OBRAS DE SANEAMENTO: DESENVOLVIMENTO DE PLUGIN NO QGIS PARA FRACIONAMENTO AUTOMATIZADO DE ÁREAS

1 linha em branco, fonte Times New Roman, corpo 10

Diogo Tavares Cardoso [1]
Graduado em Ciências Biológicas, Pós-Graduado em Educação Ambiental, MBA Data Science Analytics, Mestre e Doutor em Parasitologia,
Gabriel Ferreira Garcia
Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Metre em Engenharia Ambiental
Sarah de Oliveira Saraiva
Graduada em Ciências Biológicas, Pós Graduação em Aquicultura Sanidade e Desenvolvimento Sustentável Mestre e Doutora em Ecologia Aplicada

Endereço[1]**:** Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. Rua Muriaé, 619 Divinópolis – MG, Brasil - e-mail: diogo.tavares@copasa.com.br. Tel. +55 (37) 3250.5400

RESUMO

Obras de saneamento frequentemente demandam compensações ambientais, cuja execução exige a subdivisão das áreas destinadas a esse fim. Como essas compensações costumam ser de pequena escala, é comum agregar áreas de diferentes empreendimentos em um mesmo local para otimizar o processo, acelerando a indicação das áreas e potencializando os ganhos ambientais. Para isso, torna-se necessária a criação e o fracionamento de polígonos por meio de ferramentas de geoprocessamento e sistemas de informação geográfica (SIG). Quando realizada manualmente, essa subdivisão aumenta significativamente o tempo de processamento e a ocorrência de inconsistências. Nesse contexto, o desenvolvimento de ferramentas automatizadas é fundamental para otimizar a indicação de áreas de compensação ambiental. Assim, este trabalho apresenta um plugin desenvolvido em Python para o software QGIS, destinado a automatizar o fracionamento de polígonos em áreas-alvo, gerar o polígono remanescente e emitir relatório sintético. Os resultados demonstram elevada aderência às rotinas de compensação ambiental associadas a obras de saneamento, com potencial para ampliar a padronização dos procedimentos, a rastreabilidade espacial das áreas remanescentes e a eficiência operacional. Conclui-se que a solução representa uma inovação incremental, de alta aplicabilidade prática e com potencial de replicação institucional e evolução para novas demandas do setor.
PALAVRAS-CHAVE: QGIS, Compensação ambiental, Saneamento, Plugin, Geoprocessamento

INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) consolidaram-se como instrumentos essenciais para análise espacial, planejamento territorial e apoio à tomada de decisão em diferentes campos da engenharia e das ciências ambientais. Entre as plataformas livres, o QGIS destaca-se pela ampla adoção institucional, além da possibilidade de desenvolvimento de plugins especializados, capazes de transformar rotinas técnicas complexas em procedimentos mais simples. Os plugins são justamente a ferramenta na qual o QGIS amplia funcionalidades e automatiza tarefas. Ultimamente vem crescendo uso de aplicações e plugins abertas voltados ao campo ambiental. (QGIS DOCUMENTATION, 2026; DUARTE; TEODORO, 2021).

Várias obras de saneamento estão sujeitas a intervenções em Áreas de Proteção Permanentes (APP) como matas ciliares, florestas ou outras áreas protegidas. A necessidade de executar estas obras nestes locais de preservação permanente deve-se à natureza da própria obra. Assim, à luz do ordenamento jurídico e para o desenvolvimento sustentável, sempre que ocorrer intervenção em APP é necessário obter o devido licenciamento ambiental, no qual são avaliados os possíveis impactos e indicadas as respectivas compensações. A compensação ambiental é uma política pública que visa contrabalancear os impactos causados pela implantação e operação de empreendimentos potencialmente poluidores ou causadores de degradação ambiental, fundamentada por estudos de impacto ambiental (FONSECA, 2015).

Para a execução da compensação ambiental é necessário indicar área em tamanho no mínimo igual à área de intervenção e que atenda aos critérios técnicos elencados durante o licenciamento. No setor de saneamento, há necessidade frequente de subdividir espacialmente uma área poligonal total disponível para compensação em parcelas menores correspondentes às áreas intervindas, mantendo-se o controle da área remanescente. Isto

porque, muitas das intervenções ambientais de empreendimentos de saneamento são pontuais e/ou de pequena escala (poucos metros quadrados), pois correspondem a obras para instalação e manutenção de redes de água e esgoto, captações de água, lançamentos de esgoto, etc. Mas se somadas, várias intervenções pontuais, resultam em áreas maiores, facilitando o processo de busca e indicação de áreas de compensação, visto que estas são normalmente locadas em áreas degradadas de propriedades rurais de terceiros.

Produtores rurais, em geral, têm interesse de receber em suas propriedades compensações ambientais para suprir o próprio passivo ambiental da propriedade, que na grande maioria das vezes é na escala de alguns hectares. Assim, surge a necessidade de compensar conjuntamente as intervenções ambientais de vários empreendimentos pontuais. Por isto, faz-se necessário dividir a área da propriedade que receberá a compensação em parcelas conforme definido no licenciamento ambiental de cada empreendimento. Além disso, é importante controlar a área remanescente para que seja possível utilizá-la em futuros processos de compensação.

Procedimentos manuais para subdivisão de áreas em ferramentas SIG tendem a demandar sucessivos ajustes geométricos, maior tempo de execução e forte dependência da experiência do operador, reduzindo a padronização do fluxo e a rastreabilidade do saldo final (BRASIL, 2024; ARAGÃO; PEREIRA; SILVA, 2022). Do ponto de vista jurídico e institucional, a compensação ambiental se relaciona ao licenciamento de empreendimentos de significativo impacto e exige objetividade, motivação e clareza na materialização técnica das áreas envolvidas. (BRASIL, 2024; COSTA et al., 2015; OLIVEIRA, 2023).

A utilização de geotecnologias vai além da simples visualização, alcançando atividades de monitoramento, cadastro técnico, planejamento, análise territorial e apoio à gestão. Tecnologias livres podem reduzir custos, ampliar a escalabilidade dos projetos e melhorar a gestão operacional em empresas de saneamento. (PRADHAN; PRADHAN; JOSHI, 2025; ARAGÃO; PEREIRA; SILVA, 2022). Sendo assim, a criação de ferramentas automatizadas busca preencher lacunas funcionais específicas do software e aproximar métodos especializados do usuário final. Vários autores já desenvolveram plugins que trouxeram ganhos operacionais com a sua implementação e execução (DUARTE; SILVA; TEODORO, 2018; BAŞ, 2025; EZZAHER et al., 2025). Vários plugins estão disponíveis gratuitamente em repositórios oficiais e não oficiais, mas nenhum com foco em dividir shape em tamanhos distintos. Os plugins disponíveis são capazes de dividir o shape em tamanhos iguais (ILIC, 2017), o que não supre a necessidade das compensações do setor de saneamento.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar e analisar o plugin Split Diferença, desenvolvido no ambiente QGIS para automatizar o fracionamento de polígonos em áreas predefinidas, com aplicação potencial em processos de compensação ambiental associados a obras de saneamento. Este plugin foi desenvolvido pela equipe do núcleo ambiental da Copasa para automatizar a divisão de polígonos-mãe em polígonos-filhos menores com a utilização do QGIS. A ferramenta foi estruturada para receber uma geometria poligonal, uma lista de áreas desejadas retornando uma camada vetorial com as parcelas geradas e o polígono remanescente

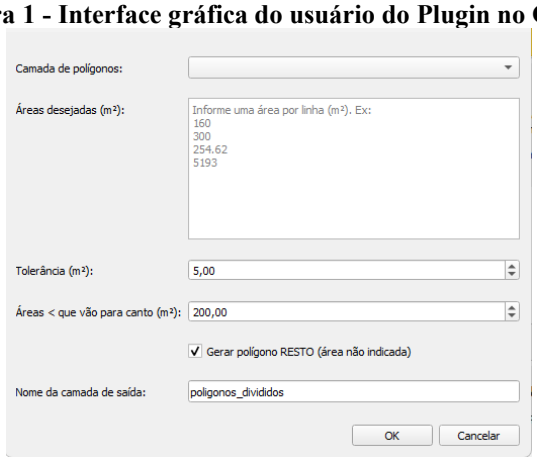
METODOLOGIA

Descrição do Plugin

O plugin foi desenvolvido especificamente para dividir o polígono-mãe em diversos polígonos-filhos conforme solicitados e indicar a área remanescente. O código foi escrito em Pyhton e desenvolvido como um plugin QGIS. A escolha do desenvolvimento do plugin para o QGIS deve-se ao fato de ser um software SIG que tem código aberto e suportado por uma grande comunidade de usuários e desenvolvedores. Uma consequência positiva dessa abordagem aberta é que qualquer pessoa pode desenvolver seu próprio plugin para atender necessidades específicas.

O plugin apresenta uma janela de diálogo na qual o usuário informa a camada poligonal de entrada, a lista de áreas desejadas em metros quadrados, a tolerância admitida, o limite para priorização de pequenas áreas em cantos, a opção de geração do polígono remanescente e o nome da camada de saída (Figura 1).

Figura 1 - Interface gráfica do usuário do Plugin no QGIS



Após a entrada dos parâmetros pelo usuário, o plugin executa uma validação preliminar da geometria de entrada. A rotina seleciona a feição da camada, verifica se a geometria está válida ou inválida. Em seguida, são calculadas a área total da geometria original, a soma das áreas desejadas e o remanescente esperado.

A lógica central do método baseia-se em particionamento geométrico a partir do polígono. As áreas desejadas são inicialmente separadas em dois grupos: áreas pequenas, inferiores ao limite definido, e áreas normais, que são iguais ou superiores ao limite definido. Essa classificação orienta a estratégia de corte: áreas pequenas são testadas preferencialmente nos cantos do polígono envolvente, enquanto áreas maiores são avaliadas a partir dos lados da geometria.

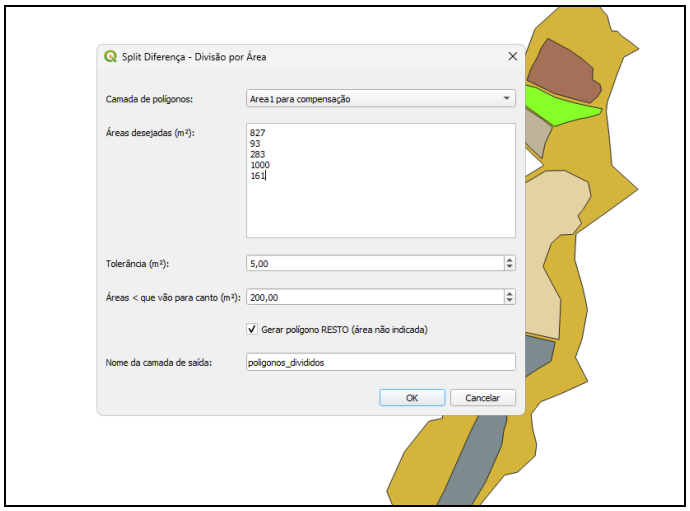
Para cada área-alvo, o plugin aplica uma rotina de buscar o melhor recorte possível. A cada interação, a área obtida é comparada com a área desejada, preservando-se o melhor resultado segundo o menor desvio. Os resultados são classificados como OK, APROX, FALTANTE ou RESTO, conforme o atendimento da tolerância e a viabilidade geométrica do recorte.

Como produto final, o plugin cria uma camada vetorial temporária em memória, com o mesmo sistema de referência da camada de entrada, contendo os campos area_m2, status, alvo e obs. Nessa camada são inseridas as parcelas válidas para visualização final, enquanto um resumo sintético é apresentado ao usuário em janela informativa.

EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DO PLUGIN

Como exemplo de aplicação, considerou-se uma área de estudo com 5.870 m², para a qual foram definidas 5 áreas menores com os seguintes tamanhos: 827 m², 93 m², 283 m², 1.000 m² e 161 m². Para esta áreas-alvos adotou uma tolerância de 5 m². A soma das áreas-alvo corresponde a 2.364 m², resultando em remanescente esperado de 3.506 m². Assim, área remanescente pode ser gerada ou não, ficando esta opção a critério do usuário. No exemplo em questão optou por gerar esta área remanescente que recebe o nome de SOBRA (Figura 2).

Figura 2 - Interface gráfica do Plugin

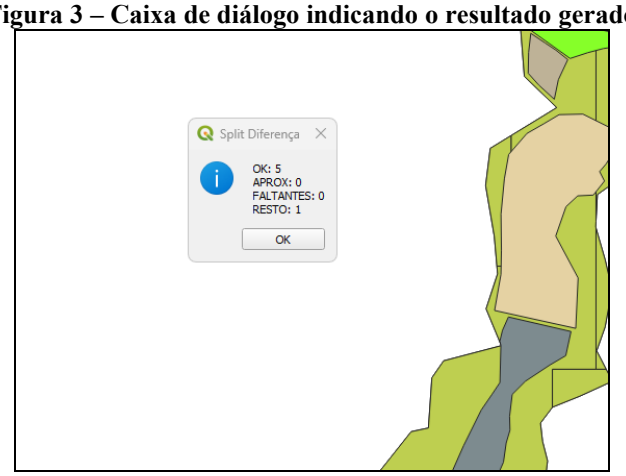


No fluxo do plugin, a entrada dessas áreas é realizada diretamente na interface gráfica, com uma área por linha, associada à camada do polígono de entrada e aos parâmetros de tolerância, geração de resto e nome da camada de saída. Em seguida, executa o fluxo programado.

Considerando a lógica implementada, áreas menores que o limiar configuradas no diálogo podem ser priorizadas em cantos da geometria, enquanto áreas de maior dimensão são tratadas por recortes a partir dos lados do polígono envolvente. Na configuração padrão observada no plugin, as áreas menores de 200m² tendem a ser tratadas como pequenas áreas, ao passo que as outras se enquadram como parcelas normais, processadas por outra estratégia de corte.

Como resultado, o plugin gera uma camada vetorial temporária contendo as parcelas válidas e seus respectivos atributos de área, status, alvo e observação, além do polígono remanescente, quando essa opção é habilitada. Esse resultado não apenas automatiza a subdivisão geométrica, mas também organiza espacialmente o produto final de forma adequada para conferência, documentação e eventual incorporação a relatórios técnicos. Após execução do plugin foram criados seis polígonos, sendo cinco nos tamanhos indicados e um polígono da área remanescente que aparece domo RESTO (Figura 3).

Figura 3 – Caixa de diálogo indicando o resultado gerado



Os resultados do plugin são obtidos levando-se em consideração as informações na entrada conforme a tolerância e são apresentados na tabela 1. A tabela de atributos nas colunas áreas_m2 indica o tamanho dos polígonos gerados, o status e qual era o tamanho do polígono (alvo) (Tabela 1).

Tabela 1- Tabela de atributos gerado pelo plugin

area_m2	status	alvo
94.18	OK	93
161.39	OK	161
825.36	OK	827
283.29	OK	283
998.95	OK	1000
3486.11	RESTO	

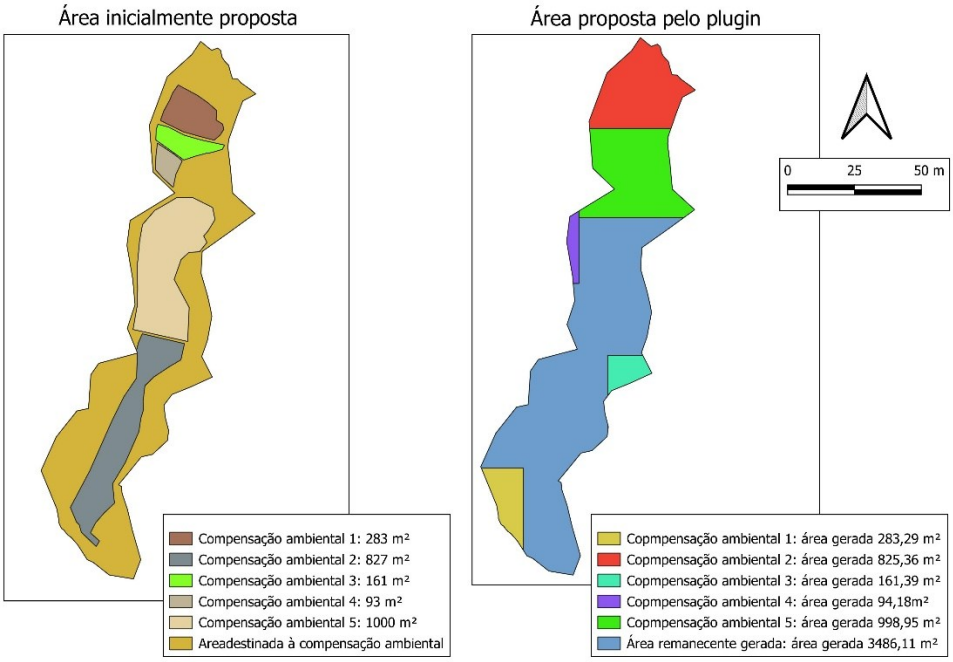
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise funcional demonstrou que o plugin oferece uma resposta objetiva para uma demanda recorrente do planejamento ambiental de obras de saneamento: a divisão de uma área poligonal em parcelas com áreas previamente definidas, preservando-se a indicação do saldo remanescente. A ferramenta se organiza em torno de uma interface gráfica simples, parâmetros claramente definidos e geração de um produto cartográfico final reutilizável em fluxos posteriores de análise

Outro resultado relevante refere-se à geração explícita do polígono remanescente. Em processos de compensação ambiental, esse saldo não utilizado é tecnicamente importante, pois permite verificar a compatibilidade entre a área original, as parcelas destinadas às compensações e a área residual. Nesse sentido, o plugin não apenas automatiza a divisão geométrica, mas amplia a rastreabilidade espacial e documental do procedimento.

A utilização do plugin apresenta uma vantagem devido à otimização de tempo e a fácil reprodutibilidade, pois a seleção das áreas de maneira manual era dependente do operador. Com a automatização, ocorre o ganho de produção e torna-se de fácil reprodutibilidade. A figura 4 traz a comparação entre duas propostas: (i) seleção manual das áreas de compensação, (ii) seleção automatizada das áreas de compensação. É possível observar que a área remanescente fica destacado mais ao centro permitindo quantificar de maneira clara esta restante para destinar este espaço para outras compensações ambientais

Figura 4 apresentado dois mapas, da esquerda mapa com áreas selecionadas de maneira manual da direita áreas selecionadas e criados pelo



plugin

A análise do funcionamento demonstrou que o plugin oferece uma resposta objetiva para uma demanda recorrente do planejamento ambiental de obras de saneamento: a divisão de uma área poligonal em parcelas com áreas previamente definidas, preservando-se a indicação do saldo remanescente. Os plugins se organizam em torno de uma interface gráfica simples, apresentam parâmetros claros definidos e geram um produto cartográfico final reutilizável em fluxos posteriores de análise (OXOLI et al., 2017; TITTI et al., 2022).

No contexto do saneamento, sua principal contribuição está em oferecer uma solução objetiva para uma necessidade concreta do planejamento ambiental. Diferente de ferramentas genéricas de edição vetorial, o plugin foi desenhado em torno de uma demanda específica: subdividir polígonos em áreas-alvo e explicitar o remanescente. Essa especialização confere identidade ao trabalho e o aproxima de uma solução de nicho com elevado valor institucional e aplicabilidade imediata (ARAGÃO; PEREIRA; SILVA, 2022; TONIOLO et al., 2024).

A análise do plugin permite situá-lo em uma linha de desenvolvimento de ferramentas cuja finalidade principal não é apenas ampliar funcionalidades do software, mas converter rotinas técnicas repetitivas em fluxos operacionais acessíveis, reprodutíveis e integrados ao ambiente SIG. Nessa perspectiva, o mérito do Split Diferença reside em atuar sobre uma operação aparentemente simples, mas operacionalmente sensível: a organização espacial de parcelas de compensação ambiental e do saldo remanescente, tema que exige precisão geométrica e documentação cartográfica consistente. (PRADHAN; PRADHAN; JOSHI, 2025; ARAGÃO; PEREIRA; SILVA, 2022).

A automatização com a utilização de SIG mostra que ferramentas geoespaciais cumprem papel crescente em mapeamento, monitoramento, análise espacial e planejamento de infraestruturas e serviços, especialmente quando decisões dependem da organização territorial da informação e da capacidade de localizar e qualificar espacialmente intervenções (EZZAHER et al., 2026). Embora o Split Diferença não trate da definição jurídica da compensação ambiental, ele atua justamente na parte prática da demanda, que trata justamente na espacialização da compensação, ou seja, na transforma uma exigência normativa em geometria operacional. Assim, a ferramenta oferece suporte à materialização técnica de uma obrigação que, pela sua natureza, demanda precisão e capacidade de conferência. (BRASIL, 2024; COSTA et al., 2015; OLIVEIRA, 2023; JESUS; BERNARDO; VIANA, 2025).

A automatização de tarefas tem como o maior ganho reduzir a distância entre método e aplicação, tornando possível a execução por usuários que não possuem todo domínio técnico por trás da análise. No caso do Split Diferença, essa formalização ocorre por meio de parâmetros explícitos como: camada, áreas-alvo, tolerância, regra para pequenas áreas e geração do remanescente. Assim, permite que os trabalhos possam ser reproduzidos por vários usuários de maneira simples e rápida (CHEN; GUO; JUDGE, 2024). De forma que a força de um plugin está em implementar o fluxo inteiro de decisão espacial sem exigir programação do usuário. (CHEN; GUO; JUDGE, 2024; MELO; CUNHA; AMARAL, 2025; TITTI et al., 2022).

Em processos manuais, o controle do tamanho das áreas e a áreas remanescentes tendem a ser um subproduto da edição, frequentemente dependente de conferência posterior. No plugin, ao contrário, ele se torna parte central do fluxo e pode ser explicitado como geometria própria. Isso representa otimização do uso da área, pois evita perda de controle sobre o saldo territorial disponível, facilita a verificação do atendimento das áreas-alvo e reduz a probabilidade de inconsistências entre parcela gerada e saldo residual. Em outras palavras, o ganho não é apenas de “rapidez”, mas de qualidade informacional do processo territorial, aspecto altamente coerente com a lógica de gestão espacial orientada por evidência. (BRASIL, 2024; PRADHAN; PRADHAN; JOSHI, 2025).

O Plugin também apresenta limitações que precisam ser explicitadas. (i) o processamento incide sobre a primeira feição da camada, restringindo o uso imediato em operações em lote. (ii) a dependência de um sistema de coordenadas adequado para que as áreas calculadas em metros quadrados sejam consistentes é necessário que o arquivo shape (.shp) a ser cortado esteja em coordenadas UTM. (iii) a natureza do algoritmo busca aproximação funcional, mas não garante partição ótima para geometrias muito irregulares.

Essas limitações, entretanto, não descaracterizam a utilidade da ferramenta; ao contrário, apontam uma agenda clara de aprimoramento futuro. Entre os desenvolvimentos possíveis, destacam-se o processamento em lote, a exportação automática de relatórios, verificações automáticas de sistema de coordenadas e refinamentos adicionais na lógica de corte. Assim, o plugin se apresenta não apenas como uma solução já útil, mas como base consistente para evolução incremental.

CONCLUSÕES

Muitas bibliotecas em R e outras linguagem como o GeoPandas em Python, provavelmente são as melhores soluções, porém exigem um bom conhecimento de programação. No geral, a ferramenta proposta pode simplificar o acesso a avaliações estatísticas de susceptibilidade para usuários que não estão familiarizados com codificação ou para aqueles que desejam alcançar resultados rapidamente

O Split Diferença apresenta valor técnico não apenas por automatizar um recorte geométrico, mas por organizar um problema territorial concreto do saneamento ambiental em um fluxo de trabalho reprodutível, rastreável e metodologicamente mais estável. Sua relevância decorre da aderência a uma necessidade real, da coerência com o movimento de expansão de plugins científicos em QGIS e da capacidade de melhorar o controle do uso da área e do saldo remanescente em outros processos de compensação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAGÃO, H.G., PEREIRA, V.A., SILVA, R.F. Free Geotechnologies Applied to Basic Sanitation Management. Revista de Gestão Social e Ambiental, v.16, n.2, 2022.

2. BAŞ, N. Introducing a learning tool (QSVI): A QGIS plugin for computing vegetation, chlorophyll, and thermal indices with remote sensing images. Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems, v. 14, p. 183–192, 2025.

3. BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Compensação ambiental. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/compensacao-ambiental. Acesso em: 23/04/2026.

4. CHEN, C.; GUO, Z.; JUDGE, J. A QGIS Plugin for GIS-based Multicriteria Decision Analysis. Applied Spatial Analysis and Policy, v. 17, p. 779–797, 2024.

5. COSTA, E. C.; BORGES, L. A. C.; PAULA, M. G.; MAFRA, F. L. N. O instrumento de compensação ambiental no Brasil e no estado de Minas Gerais. CERNE, v. 21, n. 3, p. 449–455, 2015.

6. DUARTE, L., SILVA, P., TEODORO, A.C. Development of a QGIS Plugin to Obtain Parameters and Elements of Plantation Trees and Vineyards with Aerial Photographs. ISPRS International Journal of Geo-Information, v.7, n.109, 2018.

7. DUARTE, L., TEODORO, A.C. GIS Open-Source Plugins Development: A 10-Year Bibliometric Analysis on Scientific Literature. Geomatics, v.1, n.2, p.206-245, 2021.

8. EZZAHER, F. E. et al. Remote Sensing Toolkit (RST) plugin for automated multitemporal remote sensing analysis: application to Spain's 2024 flash flood. Environmental Monitoring and Assessment, v. 197, art. 904, 2025.

9. FONSECA, Rafael Oliveira. Compensação ambiental: da contradição à valoração do meio ambiente no Brasil. Sociedade & Natureza, v. 27, p. 209-221, 2015.

10. JESUS, E. T. S.; BERNARDO, N. M.; VIANA, R. S. A compensação ambiental no contexto do licenciamento: instrumento estruturante para a implementação do SNUC. Revista Políticas Públicas & Cidades, 2025. Disponível em: . Acesso em: 23 abr. 2026.

11. MELO, D. D.; CUNHA, I. A.; AMARAL, L. R. Precision Zones: An Open-Source QGIS Plugin for Management-Zone Segmentation in Precision Agriculture. AgriEngineering, v. 7, n. 12, 2025.

12. OLIVEIRA, L. D. Q. Norma geral de compensação ambiental: fundamentos e parâmetros jurídicos. Revista Eletrônica da PGE-RJ, v. 6, n. 3, 2023.

13. OXOLI, D., PRESTIFILIPPO, G., BERTOCCHI, D., ZURBARÁN, M. Enabling spatial autocorrelation mapping in QGIS: The Hotspot Analysis Plugin. Geoingegneria Ambientale e Mineraria, ano LIV, n.2, p.45-50, 2017.

14. PRADHAN, S.; PRADHAN, B.; JOSHI, A. Leveraging geographic information systems (GIS) in water, sanitation, and hygiene (WASH) research: a systematic review of applications and challenges. Spatial Information Research, v. 33, art. 11, 2025.

15. QGIS DOCUMENTATION. Developing Python Plugins. QGIS 3.44 Documentation. Disponível em: https://docs.qgis.org/latest/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/plugins/index.html. Acesso em: 23/04/2026.

16. TITTI, G., SARRETTA, A., LOMBARDO, L., CREMA, S., PASUTO, A., BORGATTI, L. Mapping Susceptibility With Open-Source Tools: A New Plugin for QGIS. Frontiers in Earth Science, v.10, art.842425, 2022.

17. TONIOLO, B.P., BOCATO, B.H., SILVA, D.C.C., SILVA, R.C. Análise e automatização em SIG como opção para o mapeamento de lançamentos potenciais de sistema de esgotamento – etapa II. Anais do Encontro Técnico AESabesp/Fenasan, 2024.