de paradigma para se evoluir em termos de proteção socioambiental. A vertente do direito ecológico expande seus destinatários para englobar a Natureza e todas as formas de vida como dignas de proteção Estatal, o que se restringia à presença humana. Essa proposta ecologizada exige reformular o pensamento jurídico para que esse parta de bases biocêntricas e reconheça titularidade de direitos à Natureza, a qual deixa de ser um objeto instrumentalizável através da lei. É preciso que o ordenamento jurídico-normativo observe a sensibilidade ecológica de maneira sistêmica, não fragmentada e à luz da complexidade para que, com parâmetros plurais, regulem-se as questões atinentes à Natureza.

Em suma, incorporar a sustentabilidade ecológica no Direito, significa manter as estruturas sociais, normativas, políticas e, principalmente, econômicas, dentro dos limites dos sistemas ecológicos, preservando a substância dos sistemas naturais (Leite, 2018). A aceção ecologizada do Direito coloca limites mais ambiciosos ao crescimento econômico infinito, que é insustentável do ponto de vista social

e ecológico, a fim de que a economia se entenda inserida no meio natural e respeite, de maneira primordial, os limites biofísicos do Planeta evitando-se a acentuação da crise ecológica que opera em pleno curso. Em suma, incorporar a sustentabilidade ecológica no Direito, significa manter as estruturas sociais, normativas, políticas e, principalmente, econômicas, dentro dos limites dos sistemas ecológicos, preservando a substância dos sistemas naturais (Leite; Silveira, 2020).

O suporte epistemológico que alicerça as vertentes do Direito Ecológico perpassa o vínculo entre a ecologia e o próprio conceito de justiça. Assim, para a efetivação das mudanças legislativas e jurídicas propostas por esse novo conceito de direito ecologizado, é fundamental adotar uma abordagem da justiça que visa garantir dignidade a todas as formas de vida. Assim, o Direito Ecológico de forma inovadora traz a perspectiva de que a Natureza é sujeito de direitos e é digna de receber direitos e proteção assim como os seres humanos. Tal concepção traz a noção que rompe com a vertente utilitarista, sendo que a Natureza deve ser protegida pelo seu valor intrínseco numa concepção ecocêntrica que tem por fundamento o respeito as bases naturais da vida, sem a qual nenhum ser vivo pode se desenvolver de forma plena. Os dilemas ambientais são abordados em sintonia com a perspectiva da interdependência entre os diversos elementos que compõem o meio ambiente humano e natural, bem como estão atentos às circunstâncias complexas inerentes às sociedades modernas.

A Ação Civil Pública Estrutural da Lagoa da Conceição representa um litígio ecológico pautado nos ditames dessa nova perspectiva ecologizada do Direito. Desde sua acepção que contou com a participação múltipla de profissionais e pesquisadores das mais diversas áreas, até a sua estruturação pautada em um viés coletivo, por meio da instituição de uma Câmara Judicial de Proteção da Lagoa da Conceição (CJ-PLC), que tem por finalidade auxiliar o Juízo nas medidas estruturantes para a reestruturação local, ante a ameaça de colapso daquele ecossistema. Por meio da criação de um regimento interno, além dos Autores e Réus da ação, permite-se a participação da sociedade civil, por meio da abertura de um Edital. O juízo da 6ª Vara Federal de Florianópolis tornou público o processo de seleção dos representantes para compor as vagas, com a finalidade de assessorar o Juízo na adoção de ações necessárias para garantir a integridade ecológica na Lagoa da Conceição por meio de uma governança socioecológica.

A CJ-PLC deverá responder a questionamentos do Juízo, bem como poderá elaborar relatórios técnicos e propor critérios e progra-

mas de ações de prevenção e recuperação do ecossistema da Lagoa da Conceição, respeitando as delimitações de competência e atribuições legais de cada um dos membros. O Regimento Interno da CJ-PLC prevê a convocação de encontros com periodicidade não superior a 60 dias. As reuniões poderão ser virtuais ou presenciais e garante a participação de todos os interessados. O regimento interno da CJ-PLC foi homologado no dia 12 de abril de 2022, sendo que o seu artigo 1º estabelece primordialmente que a Câmara Judicial tem como finalidade garantir a assessoria ao Juízo na adoção de medidas estruturantes necessárias para salvaguardar a integridade ecológica da Lagoa da Conceição/SC por meio de uma governança ecológica. A ideia central é que todas as deliberações realizadas em âmbito da CJ-PLC busquem concretizar o propósito exposto pela ACP na construção de uma governança sistêmica e socioecológica. Desta maneira, o que se visa é evitar o colapso socioambiental que a região enfrenta, resultante de reiterados processos fragmentados de sua gestão os quais não procedem em medidas efetivas na proteção do equilíbrio ecossistêmico e social do local.

Por meio da CJ-PLC foi também determinada a criação de um Grupo de Trabalho (GT) para diagnóstico e realização de relatório trimestral de atividades nos termos do artigo 9º do Regimento Interno, bem como foi arguido pela requisição de informações aos órgãos públicos, requisitada a publicidade dos trabalhos da CJ-PLC por meio da criação de um sítio na internet (*website*). Em uma audiência de conciliação que ocorreu no dia 4.5.2023, foram estabelecidas algumas medidas estruturantes. O objetivo dessa reunião judicial foi apresentar o primeiro diagnóstico da Lagoa da Conceição realizada pelos laboratórios da UFSC, membros do GT da Câmara Judicial. Ficou estabelecido que o GT da CJ-PLC fará a análise dos seguintes pontos: 1) necessidade de aprimoramento do monitoramento da qualidade da água, no que tange aos parâmetros definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) e a parâmetros mais restritivos, que estejam de acordo com a qualidade ambiental da LC; 2) andamento das ações de cumprimento de sentença que versam sobre as ocupações da orla da Lagoa; 3) levantamento dos impactos das alterações do Plano Diretor sobre a saúde do ecossistema da LC; 4) levantamento dos autos de infração ambiental, de competência da Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis (FLORAM), referentes à LC, nos quais ocorreram prescrição intercorrente desde 2007.⁴

4 Dados retirados do regimento interno da CJ-PLC. Pode ser acessado em <https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2022/11/EDITAL-N%C2%BA-2.2022.GR-ANEXO.pdf>.

A análise da propositura e ajuizamento da ACP Estrutural da Lagoa da Conceição é um estudo de caso expressivo e atual, que tem por base os princípios do Direito Ecológico. Representa a prática deste novo conceito, um novo paradigma que se centra em um novo olhar ante aos desafios ambientais e a crise ecológica. Isso porque a ação estrutura-se em objetivos que se conectam com valores que reconhecem a primordialidade de uma visão biocêntrica, onde as sociedades humanas e não humanas são interdependentes e precisam harmonizar-se para atingir o equilíbrio (justiça ecológica). Nesta perspectiva, adota-se a visão de que a Natureza possui qualidades intrínsecas onde o ser humano faz parte de seu todo e onde o diálogo sistêmico dessa diversidade (governança socioecológica) se faz necessário para integrar os diferentes interesses e demandas com a finalidade de alcançar objetivos distintos de forma proporcional e equitativa.

COMO O GEODIREITO PODE AUXILIAR NAS AÇÕES JUDICIAIS

A crise ecológica nos revela uma face complexa que denuncia crescentes problemas relacionados ao desenvolvimento e as formas falhas e insustentáveis de sistemas econômicos os quais se mostram inadequados à manutenção equilibrada da vida no Planeta Terra. Efetivamente, tais ideais se conectam a visão de um crescimento sem limites, pertencente a concepção antropocêntrica, que percebe o ser humano apartado do meio natural e fragmenta a Natureza como um bem apropriável a fim de subtrair benefícios e satisfazer as necessidades humanas. Por sua vez, tal sistemática se alicerça em uma perspectiva distorcida do papel dos indivíduos como donos universais da Terra, sustentada por uma hipotética autorização para a depredação massiva das riquezas planetárias sem respeito algum por sua importância e valores intrínsecos (Benjamin, 2021). Isso tem levado os ecossistemas à exaustão, trazendo como consequência o colapso ambiental.

Ante aos desafios ambientais, cada vez mais crescentes e constantes, em escala mundial, faz-se necessário encontrar alternativas que viabilizem uma melhor gestão territorial a fim de contribuir na preservação do meio ambiente, incentivando um crescimento alicerçado em valores ecologicamente equilibrados e socialmente responsáveis. Neste cenário insere-se o geodireito que se constitui no ramo de estudo que conecta a ciência jurídica e a geográfica, onde

a partir dessa junção de conhecimentos interdisciplinares, é possível analisar com alto grau de certeza os conflitos (sociais, ambientais, urbanos) dentro de um espaço.

Segundo o Milton Santos, “a definição do espaço é tarefa das mais difíceis e que tem desafiado os especialistas das respectivas disciplinas explicativas e normativas, desde a geografia à planificação territorial” (Santos, 1988, p. 111), sendo formado por dois componentes interativos:

O espaço é formado por dois componentes que interagem continuamente:

- a) a configuração territorial, isto é, o conjunto de dados naturais, mais ou menos modificados pela ação consciente do homem, através dos sucessivos “sistemas de engenharia”;
- b) a dinâmica social ou o conjunto de relações que definem uma sociedade em um dado momento (Santos, 1988, p. 111).

A incidência dos sucessivos sistemas de engenharia sobre o meio ambiente forma a configuração territorial e este processo de modificação do natural pelo homem dá-se conforme a dinâmica social, que reflete as relações econômicas em sociedade.

O espaço é a principal preocupação do direito geodireito e, como conjunto de regras ordenadoras que é, terá por função regular os sistemas de engenharia, conforme a dinâmica social, de forma a garantir configurações territoriais que mantenham espaços que visem o bem-estar social.

Em síntese, procura-se harmonizar interesses individuais, sociais e difusos de forma a possibilitar a criação de espaços cujas condições ambientais garantam a sadia qualidade de vida.

De forma pragmática, a instrumentalização do geodireito dá-se por meio do emprego de dados obtidos por sensoriamento remoto (e.g., fotografias aéreas, imagens de satélite e qualquer dado amostral que possa ser georreferenciado) os quais permitem planejar o ordenamento do território, bem como acompanhar a efetividade das normas ambientais que disciplinam as relações entre a dinâmica social e o território.

Por meio da análise dos dados coletados por sensoriamento remoto é possível produzir uma visão geoespacializada de um determinado espaço e confrontar a realidade fática (paisagem) com os preceitos normativos da norma jurídica que se pretende avaliar a efetividade. No âmbito processual, a integração das técnicas das ciências

naturais e jurídicas, estruturadas no geodireito, possibilita às partes e ao julgador observar a dinâmica dos fatos de forma mais verossímil, de forma a contribuir para decisões judiciais mais assertivas.

Nesse sentido, o Conselho Nacional de Justiça (CNJ) recomenda a utilização de dados de sensoriamento remoto e de informações obtidas por satélite, em conjunto com os demais elementos do contexto probatório, quando for necessário para a instrução probatória de ações ambientais cíveis e criminais (cf. Recomendação n.º 99, de 21.05.2021).

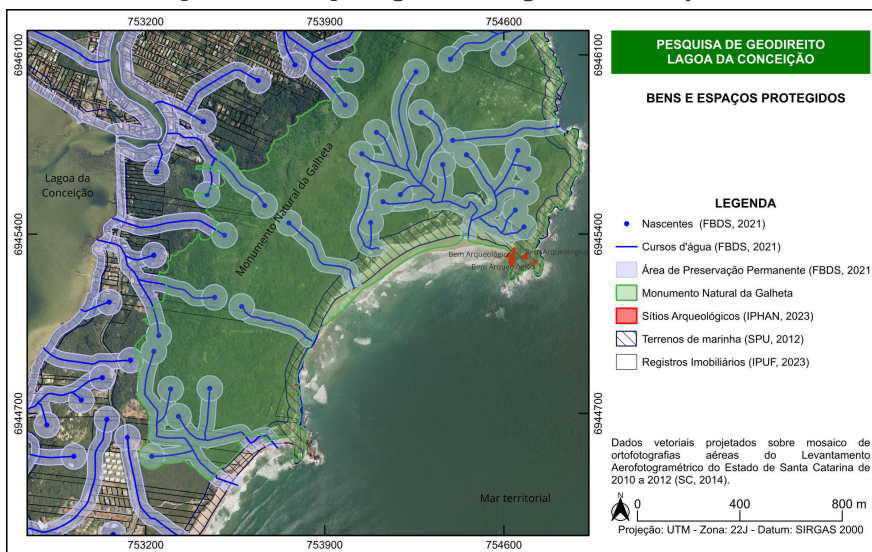
Sobre o tema, Belchior, Viana e Leite (2021) mencionam que a Recomendação do CNJ enfatiza a utilização de dados de sensoriamento remoto bem como de informações obtidas por satélites para validarem e orientarem a instrução probatória dos processos concernentes ao meio ambiente. Neste sentido explicam os autores:

O CNJ, como órgão fiscalizador e normatizador dos atos praticados pelo Poder Judiciário, elenca, dentre outros motivos, uma série de justificativas de relevância para o tema da qualificação da prova em ações ambientais, num exemplo, o consagrado direito-dever ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, as diretrizes em prol da proteção ambiental, previstas na Política Nacional de Meio Ambiente (Lei n.º 6.938/1981) e na Lei Complementar n.º 140/2011, e a relevância dos Objetivos 13 e 15 de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU). A recomendação enfatiza, ainda, a pertinência e a relevância das medidas para o incremento das políticas Públicas direcionadas ao Direito Ambiental no âmbito do Poder Judiciário e a necessidade de utilização de meios tecnológicos e inovadores para a tutela do meio ambiente, em decorrência da dimensão continental do Território brasileiro (Belchior; Viana; Leite, 2021).

Assim, a Resolução do CNJ vem a albergar a importância inclusiva da utilização de novas técnicas para uma melhor aplicabilidade e efetividade das normas de proteção ambiental, além de enfatizar a relevância de um modelo de governança sistêmica e transdisciplinar para a dissolução dos dilemas socioecológicos. Tal recomendação fortalece na lei brasileira a pertinência da tecnologia na colaboração de projetos políticos que se estruturam a partir de estudos mais assertivos, tanto no que se refere a implementação de ações mais ecologicamente equilibradas como na fiscalização daquelas medidas já realizadas.

As informações advindas da utilização do geodireito ainda são pertinentes e relevantes para o incremento das *políticas públicas* na medida em que auxiliam a melhor regulação legislativa e administrativa dos territórios. A partir do levantamento de dados geográficos e jurídicos é possível avaliar e realizar a gestão dos locais desejados de modo a auxiliar a fiscalização e viabilizar a aplicabilidade das políticas existentes para o território em questão. O geodireito então contribui para o desenvolvimento de cidades inteligentes, as chamadas “*smart cities*” onde o monitoramento geotecnológico aliado ao estudo jurídico contribui para a efetivação de políticas mais assertivas. A fiscalização, o monitoramento e a gestão são características essenciais para garantir o cumprimento regular da governança de territórios, por isso a utilização de meios tecnológicos além de inovarem, contribuem para a tutela do meio ambiente.

Figura 1 – Exemplo de aplicação de geoinformações para análise de interferências sobre bens e espaços territoriais especialmente protegidos na Lagoa da Conceição.



Fonte: Elaborado pelos Autores a partir de dados referenciados no corpo da figura.

A Figura 1 exemplifica como por meio de fontes diversas de dados geomáticos pode-se extrair informações sobre a presença de bens ambientais e espaços territoriais especialmente protegidos em determinado recorte espacial. No caso, apresenta-se parte do distrito da Lagoa da Conceição, com destaque às áreas vizinhas do setor

sul do Monumento Natural da Galheta, unidade de conservação municipal, com os locais com indicativo de ocorrência de áreas de preservação permanente (entorno de nascentes e cursos d'água), sítios arqueológicos, terrenos de marinha e o registro imobiliário municipal. Cada um destes espaços encontra-se sujeito a um regime jurídico específico, o qual pode ser espacializado para fins de análise. Em outras palavras, é possível a partir do geodireito avaliar a *efetividade espacial da norma jurídica*.

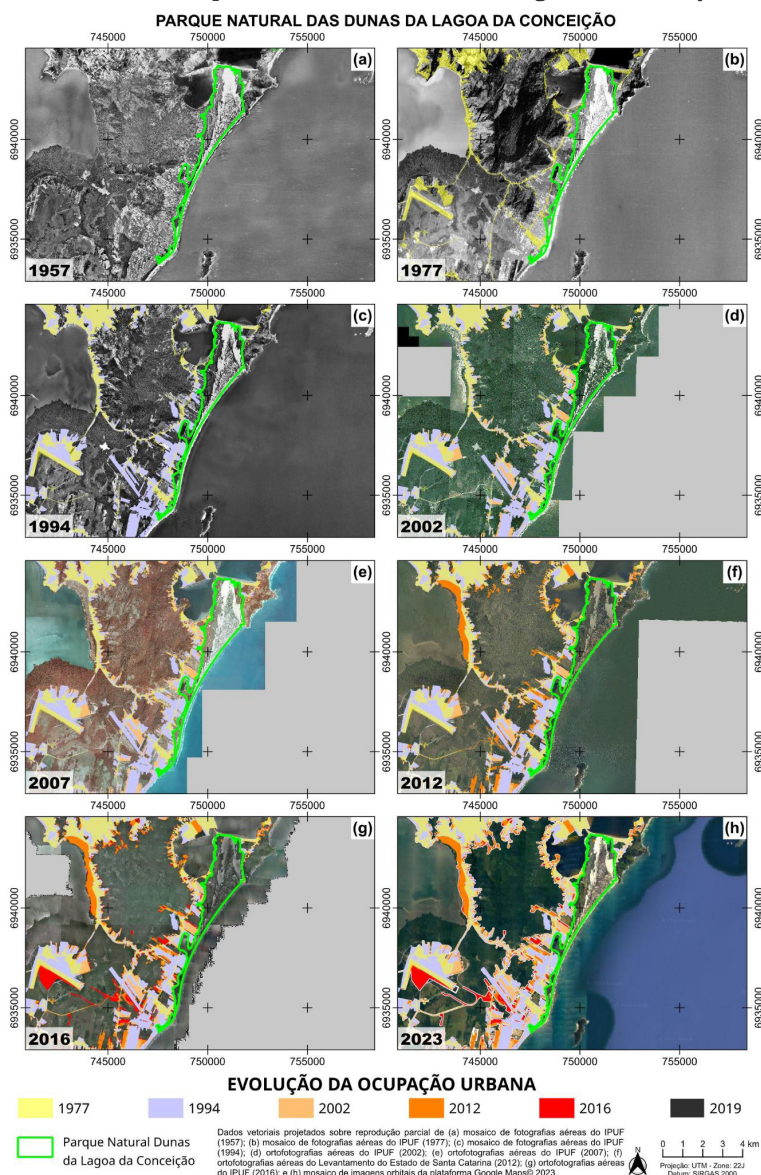
Outro exemplo de aplicação de dados geomáticos por meio do geodireito é avaliar a correlação entre as alterações da paisagem natural pelas ações antrópicas e a efetividade da norma jurídica no tempo e no espaço, cuja técnica é útil e necessária para fins de identificação de passivos ambientais e garantir efetividade ao princípio da imprescritibilidade do dano ambiental. Como exemplo, observe-se na Figura 2 a série temporal de fotografias aéreas históricas do espaço atualmente considerado como Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, localizado em Florianópolis/SC.

As imagens foram coletadas no banco de dados do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF), Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SIGSC) e da plataforma Google Maps®, e permitem observar as alterações do uso do solo no período compreendido entre os anos de 1957 e 2023. As imagens revelam o crescimento urbano no decorrer dos anos no entorno da unidade de conservação (zona protegida por lei) e também demonstram o agravamento da degradação ambiental, especialmente na faixa nordeste próxima a zona litorânea. A urbanização acentuada trouxe impactos ao Parque que sofre com o desmatamento do ecossistema de restinga, além de problemas que envolvem a ausência ou ineficiência do sistema de coleta e tratamento sanitário local. A área em análise possui proteção legal desde 1975 e as imagens demonstram que o crescimento urbano não foi acompanhado de uma infraestrutura adequada e capaz de conciliar a preservação dos bens ambientais e o desenvolvimento da cidade.

Os métodos fornecidos pelas ciências naturais para análises espaçotemporais, aliados às técnicas da ciência jurídica, constituem excelente forma de contribuir na governança local permitindo diagnósticos precisos para problemas socioambientais. As imagens aqui trazidas são exemplos da utilização do geodireito para avaliar questões da aplicação e respeito às normas legais no território. São dados que permitem estabelecer políticas públicas para melhor gerenciar o território e planejar intervenções administrativas necessárias para

melhoria da qualidade ambiental, bem como são essenciais para auxiliar na instrução probatória de processos jurisdicionais ambientais e proporcionar decisões judiciais mais assertivas.

Figura 2 – Evolução espaçotemporal da ocupação urbana no entorno do Parque Natural das Dunas da Lagoa da Conceição.



Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados referenciados no corpo da figura.

APLICAÇÕES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO GEODIREITO PARA INSTRUÇÃO DE AÇÕES CIVIS PÚBLICAS ESTRUTURAIS

A ACP Estrutural da Lagoa da Conceição visa, entre outros objetivos, a instituição de uma Câmara Judicial de Proteção da Lagoa da Conceição CJ-PLC a qual tem como finalidade assessorar o Juízo com medidas estruturantes para garantir uma governança pautada em valores socioambientais e evitar o colapso dos recursos ambientais tutelados. A ideia basilar para criação da Câmara foi garantir a proteção integrada de toda bacia hidrográfica daquele corpo hídrico, criar oportunidades para o diálogo sistêmico e ao mesmo tempo ecologizante, objetivando o reconhecimento da LC como sujeito de direitos. Assim, é um trabalho integralmente amparado nos ditames a que se norteiam o Direito Ecológico.

A Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição possui aproximadamente 7.382 ha, enquanto que a área total objeto da ACP Estrutural abrange todos os distritos administrativos que interferem diretamente na qualidade ambiental da LC e ecossistemas costeiros associados (Lagoa da Conceição, Barra da Lagoa, Campeche e Rio Vermelho), formando um espaço geográfico de 12.292 ha.

Devido ao tamanho, à complexidade e à dinâmica dos ecossistemas a serem avaliados na instrução da ACP Estrutural, a produção de provas por técnicas pontuais, baseadas somente em vistorias pode não ser suficiente para suprir a demanda de informações ambientais exigida pela CJ-PLC, que precisam ser espacialmente abrangentes, frequentes, atuais e precisas, bem como fornecer dados para acompanhamento eficiente dos indicadores de melhoria da qualidade ambiental.

Nas ciências ambientais, o sensoriamento remoto tem sido o método preponderantemente utilizado para obtenção de informações de grandes espaços geográficos, as quais por meio do geoprocessamento fornecem dados que subsidiam análises espaçotemporais de variáveis ambientais, com eficiência significativa em termos de custo, frequência (resolução temporal) e confiabilidade espacial.

Atualmente, o emprego dos dados de sensoriamento remoto é recomendado pelo Conselho Nacional de Justiça (CNJ) para a instrução probatória de ações ambientais cíveis e criminais, em conjunto com os demais elementos do contexto probatório (Recomendação do CNJ n.º 99, de 21.5.2021). No mesmo sentido, o Conselho Nacional do Ministério Público, por meio da Recomendação do CNMP n.º 104, de 12.9.2023, também recomenda o emprego de dados de sensoria-

mento remoto e de sistemas e plataformas de informações obtidas por satélite, para a defesa mais moderna e eficiente do meio ambiente, em procedimentos extrajudiciais.

O sensoriamento remoto consiste nas atividades de gravação, observação e percepção de dados de objetos ou eventos distantes sem contato direto (Konecny, 2002; Weng, 2009a).

Como método para fins de investigações forenses, historicamente, o sensoriamento remoto tem fornecido fotografias aéreas, mapeamentos topográficos, imagens de satélite e sistemas de posicionamento global (Pringle *et al.*, 2012), possibilitando a realização de estudos de sítios do patrimônio cultural (Banerjee; Srivastava, 2013), processos erosivos (Vrieling, 2006), superfícies impermeáveis em área urbana (Weng, 2012), mapeamento de solo e terreno (Mulder *et al.*, 2011), qualidade e cobertura do solo (Obade; Lal, 2013), clima e condições ambientais do meio ambiente urbano (Weng, 2009b; Du *et al.*, 2014), estudos regionais e planejamento urbano (Patino; Duque, 2013; Chauhan *et al.*, 2014), qualidade do ar (Martin, 2008; Bechle; Millet; Marshall, 2013), monitoramento de desmatamentos e outros danos ambientais (Brilis; Gerlach; Waasbergen, 2000; Brilis *et al.*, 2001; Trauczynski; Fantini, 2014; Souza *et al.*, 2021), identificação e gestão de espaços territoriais especialmente protegidos (Soares-Filho *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2019; Figueiroa *et al.*, 2020), entre outras finalidades.

Além dos dados obtidos por satélites, o sensoriamento remoto também incorpora dados produzidos *in situ* (e.g., análises de amostras de água e do solo e observação da fauna e flora locais) e por meio de câmeras e sensores aerotransportados em veículos aéreos não tripulados – VANT (Yao; Qin; Chen, 2019; Sivakumar; Tyj, 2021), cujo emprego está cada vez mais comum nos órgãos de fiscalização ambiental e em perícias forenses.

Até recentemente, os sistemas de sensoriamento remoto mais dispendiosos, em regra, também eram aqueles que permitiam maior resolução, mas com baixa resolução temporal. Atualmente, o uso de VANT para sensoriamento remoto apresenta um novo paradigma, pelo fato de permitir a coleta de dados com altas resoluções em curtos períodos de repetibilidade, devido ao seu baixo custo e alta mobilidade. O mesmo tem sido observado após a implementação de novas constelações de nanossatélites.

Conforme se pode observar, para fins dos arts. 473, III, e 479, do CPC, o sensoriamento remoto é considerado um método predominantemente aceito pelos especialistas das diversas áreas do conhe-

cimento envolvidos com as ciências ambientais, o qual, respeitadas as limitações inerentes à técnica específica empregada e os demais elementos probatórios disponíveis, tem a capacidade de tornar mais efetivo e assertivo o cumprimento de decisões judiciais em matéria ambiental, principalmente em um país com dimensões continentais como o Brasil.

A elevada quantidade de dados espaciais produzidos atualmente exige grande esforço de processamento, tornando necessário o emprego de novos métodos para análise de dados ambientais. A inteligência artificial é um campo multidisciplinar fornecedor de métodos que permitem a automatização e avanços significativos no processo de sensoriamento remoto ambiental.

A tendência atual é que o emprego de grande volumes de dados e as técnicas de inteligência artificial aplicadas ao sensoriamento remoto estejam disponíveis não somente para os cientistas tradicionais, mas para todos aqueles que não têm acesso à supercomputadores ou recursos de computação em nuvem em grande escala, como o caso do Google Earth Engine, que é uma plataforma baseada em nuvem para análise geoespacial em escala planetária que utiliza os enormes recursos computacionais da empresa Google Inc. para lidar com uma variedade de questões de alto impacto social, tais como: desmatamento, seca, desastres, doenças, segurança alimentar, gestão de água, monitoramento climático, mapeamento urbano, alterações no uso da terra, proteção ambiental, entre outros (Gorelick *et al.*, 2017).

As principais aplicações da inteligência artificial na área ambiental têm utilizado-se da técnica de aprendizagem de máquina profunda (*deep machine learning*) em casos envolvendo análise de alterações no uso da terra (e.g., ocupação de áreas protegidas, destruição de ecossistemas, recuperação de áreas degradadas), parâmetros da vegetação, produção agrícola, aerossóis, matéria particulada, radiação, temperatura, precipitação, umidade do solo, evapotranspiração, emissões de gases e concentração de certas substâncias em corpos hídricos, entre outras variáveis ambientais (Yuan *et al.*, 2020; Zhang; Zhang, 2022).

As ações cíveis, em sua maioria, têm por objeto a proteção de bens e espaços territoriais protegidos e podem ter sua efetividade garantida pelo meio do emprego de métodos para detecção de mudanças na cobertura do solo (*land cover change detection* – LCCD), por meio de dados de altíssima resolução, as quais permitem capturar detalhes de um objeto terrestre e oferecer uma oportunidade

para detectar detalhadamente mudanças na cobertura do solo (Lv *et al.*, 2022).

É o caso da ACP Estrutural da Lagoa da Conceição, cujo monitoramento da melhoria da qualidade ambiental da área objeto da ação necessita de análises complexas de dados ambientais históricos e atuais, de fontes diversas, cujos resultados necessitam ser apresentados às partes do processo, tomadores de decisão e ao público em geral de forma clara e intuitiva.

No Brasil, persiste o abismo entre a ciência e os tomadores de decisões, que necessita ser reduzido por meio de *cientistas translacionais*, que estabeleçam o diálogo e facilitem a compreensão do conhecimento científico às autoridades, gestores e formadores de políticas Públicas (Azevedo-Santos *et al.*, 2017; Karam-Gemael *et al.*, 2018; Grasel *et al.*, 2018a; Grasel *et al.*, 2018b; Grasel *et al.*, 2019).

Neste sentido, a partir da experiência adquirida com as análises espaciais aplicadas à análise de conformidade jurídica do território, o Grupo de Pesquisa Direito Ambiental e Ecologia Política na Sociedade de Risco GPDA/UFSC em parceria com o Observatório de Justiça Ecológica OJE/UFSC, de modo pioneiro, desenvolve pesquisa relacionada ao geodireito com o fomento da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina/FAPESC.

Encontra-se em desenvolvimento um *Webportal* (Figura 3), atualmente hospedado em <https://geodireitolagoa.ufsc.br/>, que manterá um sistema de informação geográfica abastecido por um banco de dados espaciais, além de espaço para divulgação de notícias, projetos de pesquisa, publicações científicas, eventos e trabalhos de campo realizados na Lagoa da Conceição e relacionados ao tema do geodireito.

O sítio, ainda em construção, proporcionará um mapa interativo aberto ao público (Figura 4), que concentrará os dados espaciais coletados, onde o usuário poderá interagir para poder coletar informações acerca de uma área do seu interesse e observar as alterações da paisagem a partir de fotografias e imagens de satélite organizadas temporalmente, a fim de compreender a evolução do uso do solo ao longo dos anos e seus impactos sobre bens e espaços ambientais especialmente protegidos.

Figura 3 – Página principal do *Webportal* em desenvolvimento para reunir os resultados da Pesquisa de Geodireito na Lagoa da Conceição.



Figura 4 – Mapa interativo de dados da Pesquisa de Geodireito na Lagoa da Conceição.



Fonte: <https://geodireitolagoa.ufsc.br/>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Ação Civil Pública Estrutural da Lagoa da Conceição, utilizada como estudo de caso, demonstra como a união de conhecimentos multidisciplinares entre as ciências geográfica e jurídica, por meio do Geodireito, é capaz de fornecer elementos para a realização de um diagnóstico que compreenda e estabeleça soluções para problemas complexos relacionados ao meio ambiente, contribuindo para evitar o colapso dos recursos ambientais tutelados.

Procurou-se demonstrar que com a criação de uma visão geoespacializada de um determinado espaço geográfico é possível ampliar as suas noções sociais, urbanísticas, ambientais e assim avaliar de modo mais assertivo e detalhado quais as problemáticas existentes nesse contexto. No caso em comento, intenta-se auxiliar juridicamente o processo estrutural do caso da Lagoa da Conceição, fornecendo supedâneo geográfico e jurídico advindos das ferramentas do geodireito que resultaram na produção de cartografia e mapas, elaborados para esse estudo, bem como se proporcionará um banco de dados on-line no âmbito do projeto desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa Direito Ambiental e Ecologia Política na Sociedade de Risco GPDA/UFSC em parceria com o Observatório de Justiça Ecológica OJE/UFSC, qual seja, a produção da plataforma de pesquisa de geodireito na Lagoa da Conceição.⁵

Neste contexto de iminente crise ecológica, exige-se cada vez mais, a necessidade de uma análise mais aprofundada acerca dos dados territoriais ambientais, múltiplos, variáveis e diversos, produzidos por sensoriamento remoto ou por aquisição *in situ*. Além disso, enfatiza-se que essa avaliação deve ser espacialmente abrangente, frequente, atual e precisa, bem como fornecer dados para acompanhamento eficiente dos indicadores de melhoria da qualidade ambiental.

A inteligência artificial aplicada ao Geodireito permite a automatização das análises de dados ambientais e proporciona avanços significativos no processo de sensoriamento remoto ambiental. Respeitadas as limitações inerentes à técnica específica empregada em cada caso e os demais elementos probatórios disponíveis, seu emprego tem a capacidade de tornar mais efetivo e assertivo o cumprimento de decisões judiciais em matéria ambiental, principalmente em um país com dimensões continentais como o Brasil.

A experiência adquirida com as análises espaciais aplicadas à análise de conformidade jurídica do território, no âmbito do

5 O projeto possui fomento da FAPESC e visa reunir ações de recuperação ambiental na Lagoa da Conceição. Está hospedado no seguinte endereço: <https://geodireitolagoa.ufsc.br>.

GPDA/UFSC em parceria com o OJE/UFSC, permitem afirmar que o Geodireito é uma importante ferramenta para auxílio na instrução de procedimentos e processos judiciais ambientais, fornecendo informações espaçotemporais precisas sobre a realidade fática ambiental, de forma a permitir maior assertividade e efetividade à tutela do direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO-SANTOS, Valter M. *et al.* Removing the abyss between conservation science and policy decisions in Brazil. **Biodiversity and Conservation**, Springer, v. 26, n. 7, p. 1745-1752, fev. 2017. ISSN 1572-9710. DOI: 10.1007/s10531-017-1316-x.
- BANERJEE, Ruman; SRIVASTAVA, Prashant K. Reconstruction of contested landscape: Detecting land cover transformation hosting cultural heritage sites from Central India using remote sensing. **Land Use Policy**, Elsevier, v. 34, p. 193-203, set. 2013. ISSN 0264-8377. DOI: 10.1016/j.landusepol.2013.03.005.
- BARBOSA, Tereza Cristina Pereira. Ecolagoa: Um Breve Documento sobre a Ecologia da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição. Florianópolis: Pallotti, 2003.
- BECHLE, Matthew J.; MILLET, Dylan B.; MARSHALL, Julian D. Remote sensing of exposure to NO₂: Satellite versus ground-based measurement in a large urban area. **Atmospheric Environment**, Elsevier, v. 69, p. 345-353, abr. 2013. ISSN 1352-2310. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2012.11.046.
- BELCHIOR, Germana Parente Neiva; VIANA, Iasna Chaves; LEITE, José Rubens Morato. Instrumentos da geoinformação na responsabilidade por danos ambientais. **Revista de Direito Ambiental**, n. 104, p. 325-350, out./dez. 2021.
- BENJAMIN, Antonio Herman. Laudato si', ecologização da justiça social e o juiz planetário. **REI – Revista Estudos Institucionais**, v. 7, n. 2, p. 560-570, ago. 2021. ISSN 2447-5467. DOI: 10.21783/rei.v7i2.651.
- BRILIS, George M.; GERLACH, Clare L.; WAASBERGEN, Robert J. van. Remote Sensing Tools Assist in Environmental Forensics. Part I: Traditional Methods. **Environmental Forensics**, Elsevier, v. 1, n. 2, p. 63-67, jun. 2000. ISSN 1527-5930. DOI: 10.1006/enfo.2000.0009.

- BRILIS, George M. *et al.* Remote Sensing Tools Assist in Environmental Forensics: Part II – Digital Tools. **Environmental Forensics**, Elsevier, v. 2, n. 3, p. 223-229, set. 2001. ISSN 1527-5922. DOI: 10.1006/enfo.2000.0033.
- CHAUHAN, Inshu *et al.* A New Approach to 3D Dense LiDAR Data Classification in Urban Environment. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, Springer, v. 42, n. 3, p. 673-678, fev. 2014. ISSN 0974-3006. DOI: 10.1007/s12524-013-0354-4.
- DU, Peijun *et al.* Remote Sensing Image Interpretation for Urban Environment Analysis: Methods, System and Examples. **Remote Sensing**, v. 6, n. 10, p. 9458-9474, out. 2014. ISSN 2072-4292. DOI: 10.3390/rs6109458.
- FIGUEIROA, Apoena Calixto *et al.* How to choose the best category for a protected area? A multicriteria analysis method based on ecosystem services conservation. **Environmental Monitoring and Assessment**, Springer, v. 192, n. 7, jun. 2020. ISSN 1573-2959. DOI: 10.1007/s10661-020-08333-y.
- FLORIANÓPOLIS. **Noções básicas do turismo**. Florianópolis: 2009. Disponível em: http://portal.pmf.sc.gov.br/arquivos/documentos/pdf/11_11_2009_12.49.07.432d004c9d8ab2ee-89f865e5710b8bd7.pdf. Acesso em: 17 jun. 2023.
- GORELICK, Noel *et al.* Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, Elsevier, v. 202, p. 18-27, dez. 2017. ISSN 0034-4257. DOI: 10.1016/j.rse.2017.06.031.
- GRASEL, Daniel *et al.* Brazil's Native Vegetation Protection Law Jeopardizes Wetland Conservation: A Comment on Maltchik *et al.* **Environmental Conservation**, Cambridge University Press, v. 46, n. 2, p. 121-123, jan. 2019. ISSN 1469-4387. DOI: 10.1017/s0376892918000474.
- GRASEL, Daniel *et al.* Brazilian wetlands on the brink. **Biodiversity and Conservation**, Springer, v. 28, n. 1, p. 255-257, nov. 2018a. ISSN 1572-9710. DOI: 10.1007/s10531-018-1666-z.
- GRASEL, Daniel *et al.* Brazil's Native Vegetation Protection Law threatens to collapse pond functions. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Elsevier, v. 16, n. 4, p. 234-237, out. 2018b. ISSN 2530-0644. DOI: 10.1016/j.pecon.2018.08.003.
- KARAM-GEMAEL, Manoela *et al.* Poor alignment of priorities between scientists and policymakers highlights the need for

- evidence-informed conservation in Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Elsevier, v. 16, n. 3, p. 125-132, jul. 2018. ISSN 2530-0644. DOI: 10.1016/j.pecon.2018.06.002.
- KONECNY, Gottfried. **Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information Systems**. Boca Raton, Florida, EUA: CRC Press, 2002. ISBN 0-415-23795-5.
- LEITE, José Rubens Morato (coord.). **A ecologização do direito ambiental vigente: rupturas necessárias**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2018.
- LEITE, José Rubens Morato; SILVEIRA, Paula Galbiatti. A Ecologização do Estado de Direito: uma Ruptura ao Direito Ambiental e ao Antropocentrismo Vigentes. *In*: LEITE, José Rubens Morato (coord.). **A Ecologização do Direito Ambiental Vigente: rupturas necessárias**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2018. p. 101-142.
- LEITE, José Rubens Morato; SILVEIRA, Paula Galbiatti. A Ecologização do Estado de Direito: uma Ruptura ao Direito Ambiental e ao Antropocentrismo Vigentes. *In*: LEITE, José Rubens Morato (coord.). **A Ecologização do Direito Ambiental Vigente**. Rio de Janeiro: Lumen Juris Direito, 2020. p. 101-143.
- LV, Zhiyong *et al.* Land Cover Change Detection Techniques: Very-high-resolution optical images: A review. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine**, v. 10, n. 1, p. 44-63, mar. 2022. ISSN 2373-7468. DOI: 10.1109/mgrs.2021.3088865.
- MARTIN, Randall V. Satellite remote sensing of surface air quality. **Atmospheric Environment**, Elsevier, v. 42, n. 34, p. 7823-7843, nov. 2008. ISSN 1352-2310. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.07.018.
- MULDER, V. L. *et al.* The use of remote sensing in soil and terrain mapping — A review. **Geoderma**, Elsevier, v. 162, n. 1-2, p. 1-19, abr. 2011. ISSN 0016-7061. DOI: 10.1016/j.geoderma.2010.12.018.
- OBADÉ, Vincent Paul de; LAL, Rattan. Assessing land cover and soil quality by remote sensing and geographical information systems (GIS). **CATENA**, Elsevier, v. 104, p. 77-92, maio 2013. ISSN 0341-8162. DOI: 10.1016/j.catena.2012.10.014.
- PATINO, Jorge E.; DUQUE, Juan C. A review of regional science applications of satellite remote sensing in urban settings. **Computers, Environment and Urban Systems**, Elsevier, v. 37, p. 1-17, jan. 2013. ISSN 0198-9715. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2012.06.003.

- PRINGLE, J. K. *et al.* The use of geoscience methods for terrestrial forensic searches. **Earth Science Reviews**, Elsevier, v. 114, n. 1-2, p. 108-123, ago. 2012. ISSN 0012-8252. DOI: 10.1016/j.earscirev.2012.05.006.
- SANCHES, Luiz Antonio Ugeda. Geodireito e a Construção Geográfica-Cartográfica como Instrumento de Política Pública no Setor de Energia Elétrica. **Tempo – Técnica – Território**, v. 5, n. 2, p. 58-79, 2014. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/ciga/article/view/15396>. Acesso em: 28 jun. 2023.
- SANCHES, Luiz Antonio Mano Ugeda. **Geodireito e a geografia de estado no Brasil**. 2014. 362 f. 2014. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de Brasília. Brasília, 2014. Disponível em: http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/18121/3/2014_LuizAntonioManoUgedaSanches.pdf. Acesso em: 20 maio 2023.
- SANCHES, Luiz Antonio Mano Ugeda. O que é o geodireito? **Migalhas**. 9 mar. 2010. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/depeso/103305/o-que-e-o-geodireito>. Acesso em: 2 ago. 2020.
- SANTOS, Boaventura de Sousa. Uma Cartografia Simbólica das Representações Sociais: Prolegômenos a uma concepção pós-moderna do direito. **Revista Crítica de Ciências Sociais**. Coimbra, n. 24, mar. 1988. Disponível em: https://www.boaventuradesousasantos.pt/media/pdfs/Cartografia_simbolica_RCCS24.PDF. Acesso em: 24 mar. 2023.
- SANTOS, Milton. **Metamorfoses do espaço habitado**: fundamentos teórico e metodológico da geografia. São Paulo: Hucitec, 1988. 124 p. (Geografia: teoria e realidade). ISBN 85-271-0068-1.
- SIVAKUMAR, Mithra; TYJ, Naga Malleswari. A Literature Survey of Unmanned Aerial Vehicle Usage for Civil Applications. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 13, 2021. ISSN 2175-9146. DOI: 10.1590/jatm.v13.1233.
- SOARES-FILHO, B. *et al.* Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, American Association for the Advancement of Science (AAAS), v. 344, n. 6182, p. 363-364, abr. 2014. DOI: 10.1126/science.1246663.
- SOUZA, K. I. S. de *et al.* Proteção ambiental de nascentes e afloramentos de água subterrânea no Brasil: histórico e lacunas técnicas atuais. **Águas Subterrâneas**, v. 33, n. 1, p. 76-86, mar. 2019. DOI: 10.14295/ras.v33i1.29254.

- SOUZA, K. I. S. de *et al.* Environmental damage of urbanized stream corridors in a coastal plain in Southern Brazil. **Ocean & Coastal Management**, Elsevier, v. 211, p. 105739, out. 2021. ISSN 0964-5691. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2021.105739.
- TRAUCZYNSKI, Romão Alberto; FANTINI, Alfredo Celso. Casuística de perícias criminais em delitos contra a flora em Santa Catarina: áreas de preservação permanente impactadas. **Revista Brasileira de Criminalística**, Associação Brasileira de Criminalística - ABC, v. 3, n. 2, p. 7-10, nov. 2014. ISSN 2237-3691. DOI: 10.15260/rbc.v3i2.53.
- VRIELING, Anton. Satellite remote sensing for water erosion assessment: A review. **CATENA**, Elsevier, v. 65, n. 1, p. 2-18, jan. 2006. ISSN 0341-8162. DOI: 10.1016/j.catena.2005.10.005.
- WENG, Qihao. **Remote Sensing and GIS Integration: Theories, Methods, and Applications**. Nova York: McGraw Hill, 9 nov. 2009a. 416 p.
- WENG, Qihao. Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. **Remote Sensing of Environment**, Elsevier, v. 117, p. 34-49, fev. 2012. ISSN 0034-4257. DOI: 10.1016/j.rse.2011.02.030.
- WENG, Qihao. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Elsevier, v. 64, n. 4, p. 335-344, jul. 2009b. ISSN 0924-2716. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2009.03.007.
- YAO, Huang; QIN, Rongjun; CHEN, Xiaoyu. Unmanned Aerial Vehicle for Remote Sensing Applications – A Review. **Remote Sensing**, v. 11, n. 12, p. 1443, jun. 2019. ISSN 2072-4292. DOI: 10.3390/rs11121443.
- YUAN, Qiangqiang *et al.* Deep learning in environmental remote sensing: Achievements and challenges. **Remote Sensing of Environment**, Elsevier, v. 241, p. 111716, maio 2020. ISSN 0034-4257. DOI: 10.1016/j.rse.2020.111716.
- ZHANG, Lefei; ZHANG, Liangpei. Artificial Intelligence for Remote Sensing Data Analysis: A review of challenges and opportunities. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine**, v. 10, n. 2, p. 270-294, jun. 2022. ISSN 2373-7468. DOI: 10.1109/mgrs.2022.3145854.