

**ANÁLISE DESCRITIVA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS E A UTILIZAÇÃO DAS GEOCIÊNCIAS NESSE CONTEXTO: UMA REVISÃO**

DESCRIPTIVE ANALYSIS OF SURFACE AND GROUNDWATER AND THE USE OF GEOSCIENCES IN THIS CONTEXT: A REVIEW

**Gabriel Coutinho Maciel Mendes**

IF Goiano Campus Rio Verde, Mestrando em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade  
Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural, Rio Verde - GO, Brasil, CEP: 75.901-970  
E-mail: mendesengambiental@gmail.com

**Leonardo Reginaldo Pereira**

IF Goiano Campus Rio Verde, Mestrando em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade  
Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural, Rio Verde - GO, Brasil, CEP: 75.901-970  
E-mail: leonardoreginaldopereira@gmail.com

**Suiaine Ridan Pires de Melo**

IF Goiano Campus Rio Verde, Mestranda em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade  
Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural, Rio Verde - GO, Brasil, CEP: 75.901-970  
E-mail: suiaineridan@gmail.com

## Resumo

As águas superficiais e subterrâneas são recursos indispensáveis para as atividades humanas, pois podem servir tanto como fontes de abastecimento quanto como insumos para atividades produtivas, entre outros. No entanto, à medida que os anos passam, com a crescente necessidade de se atender o desenvolvimento da sociedade, nota-se que cada vez mais a exploração e o manuseio desse recurso estão sendo feitos de forma inadequada, trazendo prejuízos não somente para os seres humanos, mas principalmente para o meio ambiente, como por exemplo a poluição. Dessa forma, as geotecnologias apresentam-se como ferramentas de gestão que podem auxiliar tanto no monitoramento, prevenção ou na solução para questões problemáticas que envolvam os corpos hídricos. O objetivo desse artigo foi discorrer sobre as águas superficiais e subterrâneas, relatando inclusive situações sobre os problemas que essas estão submetidas, além de introduzir dentro dessa conjuntura, como podem ser aplicadas as geotecnologias. Para isso, realizou-se um levantamento bibliográfico tendo como prioridade os artigos recentes de diferentes revistas que embasar a discussão, no entanto, ressalta-se que foram utilizadas outras fontes bibliográficas. Dito isso, verificou-se que as informações obtidas nos trabalhos consultados corroboram a situação problemática pela qual passa os recursos hídricos. Ademais, o uso das geotecnologias em diferentes ocasiões, demonstra ser um grande catalisador para auxiliar nos assuntos que envolvam tanto água superficial, quanto subterrânea, desde a prevenção até na remediação de um determinado problema.

**Palavras-chave:** Recurso Hídrico. Revisão Bibliográfica. Geotecnologias.

## Abstract

The water is one of the most indispensable resources for the human activities, because they can be used both as supply and inputs for productive activities. Therefore, as the years go by, with growing need caused by the development of society, it is noticed that the exploration and handling of this resource is being done in an inadequate way, bringing damages not only to human beings, but mainly for the environment. Thus, the geotechnologies are being used as management tools that can be helpful in the surveillance, prevention or solution to the issues that involve water resources. The objective of this article was to discourse surface and ground water in the surface, reporting the actual problems that evolve both and introduce how geotechnologies can be used in this context. Thereunto a bibliographic survey took place as priority the most recent articles from different magazines to base the discussion, however other bibliographic sources were used. That said, it was found that the information obtained in the works consulted corroborate the problematic situation through which water resources are passing. In addition, the use of geotechnologies on different occasions proves to be a great catalyst to assist in matters involving both surface and groundwater, starting from prevention or even helping to remediate a particular problem.

**Keywords:** Water Resource. Bibliographic Survey. Geotechnologies.

## 1. Introdução

A ação do homem perante o meio ambiente reflete diretamente na poluição que esse apresenta, pois ao se analisar as causas das alterações das características naturais de um local, como o lançamento de esgoto em corpos hídricos, a contaminação das águas superficiais por produtos químicos, entre outras, uma parte delas, deriva de atividades que são recorrentes no cotidiano do ser humano, como as atividades industriais e a agricultura, por exemplo (SODRÉ, 2012).

Para o caso das águas superficiais, tem-se um paradoxo pois mesmo que essa possa sofrer as consequências das ações humanas, é um recurso indispensável para questões que envolvam a sobrevivência das pessoas, como a produção de alimentos e geração de energia, e com o crescente aumento da população e das cidades, a dependência desse recurso também será cada vez maior, aumentando também os efeitos da ação antrópica, o que demonstra uma necessidade de que haja um uso otimizado desse recurso de acordo com as diferentes áreas em que esse é um elemento fundamental (CANTELLE; LIMA; BORGES, 2018).

Quando se atenta para essa questão da poluição, não são somente as águas superficiais que estão suscetíveis, as águas subterrâneas também podem ser impactadas de forma negativa, pelas atividades humanas. Destaca-se nesse caso algumas atividades e subprodutos que podem interferir na qualidade da água subterrânea, como os postos de combustíveis, através de vazamentos, que contém principalmente hidrocarbonetos (LOPES; SOUZA, 2021)□, o chorume proveniente dos resíduos sólidos, líquido que possui em sua composição variadas substâncias prejudiciais (COSTA; SALDANHA; MONTE, 2020)□, além de atividades relacionadas às indústrias químicas e metalúrgica (IRITANI et al., 2013)□.

No entanto, nesse caso, é importante dizer que é preferível que seja dada maior relevância a mecanismos de prevenção de contaminação, em detrimento de mecanismos de remediação para a contaminação, já que promover a resolução de problemas que envolvam água subterrânea já contaminada, pode apresentar-se mais oneroso e demorado (JESUS; RIYIS; GIACHETI, 2021)□.

Quanto à água subterrânea ainda é importante dizer que possui quantidades disponíveis inferiores para exploração quando comparado com a água superficial, o que só reforça a necessidade de retorquir o pensamento de que mesmo com o uso de forma indevida ou desregada das águas superficiais, ainda existe uma grande reserva subterrânea para ser utilizada (VILLAR, 2016)□.

Contudo, devido aos fatores como expansão demográfica, poluição de águas superficiais, alterações climáticas, gestão ineficiente de recursos hídricos, nota-se que a necessidade do uso dessas águas subterrâneas é crescente culminando muitas vezes numa exploração de forma indevida e sem respeitar os limites da própria fonte de abastecimento (GOMES; SALVADOR; LORENZO, 2021)□. Outro ponto é a questão dos conflitos que podem acontecer principalmente pela escassez da água, mas também em outros casos pela abundância desse mesmo recurso (RIBEIRO; SANTOS; SILVA, 2019).

Uma das formas de se acompanhar no decorrer do tempo a ação antrópica com relação às questões ambientais, é utilizando as geotecnologias. Dois importantes exemplos dessas geotecnologias são o Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), pois esses podem aproximar o máximo possível a realidade de um meio, apresentando as informações do local, através do uso de softwares e hardwares, facilitando a compreensão do usuário□

(AQUINO; VALLADARES, 2013)□. Outros exemplos dessas geotecnologias que podem ser citados são a Aerofotogrametria e o Sistema de Posicionamento Global (GPS) (ZAIDAN, 2017).

Outras vantagens do uso dessas geotecnologias são a não limitação por fatores relacionados as distâncias existentes no território brasileiro, além de poder ser um instrumento de prevenção para potenciais ações negativas do homem em determinados locais (AQUINO; VALLADARES, 2013)□.

Com relação à aplicação dessas geotecnologias, alguns exemplos que podem ser mencionados são o monitoramento da proliferação de algas e verificação de determinados tipos de parâmetros em águas de reservatórios (SOBRAL et al., 2017)□, a utilização para auxiliar a encontrar locais que estejam mais propensos para o aproveitamento da água subterrânea através de poços (AYER; GAROFALO; PEREIRA, 2017)□, ou para auxiliar na condução da análise de aquíferos que estejam mais propensos à contaminação (KEMERICH et al., 2020)□.

Perante o que foi exposto, o objetivo desse artigo é fazer uma abordagem acerca das águas superficiais, englobando seu uso e a poluição, além do panorama das águas subterrâneas com os possíveis conflitos existentes, incorporando a essas discussões, uma correlação com alguns tipos geotecnologias existentes. Para isso, com base num levantamento bibliográfico, discorre-se a priori, sobre as questões envolvendo as águas superficiais e a posteriori, relata-se sobre as águas subterrâneas, em ambos os casos se faz a associação com as geotecnologias, abordando exemplos de como essas podem auxiliar.

## 2. Metodologia

A metodologia utilizada no presente trabalho consistiu em um estudo do tipo revisão integrativa da literatura, com finalidade de reunir e analisar resultados de diferentes pesquisas sobre o uso de geotecnologias aplicadas na gestão de águas superficiais e subterrâneas de maneira sistêmica e ordenada, contribuindo para o aprofundamento do conhecimento do tema investigado. Após a leitura, realizou-se um apanhado geral das conclusões e metodologias dos trabalhos, visando a uniformidade das informações e levantar se as geotecnologias estão sendo utilizadas atualmente de forma satisfatória ou não.

A revisão sobre as águas superficiais utilizou as bases de dados presentes na legislação federal atual, materiais confeccionados por órgãos públicos, no Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Revista Sociedade & Natureza, Revista Brasileira de Geografia Física e Revista Finisterra, Revista Research, Society and Development, Revista Journal of

Environmental Analysis and Progress, Revista Ciência & Educação. Esses veículos de informação foram utilizados como base devido à gratuidade de acesso e levando em consideração o fator de impacto de algumas revistas.

A revisão sobre as águas subterrâneas teve como principal embasamento trabalhos desenvolvidos para avaliar o cenário atual de conflitos pelo uso da água e trabalhos que enfatizam a utilização do geoprocessamento como ferramenta de gestão e estudos de aquíferos. Dentre as revistas utilizadas para compor a revisão, as principais foram: Anuário do Instituto de Geociências, Revista de Geografia e Ecologia Política, Águas Subterrâneas, Revista do Instituto de Geociências – USP, Holos Environment, Revista Brasileira de Cartografia e Revista Brasileira de Geografia Física.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 A aplicação das geotecnologias no monitoramento da qualidade da água superficial

A gestão dos recursos hídricos tem se tornado um desafio mundial para os governos devido os problemas relacionados à água. A crescente degradação da qualidade dos cursos hídricos nos últimos anos, têm ocasionado vários problemas de escassez, comprometendo tantos os setores produtivos quanto os setores de abastecimento de água potável para a população que reside nas cidades (MIRANDA et al., 2021).

No Brasil, embora exista uma abundância de água, é um país que possui diversos problemas, sendo os principais a precariedade do saneamento básico, aumento contínuo na demanda para abastecimento das cidades, poluição advinda do descarte incorreto de resíduos sólidos e carências no exercício da legislação (FONSECA et al., 2020).

Em termos legislativos, em 1997 foi instituída no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), através da Lei Federal nº9.433/1997, que atualmente é um dos principais respaldos legislativos brasileiros que estabelece um olhar contemporâneo sobre os recursos hídricos, tratando-os como um recurso de domínio público, natural limitado e dotado de valor econômico. A lei resultou no aumento do controle quantitativo e qualitativo referente à exploração dos corpos hídricos, aliado a um aumento do monitoramento e melhoria na gestão por parte do Poder Público (BRASIL, 1997).

A referida lei traz instrumentos para auxiliar a implementação desses mecanismos de controle, assegurando a qualidade dos corpos hídricos de acordo com seus usos múltiplos, como o Plano de Recursos Hídricos, que orienta a implementação da PNRS e o gerenciamento dos recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água, a Outorga dos Direitos de uso e a Cobrança do Uso, ato administrativo que expressa os termos e as condições mediante as quais o Poder Público permite o uso de recursos hídricos por um prazo determinado, e o

Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, que coleta, trata, armazena e recupera informações sobre os corpos d'água (BRASIL, 1997).

Pelo fato de os recursos hídricos possuírem fronteiras próprias, as bacias hidrográficas são utilizadas para realização de estudos, sendo definidas como uma área delimitada naturalmente, onde a água da precipitação converge seus escoamentos para um único ponto de saída, o exutório. As bacias são delimitadas por divisores topográficos, também conhecidos como divisores de água, sendo estes os pontos mais altos do terreno (topos de morro), formados ao redor de uma rede de drenagem (SOUZA et al., 2021). A sua importância ambiental está relacionada principalmente com a preservação e proteção das nascentes e matas ciliares, sendo possível através das peculiaridades de cada bacia estabelecer a manutenção do equilíbrio entre a conservação e exploração das áreas.

O principal indicador da qualidade ambiental das bacias tem sido as Águas Superficiais, tendo em vista que são as principais receptoras das recargas do ciclo hidrológico. Fatores relacionados, principalmente, ao uso do solo como a utilização excessiva dos recursos hídricos, o desmatamento em áreas protegidas e a introdução de substâncias tóxicas nos ecossistemas aquáticos, vêm aumentando a necessidade de monitoramentos para avaliar e manter a qualidade das águas superficiais (PRATTE-SANTOS; TERRA; AZEVEDO JÚNIOR, 2018).

Diante da grande quantidade de recursos hídricos presentes no território nacional, surge a necessidade de utilizar ferramentas que possibilitem o tratamento de dados de uma forma mais ágil. Neste contexto, surgem as Geotecnologias, que tem sido utilizadas como ferramentas para estudo de bacias hidrográficas, possibilitando uma análise temporal e visão espacial da problemática ambiental das regiões de estudo (LIMA, 2006).

A crescente necessidade de ocupação de espaços naturais desencadeou a transformação dos mesmos visando a urbanização ou extração de energia e insumos, podendo gerar impactos. Sendo assim, a Geociência estuda dados geoantropológicos para disponibilizar análises ambientais, e contribuir nas decisões relacionadas aos recursos físicos e socioeconômicos (SILVA; SOUZA, 2020).

As geotecnologias exercem papéis relevantes como a classificação e quantificação dos recursos naturais e análise de uso e ocupação do solo, por exemplo. Dentre os seus componentes, estão a Cartografia Digital (CD), o Sensoriamento Remoto (SR), o Global Positioning System (GPS) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), todos utilizados na geração e qualidades dos dados.

Visando um melhor tratamento de dados, surge o Sistema de Informação Geográfica (SIG) que é definido como a integração de metodologias e ferramentas visando o tratamento de dados obtidos e a geração de informação. Eles são constituídos, basicamente, por um computador (hardware), dados geográficos, programas (software) e pessoal, podendo ser

utilizado para captação, armazenamento, análise, manipulação e exibição das informações geográficas georreferenciadas. Na prática, o SIG torna-se a ferramenta ideal para integração de dados, informações e cartas de natureza de escalas diferentes, podendo analisar dados climáticos e cartas topográficas em conjunto (PARANHOS FILHO; LASTORIA; TORRES, 2008).

A principal forma de obtenção de dados para os SIG é através do Sensoriamento Remoto, definido por Moraes (2002), como um conjunto de atividades que objetivam o levantamento de informações de uma determinada área da superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com a mesma, por exemplo imagens de satélite e radar.

Para obter seus dados, o SR conta com sensores capazes de captar ondas eletromagnéticas responsáveis por levar as informações geográficas até o satélite, esses sensores são classificados em: Passivos, quando utiliza ondas eletromagnéticas naturais; e Ativos, quando produz ondas que atingem a superfície terrestre, interagem com os alvos e são refletidas de volta para o satélite. Cada onda captada pelo sensor é decomposta em faixas chamadas de bandas espectrais, e a superfície terrestre é dividida em pequenas parcelas quadradas denominadas pixels (FIGUEIREDO, 2005). Como as informações geográficas obtidas pelo SR são codificadas e transcritas para uma base de dados dotada de coordenadas terrestres (georreferenciada), os SIG (Figura 1) podem ser empregados em qualquer lugar da Terra.



**Figura 1.** Constituição de SIG.

Fonte: BARROS, 2023.

Essa aplicabilidade tem se difundido bastante no meio estudantil, já há sua presença na educação básica. Lima, Mello e Florenzano (2007) realizaram uma oficina com intuito de

aproximar os estudantes das Geotecnologias, objetivando o levantamento e análise de informações que evidenciem a degradação das bacias hidrográficas pelo homem, contribuindo com a educação ambiental.

Diversos estudos têm sido encontrados na academia, visando realizar o monitoramento ambiental das bacias hidrográficas. Como por exemplo Medeiros, Pinto e Alves (2021), que realizaram uma pesquisa com intuito de analisar uma bacia mediante uma interpretação do uso e cobertura das terras diante de uma evolução espaço-temporal entre os anos de 1984 e 2017, identificando quais seus impactos negativos que incidem sobre os parâmetros físicos e químicos das águas, enquadrando-as nas resoluções supracitadas.

A metodologia teve como base de dados imagens de satélite gratuitas, disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Foi realizada uma classificação automática por meio de algoritmo que abstrai os temas próximos segundo suas assinaturas espectrais. Após esse procedimento automatizado, foi realizada uma reclassificação, na qual foi conferida mediante interpretação das imagens de satélite, experiência do pesquisador e vistorias in loco, resultando em oito classes de uso das terras: Áreas Urbanizadas; Culturas; Pastagem; Solo Exposto; Vegetação Florestal; Áreas Úmidas com Vegetação Florestal; Áreas Úmidas com Pastagem; e Massas de Água (MEDEIROS; PINTO; ALVES, 2021).

Os efeitos da sazonalidade na qualidade das águas superficiais de um corpo hídrico também foi alvo de estudos, que teve como método a coleta de amostras bimestrais, obedecendo o critério da sazonalidade, localizados na nascente, próximo à atividade agrícola, à região urbana, e a montante do corpo. Os períodos de seca e chuvoso, aliado a fontes difusas de contaminação contribuíram significativamente para a queda da qualidade das águas desse manancial, que apesar do enquadramento aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental atual, os autores constataram o impacto ambiental causado pelas ações antrópicas (PRATTE-SANTOS; TERRA; AZEVEDO JÚNIOR, 2019).

Os autores Quinelato et al (2021) realizaram um trabalho que consistiu em determinar a qualidade da água do estuário de um corpo hídrico por meio de análises de qualidade e sua compatibilidade com os usos previstos. A metodologia consistiu em análise estatística de parâmetros de qualidade d'água, obtidos com levantamento de campo em pontos de possíveis contaminações. Com os dados de qualidade d'água, os autores realizaram a delimitação da área de estudo com auxílio de Modelo Digital de Elevação, com a direção do escoamento e escoamento acumulado, que permitiu a obtenção da drenagem numérica.

Após, foi definida a área de drenagem da bacia do corpo hídrico em estudo a partir da sua foz, e mapeou-se as classes de uso e ocupação do solo com auxílio de informações quanto ao tamanho da área, extensão e delimitação das classes de uso do solo, obtidas através de imagens de satélite. Foram gerados, então, mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1990 e 2018 a fim de compreender os usos que são dados ao solo da bacia e como

estes podem interferir na qualidade da água (QUINELATO et al., 2021).

### *3.2 Panorama dos usos das águas subterrâneas no Brasil – conflitos de uso entre os diferentes setores*

Os conflitos pelo uso de água no Brasil, têm sido configurados entre disputas territoriais para controle e uso desse recurso natural, o que geralmente caracteriza uma geração de impactos ambientais e sociais em espaços delimitados pela utilização excessiva desses recursos (PEIXOTO; SOARES; RIBEIRO, 2021).

Silveira e Silva (2019) abordam que desde a disponibilidade, uso e controle de água no Brasil, existe uma série de injustiças ambientais que acabam por favorecer grupos com mais influências políticas com capacidade de exercer a utilização da água para atender seus próprios interesses e interesses políticos.

Segundo Lauthartte et al (2016), nos últimos anos a captação de água subterrânea aumentou de forma rápida e intensa, principalmente devido à facilidade de perfuração de poços, menor custo para tratamento dessa água para abastecimento, aumento do nível tecnológico empregado e crescimento no mercado de empresas especializadas no ramo.

De acordo com Kuster e Lemos (2019), embora o problema de disponibilidade hídrica esteja sendo discutido atualmente como um dos maiores desafios do planeta, e é conhecido que na ausência de água toda a vida na Terra estará comprometida, pode-se observar que o crescimento populacional junto ao uso descontrolado e o desperdício da água, são responsáveis por acelerar a escassez desse bem tão precioso. Além disso, a utilização excessiva pelas indústrias e agricultura pode afetar diretamente a disponibilidade de água no mundo.

Quando se trata da questão de utilização de água subterrânea no Brasil o grande entrave é que não se conhece o volume de água explorado. Atualmente, os cadastros de poços e estudos específicos referentes ao tema, não tem sido executado de forma coerente e assertiva. Para que o volume total da reserva permanente não seja comprometido, este deve ser explorado da forma correta, mantendo sua renovação. Assim, é fundamental manter um sistema equilibrado e uma gestão eficaz, para que não seja retirado do meio mais água do que sua reserva consiga repor (GONÇALVES; ENGELBRECHT; CHANG, 2016).

Lopes (2019) afirma que as interferências na capacidade de exploração da água subterrânea ocasionando rebaixamento dos níveis estáticos de água nos aquíferos, são ocasionadas principalmente devido à quantidade e proximidade entre os poços perfurados.

As causas da perfuração desenfreada de poços são variadas. Geralmente a população enxerga como uma alternativa facilitada de acesso à água de qualidade para consumo, comerciantes e indústrias utilizam para atender suas demandas de produções, e os proprietários rurais vislumbram uma solução para a manutenção da safra e/ou agropecuária (RIO; DRUMMOND; RIBEIRO, 2016).

Embora a maioria dos estudos atuais ainda se concentre em avaliar a racionalização dos recursos hídricos superficiais, cada vez mais vem sendo documentado em escalas globais e regionais a redução do volume das águas subterrâneas devido à exploração excessiva quando comparada a vazão de recarga de renovação natural dos aquíferos (GLEESON et al., 2012).

Em um trabalho desenvolvido por Luiz, Koppe e Souza (2022), os autores apresentam um estudo de caso de superexploração do aquífero Bauru no Estado de São Paulo, realizado por uma empresa privada para obter fins lucrativos, sendo possível evidenciar através de análises e testes uma vazão de captação bem maior que a permitida e outorgada.

Em um outro trabalho desenvolvido por Lopes (2019), o autor afirma que captações de água subterrânea voltadas à irrigação no município de Holambra SP, tem ocasionado sérios problemas na disponibilidade hídrica do município devido a exploração excessiva de água através de poços tubulares profundos, demonstrando rebaixamentos drásticos em seus níveis dinâmico e estático, com relatos de usuários indicando que os poços vêm secando e diminuindo as vazões nos últimos anos.

Hirata et al (2012), em um estudo desenvolvido no município de Araraquara SP, descrevem um rebaixamento de 15 metros no sistema aquífero durante um período de 20 anos oriundo de bombeamento excessivo e interferência entre os poços existentes. Valões et al (2022) concluíram em seu trabalho que a falta de monitoramento em um aquífero localizado na região de São José do Belmonte PE está acarretando uma exaustão hídrica devido à falta de água já identificada em alguns poços de abastecimento residencial.

Um outro desafio descrito por Villar (2016) é referente a perfuração indiscriminada de poços sem controle e estudo algum. Segundo Dias et al (2018), é extremamente importante que seja realizado um estudo sobre o tipo de formação geológica subterrânea do aquífero antes da instalação de poços, para avaliar suas características e capacidade de armazenar e ceder água. Pinto-Coelho e Havens (2016) pontuam ainda que no caso de aquíferos rasos embora seja de fácil exploração, muitas vezes a capacidade de recarga é insuficiente para alimentá-los.

Visando, portanto, uma gestão sustentável e otimização da exploração de água subterrânea, surge a importância de se realizar uma avaliação minudenciada dos aquíferos, buscando resolver os conflitos de uso pela água e estabelecer controles quantitativo e qualitativo (BORDALO, 2019).

Costanzo e Vidal (2020) afirmam nesse contexto que o geoprocessamento tem se tornado uma importante ferramenta para observar e estudar as áreas favoráveis à exploração de água subterrânea, assim como avaliar pontos estratégicos de maiores recargas durante o ciclo hidrológico.

### 3.3. Geoprocessamento como ferramenta para estudos relacionados à água subterrânea

Para Zaidan (2017), o geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de técnicas e métodos computacionais e teóricos capazes de produzir, reproduzir e integrar os dados, através da entrada, armazenamento, tratamento e processamento, fornecendo novos dados e informações espaciais ou georreferenciadas.

Em um estudo desenvolvido por Santos, Marques e Sturaro (2015), os autores utilizaram o geoprocessamento para mapear a vulnerabilidade do Sistema Aquífero Guarani no município de Ribeirão Bonito SP, sendo possível identificar áreas vulneráveis à contaminação por meio do uso de dados em SIG. A proposta do estudo visou otimizar a implantação de futuros usos do solo no município, com o objetivo principal de reduzir potenciais fontes de contaminação em áreas identificadas no estudo como de alta vulnerabilidade. Além disso, os índices de vulnerabilidade de aquíferos também servem como ferramenta de apoio na gestão municipal para tomadas de decisões, auxiliando no zoneamento de uso e ocupação do solo e na acepção de áreas aptas para instalação de atividades com maior risco de poluição em aquíferos.

A utilização dos métodos de geoprocessamento, também é importante para indicar os potenciais pontos de contaminação difusa, como, por exemplo, contaminações ocasionadas por cultivos anuais. Através das ferramentas geotecnológicas, é possível identificar os prováveis locais e fontes de poluição das águas subterrâneas (BORBA et al., 2016).

Sousa (2019) utilizou um software de geoprocessamento para levantar variáveis morfométricas secundárias, como: declividade, relevo sombreado, hipsometria e distância vertical de drenagem do solo, e posteriormente utilizou esses dados para confeccionar um mapa indicando as possíveis zonas de recarga de um aquífero localizado no sudoeste goiano.

As estimativas dos valores de recarga das águas subterrâneas são importantes para entender a dinâmica de sistemas aquíferos pelo uso e ocupação do solo. A espacialização desses dados através de mapas de geoprocessamento, permite encontrar diferenças evidentes decorrentes de diversas culturas implantadas no solo que possam alterar a recarga hídrica subterrânea (GONÇALVES; MANZIONE, 2019).

Mattos et al (2019) utilizaram as ferramentas de geotecnologias para mapear os aspectos hidro geoquímicos das águas subterrâneas de um município localizado no nordeste do Brasil. Os autores afirmaram em seu estudo que o mapeamento de dados de água subterrânea, apresentou-se muito útil no que diz respeito ao processamento e espacialização dos dados, sendo possível através destas informações propor novas alternativas de gestão dos recursos hídricos subterrâneos visando manter um controle mais rigoroso em relação a quantidade de água explotada nos aquíferos referente a sua capacidade de recarga.

#### 4. Conclusão

Diante dos artigos estudados conclui-se que os problemas relacionados à redução da qualidade das águas superficiais referem-se ao uso e cobertura do solo nas bacias hidrográficas, lançamento de efluentes sem o devido tratamento e demais ações antrópicas. Com isso as metodologias utilizadas com o auxílio das geotecnologias convergiram para o mapeamento do uso e cobertura do solo, havendo a possibilidade de se realizar o monitoramento histórico dos usos previstos, bem como a identificação de áreas vulneráveis do ponto de vista ambiental, podendo embasar o processo de tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos pelo Poder Público.

Em relação as águas subterrâneas, o maior problema identificado foi o aumento das captações para usos produtivos nas indústrias e agriculturas, bem como pela própria população para atendimento das suas necessidades pessoais, sem o devido consentimento e monitoramento dos órgãos fiscalizadores, ocasionando um rebaixamento dos níveis estáticos que indicam insuficiência no reabastecimento do lençol freático.

A geotecnologia apresentou-se como uma excelente alternativa para auxiliar os estudos de recarga de aquífero e identificação de possíveis pontos de contaminação. Além disso, as suas ferramentas demonstraram potencial para auxiliar os órgãos públicos na gestão desses recursos naturais e, conseqüentemente, conciliar de forma mais estruturada os conflitos pelo uso das águas subterrâneas.

## Referências

AQUINO, C. M. S. de.; VALLADARES, G. S. Geografia, geotecnologias e planejamento ambiental. **Geografia (Londrina)**, v. 22, n. 1, p. 117–138, 2013.

AYER, J. E. B.; GAROFALO, D. F. T.; PEREIRA, S. Y. Uso de geotecnologias na avaliação da favorabilidade hidrogeológica em aquíferos fraturados. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 3, p. 154, 30 maio 2017.

BARROS, J. O que são os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e quais suas aplicações. 2023. Disponível em: <https://www.geoaplicada.com/sig-e-suas-aplicacoes/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

BORBA, W. F. de. et al. Geoprocessamento aplicado à determinação do índice de susceptibilidade das captações por poços tubulares do sistema aquífero Serra Geral em Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 3, p. 79-88, jul. 2016.

BORDALO, C. A. L. Os conflitos socioambientais pelo uso da água no Brasil na perspectiva da Ecologia Política. **Revista de Geografia e Ecologia Política**, Paraná, v. 1, n. 2, p. 78-110, 2019.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

COSTANZO, C. A.; VIDAL, A. C. Análise de favorabilidade para exploração de água subterrânea em aquífero Costeiro, Estado do Maranhão. **Águas Subterrâneas**, [S.L.], v. 34, n. 2, p. 177-190, 29 maio 2020. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v34i2.29792>.

CANTELE, T. D.; LIMA, E. de C.; BORGES, L. A. C. Panorama dos recursos hídricos no mundo e no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 4, p. 1259, 28 dez. 2018.

COSTA, I.; SALDANHA, E. C.; MONTE, C. DO N. A sazonalidade de contaminantes em águas subterrâneas e superficiais entorno de um aterro sanitário na região Amazônica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 6, p. 371–382, 6 jul. 2020.

DIAS, A. C. H. et al. Perfuração indiscriminada de poços em Iracema/CE: um estudo sobre o paradoxo da atual crise hídrica. **Águas Subterrâneas**, [S.L.], v. 32, n. 3, p. 1-19, 13 ago. 2018. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v32i3.29167>.

FIGUEIREDO, D., 2005. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. Conab. Disponível: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf)> Acesso: 04 ago. 2022.

FONSECA, E. R. et al. Conflitos pelo uso da água na Bacia Hidrográfica do rio São Francisco–Estudos de caso no Estado da Bahia. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e823997929-e823997929, 2020.

GLEESON, T. et al. Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. **Nature**, [S.L.], v. 488, n. 7410, p. 197-200, ago. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nature11295>.

GOMES, L. C. D.; SALVADOR, N. N. B.; LORENZO, H. C. de. Conflitos pelo uso dos recursos hídricos e o caso de Araraquara-SP. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. 1–22, 2021.

GONÇALVES, R. D.; ENGELBRECHT, B. Z.; CHANG, H. K. Análise hidrológica de séries históricas da Bacia do Rio Grande (BA): contribuição do sistema aquífero urucuia. **Águas Subterrâneas**, [S.L.], v. 30, n. 2, p. 190, 26 jun. 2016. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v30i2.28514>.

GONÇALVES, V. F. M.; MANZIONE, R. L. Estimativa da recarga das águas subterrâneas no sistema aquífero Bauru (SAB). **Geo UERJ**, [S.L.], n. 35, p. 37063, 21 dez. 2019. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2019.37063>.

HIRATA, R. et al. Exploração do Sistema Aquífero Guarani em Araraquara. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 115-127, ago. 2012.

IRITANI, M. A. et al. Proposta de classificação das fontes potenciais de contaminação da água subterrânea. **Revista do Instituto Geológico**, v. 34, n. 2, p. 1–26, 2013.

JESUS, L. S. de.; RIYIS, M. T.; GIACHETI, H. L. Fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas e uma proposta de priorização de áreas de fiscalização em um município industrializado. **Águas Subterrâneas**, v. 35, n. 2, 10 jul. 2021.

KEMERICH, P. D. DA C. et al. Análise da vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea: comparação entre a metodologia GOD e DRASTIC. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 2, p. 45–53, 6 ago. 2020.

KUSTER, I. S.; LEMOS, E. C. L. Uma análise da superexploração das águas subterrâneas no município de Boa Esperança – ES. **Natureza Online**, Santa Teresa - Es, v. 3, n. 16, p. 31-39, jan. 2019.

LAUTHARTTE, L. C. et al. Avaliação da qualidade da água subterrânea para consumo humano: estudo de caso no Distrito de Jaci-Paraná, Porto Velho - RO. **Águas Subterrâneas**, [S.L.], v. 30, n. 2, p. 246-260, 16 ago. 2016. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v30i2.28547>.

LIMA, F. S.; MELLO, E. M. K.; FLORENZANO, T. G. Tutorial sobre o uso de geotecnologias no estudo de Bacias Hidrográficas para professores da Educação Básica In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1515-1522. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1515-1522.

LIMA, S. F. S. Tutorial sobre o uso de geotecnologias no estudo de Bacias Hidrográficas para professores da Educação Básica. 2006. 261p. Monografia (Especialização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006.

LOPES, A. P. Floricultura e apropriação de recursos hídricos: uma análise da utilização das águas subterrâneas para a produção de flores em holambra-sp. **Holos Environment**, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 424, 30 jul. 2019. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/holos.v19i3.12334>.

LOPES, E.; SOUZA, V. F. DE. Análise ambiental das remoções de tanques em postos de combustíveis: estudo de caso dos municípios de abrangência do lat/Erlon Londrina-PR. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 13, n. 1, 2021.

LUIZ, T. de S. J.; KOPPE, J. C.; SOUZA, V. C. G. de. Superexploração do Aquífero Bauru pela Fonte de Água Mineral Campestre usada para fins balneários. **Águas Subterrâneas**, v. 36, n. 1, p. 1-16, 2022.

MATTOS, J. B. et al. Mapeamento dos aspectos hidrogeoquímicos de águas subterrâneas a partir de estatística multivariada e redes neurais artificiais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 501-514, maio 2019.

MACHADO, L. C.; SELVA, V. S. F.; SANTOS, S. M. Proposta metodológica interdisciplinar como ferramenta para o potencial de conservação de nascentes. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, V. 3, n. 1, p. 8-23, 2018.

MEDEIROS, R. B.; PINTO, A. L.; ALVES, L. B. Evolução do uso e cobertura das terras e seus impactos na qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do Córrego Bonito (Mato Grosso do Sul, Brasil). **Finisterra**, v. 56, n. 117, p. 215-236, 28 ago. 2021.. <http://dx.doi.org/10.18055/FINIS19702>.

MIRANDA, C. C. et al. Análise da cobrança pelo uso de recursos hídricos em águas de domínio da União: Estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Doce (MG). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e5610413785-e561.

MORAES, E. C. 2002. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 23p. Disponível em: <[http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.1.2.18/doc/CAP1\\_EC Moraes.pdf](http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.1.2.18/doc/CAP1_EC Moraes.pdf)> Acesso em: 04/08/2022> Acesso em: 04 ago. 2022.

PARANHOS FILHO, A.C.; LASTORIA, G.; TORRES, T.G. (2008) **Sensoriamento remoto ambiental aplicado: introdução às geotecnologias**. Campo Grande: Ed. UFMS. 198 p.

PEIXOTO, F. da S.; SOARES, J. A.; RIBEIRO, V. S. Conflitos pela água no Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 34, n. 1, p. 1-13, 23 dez. 2021.

PINTO-COELHO, R. M.; HAVENS, K. **Gestão de Recursos Hídricos em Tempos de Crise**. Porto Alegre: Artmed, 2016. 240 p.

PRATTE-SANTOS, R.; TERRA, V.; AZEVEDO JUNIOR, R. Avaliação do efeito sazonal na qualidade das águas superficiais de um importante rio no Sudeste do Brasil. **Sociedade & Natureza**, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 127-143, 2019. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/sn-v30n3-2018-7>.

QUINELATO, R. V. et al. Determinação da qualidade da água superficial e sua compatibilidade com os múltiplos usos: estudo de caso do estuário do Rio Caraíva. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 037, 2021.

RIBEIRO, W. C.; SANTOS, C. L. S. dos.; SILVA, L. P. B. DA. Conflito pela água, entre a escassez e a abundância: marcos teóricos. **Revista de Geografia e Ecologia Política: Ambientes**, Francisco Beltrão/Pr, v. 1, n. 2, p. 11-37,. 2019.

RIO, G. A. P. do.; DRUMMOND, H. R.; RIBEIRO, C. R. WATER: the urgency of a territorial agenda. **Ambiente & Sociedade**, [S.L.], v. 19, n. 4, p. 121-136,.2016.

SANTOS, R. G.; MARQUES, M. L.; STURARO, J. R. Geoprocessamento aplicado a análise do índice de vulnerabilidade drástico no Sistema Aquífero Guarani em Ribeirão Bonito - SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 391-406, 2015.

SILVA, C. P. A. E.; SOUZA, R. F. de. Conteúdo de geociências em livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental I: Identificando a Presença e os Temas Abordados. **Ciência & Educação**, v. 26, 2020.

SILVEIRA, S. M. B.; SILVA, M. das G. E. Conflitos socioambientais por água no Nordeste brasileiro: expropriações contemporâneas e lutas sociais no campo. **Revista Katálysis**, v. 22, n. 2, p. 342-352, 2019.

SOBRAL, M. do C. et al. Geotecnologias na gestão de reservatórios: uma revisão e uma proposta de integração. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 841-852, out. 2017.

SODRÉ, F. F. Fontes difusas de poluição da água: características e métodos de controle. **Artigos Temáticos do AQQUA**, v. 1, n. 12, p. 9-16, 2012.

SOUSA, F. A. de. Identificação das zonas de recarga e caracterização dos sistemas freáticos de Iporá - GO. **Geoambiente On-Line**, [S.L.], n. 33, p. 23-25 2019.

SOUZA, E. G. F. et al. Delimitação e caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Riacho do Navio, Pernambuco, a partir de dados SRTM processados no QGIS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 03, p. 1530-1540, 2021.

VALÕES, D. C. P. et al. Análise do zoneamento explorável de água subterrânea como instrumento de gestão na Bacia Sedimentar de São José do Belmonte-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p. 1863-1880, 2022.

VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 83–102, 2016.

ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento conceitos e definições. **Revista de Geografia**, v. 7, n. 2, p. 1–7, 28 set. 2017.