REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS AUTOMATIZADAS PARA OTIMIZAÇÃO DE FLUXOS DE TRABALHO EM GEOPROCESSAMENTO NO QGIS

DEVELOPMENT OF AUTOMATED TOOLS FOR WORKFLOW OPTIMIZATION IN GEOPROCESSING USING QGIS

DESARROLLO DE HERRAMIENTAS AUTOMATIZADAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE FLUJOS DE TRABAJO EN GEOPROCESAMIENTO EN QGIS

João Guilherme Silva Ribeiro dos Santos
Tecnólogo em Geoprocessamento –
Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil
E-mail: timerzarg@gmail.com

Marcelo Augusto Machado Vasconcelos
Doutor em ciências Agrárias.
Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil -
Programa de Mestrado em Cidades, Territórios, Identidades e Educação (PPGCITE)
E-mail: vasconcelos@ufpa.br

Paulo Celso Santiago Bittencourt
Doutor em ciências Agrárias-
Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil
E-mail: paulocsb@ufpa.br

Karilene do Socorro Quaresma de Queiroz Bittencourt
Engenheira Florestal -
Instituto de Terra do Pará (ITERPA)
karilene.bittencourt@iterpa.pa.gov.br

Artur Vinicius Ferreira dos Santos
Doutor em Agronomia –
Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

E-mail: artur.santos@ufpa.br

Brenda Karina Rodrigues da Silva

Engenheira Agrônoma –

Instituto de Terra do Pará (ITERPA), Brasil

E-mail: brendakr13@gmail.com

Paulo Alves de Melo

Doutor em Geografia –

Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil

E-mail: paulomelo@ufpa.br

Kellem Cristina Preste de Melo

Mestre em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia-

Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil

E-mail: kellemmelo@ufpa.br

Liene Augusto Cecim Vilhena

Mestre em Ciências Ambientai

Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil

E-mail: liene@ufpa.br

Douglas Portal de Souza

Tecnólogo em Gestão Ambiental e Geoprocessamento –

Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil

Douglas.sousza@ananindeua.ufpa.br

Resumo

O avanço das geotecnologias tem ampliado significativamente as possibilidades de análise e gestão de informações espaciais, sendo os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ferramentas essenciais para o processamento e interpretação de dados territoriais. Entre as plataformas disponíveis, o QGIS destaca-se por ser um software de código aberto amplamente utilizado em atividades acadêmicas, técnicas e institucionais relacionadas ao geoprocessamento. Entretanto, muitos fluxos de trabalho realizados nesse ambiente ainda dependem de procedimentos manuais e repetitivos, o que pode gerar maior tempo de processamento, inconsistências operacionais e menor eficiência na análise de grandes volumes de dados espaciais. Nesse contexto, a automação de processos surge como uma estratégia relevante para otimizar rotinas de trabalho e aumentar a produtividade em projetos que envolvem análise geoespacial. A linguagem de programação Python apresenta ampla aplicabilidade no desenvolvimento de scripts capazes de automatizar tarefas dentro do QGIS, permitindo a execução sequencial de operações e a padronização de processos analíticos. Assim, o presente

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

estudo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de ferramentas automatizadas voltadas à otimização de fluxos de trabalho em geoprocessamento no ambiente QGIS. A pesquisa baseia-se na implementação de rotinas automatizadas desenvolvidas em Python, integradas ao ambiente do software, possibilitando maior eficiência no tratamento e processamento de dados geográficos. Os resultados indicam que a automação de procedimentos contribui significativamente para a redução do tempo de execução de tarefas, além de promover maior reprodutibilidade das análises e padronização dos processos de geoprocessamento. Dessa forma, o desenvolvimento de ferramentas automatizadas configura-se como uma alternativa eficaz para aprimorar a gestão de dados espaciais e ampliar a eficiência operacional em atividades que utilizam Sistemas de Informação Geográfica.
Palavras-chave: Geoprocessamento; Automação de processos; Python; QGIS; Sistemas de Informação Geográfica.

Abstract

The advancement of geotechnologies has significantly expanded the possibilities for analysis and management of spatial information, with Geographic Information Systems (GIS) becoming essential tools for processing and interpreting territorial data. Among the available platforms, QGIS stands out as an open-source software widely used in academic, technical, and institutional activities related to geoprocessing. However, many workflows carried out within this environment still depend on manual and repetitive procedures, which may result in longer processing times, operational inconsistencies, and reduced efficiency when handling large volumes of spatial data. In this context, process automation emerges as a relevant strategy to optimize workflows and increase productivity in projects involving spatial analysis. The Python programming language has broad applicability in the development of scripts capable of automating tasks within QGIS, enabling the sequential execution of operations and the standardization of analytical processes. Therefore, this study aims to present the development of automated tools designed to optimize geoprocessing workflows in the QGIS environment. The research is based on the implementation of automated routines developed in Python and integrated into the software environment, enabling greater efficiency in the processing and management of geographic data. The results indicate that the automation of procedures significantly contributes to reducing task execution time while also promoting greater reproducibility of analyses and standardization of geoprocessing processes. Thus, the development of automated tools represents an effective alternative to improve spatial data management and enhance operational efficiency in activities that rely on Geographic Information Systems.
Keywords: Geoprocessing; Process automation; Python; QGIS; Geographic Information Systems.

Resumen

El avance de las geotecnologías ha ampliado significativamente las posibilidades de análisis y gestión de la información espacial, siendo los Sistemas de Información Geográfica (SIG) erramientas

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

fundamentales para el procesamiento e interpretación de datos territoriales. Entre las plataformas disponibles, QGIS destaca por ser un software de código abierto ampliamente utilizado en actividades académicas, técnicas e institucionales relacionadas con el geoprocesamiento. Sin embargo, muchos flujos de trabajo realizados en este entorno aún dependen de procedimientos manuales y repetitivos, lo que puede generar mayor tiempo de procesamiento, inconsistencias operativas y menor eficiencia en el análisis de grandes volúmenes de datos espaciales. En este contexto, la automatización de procesos surge como una estrategia relevante para optimizar rutinas de trabajo y aumentar la productividad en proyectos que involucran análisis geoespacial. El lenguaje de programación Python presenta una amplia aplicabilidad en el desarrollo de scripts capaces de automatizar tareas dentro de QGIS, permitiendo la ejecución secuencial de operaciones y la estandarización de procesos analíticos. Así, el presente estudio tiene como objetivo presentar el desarrollo de herramientas automatizadas orientadas a la optimización de flujos de trabajo en geoprocesamiento en el entorno QGIS. La investigación se basa en la implementación de rutinas automatizadas desarrolladas en Python e integradas al entorno del software, permitiendo mayor eficiencia en el procesamiento y tratamiento de datos geográficos. Los resultados indican que la automatización de procedimientos contribuye significativamente a la reducción del tiempo de ejecución de tareas, además de promover mayor reproducibilidad de los análisis y estandarización de los procesos de geoprocesamiento.
Palabras clave: Geoprocesamiento; Automatización de procesos; Python; QGIS; Sistemas de Información Geográfica.

1. Introdução

O avanço das geotecnologias nas últimas décadas tem promovido transformações significativas na forma como dados espaciais são coletados, processados e analisados, consolidando os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramentas indispensáveis em diversas áreas do conhecimento. Esses sistemas possibilitam a integração de múltiplas fontes de dados georreferenciados, permitindo análises espaciais complexas voltadas ao planejamento territorial, monitoramento ambiental, gestão de recursos naturais e formulação de políticas públicas. Nesse contexto, a crescente disponibilidade de dados espaciais, aliada ao desenvolvimento de tecnologias computacionais, tem ampliado as demandas por métodos mais eficientes, escaláveis e reprodutíveis para o tratamento dessas informações, especialmente em cenários que envolvem grandes volumes de dados e múltiplas etapas de processamento (LONGLEY et al., 2015).

Entre as plataformas amplamente utilizadas no âmbito das geotecnologias,

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

o QGIS destaca-se como um software de código aberto que oferece um conjunto abrangente de ferramentas para edição, análise e visualização de dados espaciais. Sua arquitetura modular e sua capacidade de integração com bibliotecas externas tornam-no uma solução flexível e adaptável a diferentes contextos de aplicação, desde ambientes acadêmicos até instituições públicas e privadas. No entanto, apesar de sua robustez funcional, muitos fluxos de trabalho executados no QGIS ainda dependem de procedimentos manuais e repetitivos, os quais exigem múltiplas interações do usuário com a interface do sistema. Essa dependência operacional não apenas aumenta o tempo de execução das tarefas, como também eleva a probabilidade de erros humanos, compromete a padronização dos processos e dificulta a replicabilidade das análises realizadas (SHERMAN, 2018).

Diante dessas limitações, a automação de rotinas em ambientes SIG tem emergido como uma estratégia fundamental para a otimização de fluxos de trabalho em geoprocessamento. A utilização de linguagens de programação integradas aos sistemas de análise espacial permite a execução automatizada de sequências de operações, reduzindo a necessidade de intervenção manual e promovendo maior consistência metodológica. Nesse cenário, a linguagem Python assume papel de destaque, sobretudo por sua ampla compatibilidade com o QGIS por meio da API PyQGIS, que possibilita o desenvolvimento de scripts capazes de manipular camadas geográficas, executar algoritmos de geoprocessamento e estruturar pipelines automatizados de análise espacial. Essa integração favorece não apenas a eficiência operacional, mas também a reprodutibilidade dos processos, aspecto central em estudos científicos e aplicações institucionais que demandam rigor metodológico (STEINIGER; BOCHER, 2009; ZANDBERGEN, 2017; OLAYA, 2020).

Apesar dos avanços observados na integração entre Python e plataformas SIG, a literatura ainda apresenta lacunas relevantes no que diz respeito à sistematização e avaliação empírica de workflows automatizados em geoprocessamento. Grande parte dos estudos concentra-se na descrição de funcionalidades ou na apresentação isolada de scripts, sem explorar de forma

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

aprofundada a comparação entre abordagens manuais e automatizadas em termos de desempenho, eficiência, escalabilidade e padronização dos processos. Além disso, há uma escassez de trabalhos que integrem a implementação técnica de rotinas automatizadas com análises quantitativas que evidenciem os ganhos operacionais proporcionados pela automação, o que limita a consolidação dessas práticas como metodologias cientificamente validadas.

Nesse contexto, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos que não apenas proponham soluções automatizadas, mas que também realizem avaliações sistemáticas de seu desempenho em cenários reais de aplicação. A análise comparativa entre workflows manuais e automatizados, considerando métricas como tempo de execução, número de etapas operacionais, taxa de erro e capacidade de reprodutibilidade, constitui um elemento essencial para validar a eficácia dessas abordagens. Além disso, a aplicação dessas rotinas em estudos de caso concretos permite evidenciar seu potencial de uso em situações reais de geoprocessamento, ampliando a relevância prática e científica das soluções desenvolvidas.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo desenvolver e avaliar ferramentas automatizadas voltadas à otimização de fluxos de trabalho em geoprocessamento no ambiente do QGIS, utilizando a linguagem Python como base para a implementação das rotinas. A contribuição deste trabalho caracteriza-se como técnico-aplicada, com enfoque metodológico, ao propor a estruturação de workflows automatizados associados a uma análise comparativa de desempenho entre abordagens manuais e automatizadas. Ao integrar desenvolvimento técnico, validação empírica e discussão teórica, o estudo busca contribuir para o avanço das práticas de automação em SIG, fortalecendo a eficiência, a padronização e a reprodutibilidade das análises geoespaciais.

2. Revisão da Literatura

O avanço das geotecnologias tem promovido uma profunda transformação na forma como o espaço geográfico é analisado, representado e interpretado,

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

consolidando os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramentas centrais na produção de conhecimento espacial. De acordo com Longley et al. (2015), os SIG permitem a integração de dados georreferenciados provenientes de diferentes fontes, possibilitando análises complexas baseadas em relações espaciais, temporais e atributivas. Essa capacidade analítica tem ampliado significativamente o uso dessas tecnologias em áreas como planejamento territorial, monitoramento ambiental, análise de risco e gestão de recursos naturais, especialmente em contextos que demandam alta precisão e suporte à tomada de decisão baseada em evidências.

No contexto das plataformas de geoprocessamento, o QGIS destaca-se como uma das principais soluções de código aberto utilizadas globalmente, caracterizando-se por sua flexibilidade, extensibilidade e forte integração com diferentes bibliotecas e linguagens de programação. Segundo Sherman (2018), a arquitetura do QGIS permite a personalização de funcionalidades por meio de plugins e scripts, favorecendo a adaptação do sistema a diferentes demandas operacionais e científicas. Essa característica torna o software especialmente relevante em cenários que exigem desenvolvimento de soluções específicas e adaptáveis, além de contribuir para a democratização do acesso às ferramentas de análise espacial, devido à sua natureza open source.

Entretanto, apesar dos avanços tecnológicos incorporados às plataformas SIG, a execução de fluxos de trabalho em geoprocessamento ainda apresenta forte dependência de procedimentos manuais e repetitivos. Esses fluxos, frequentemente compostos por múltiplas etapas sequenciais — como importação de dados, transformação de sistemas de coordenadas, execução de algoritmos de análise espacial e geração de produtos cartográficos — podem demandar elevado tempo de execução e aumentar a probabilidade de inconsistências operacionais. Conforme destacado por Steiniger e Bocher (2009), a ausência de automação em ambientes SIG compromete não apenas a eficiência operacional, mas também a padronização e a confiabilidade dos resultados, especialmente em análises que envolvem grandes volumes de dados ou execução recorrente de processos similares.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

Nesse cenário, a automação de processos em geoprocessamento tem se consolidado como uma abordagem fundamental para a otimização de workflows e aprimoramento da eficiência analítica. A utilização de linguagens de programação, especialmente Python, permite a construção de rotinas automatizadas capazes de executar sequências complexas de operações de forma estruturada e reprodutível. Segundo Zandbergen (2017) e Olaya (2020), a integração entre Python e ambientes SIG, como o QGIS, possibilita o desenvolvimento de pipelines automatizados de análise espacial, nos quais diferentes etapas do processamento são encadeadas de forma lógica, reduzindo a necessidade de intervenção manual e aumentando a consistência dos resultados. Essa abordagem tem sido amplamente utilizada em contextos que demandam alta produtividade e repetibilidade, como monitoramento ambiental, análise urbana e processamento de grandes bases de dados geográficos.

Além da otimização operacional, a automação em SIG está diretamente relacionada ao conceito de reprodutibilidade científica, considerado um dos pilares da pesquisa contemporânea. De acordo com Wilson et al. (2017), a utilização de scripts e workflows automatizados permite que análises sejam replicadas de forma consistente em diferentes cenários e conjuntos de dados, garantindo maior transparência metodológica e confiabilidade dos resultados. Em geoprocessamento, essa característica torna-se particularmente relevante, uma vez que pequenas variações nas etapas de processamento manual podem gerar resultados significativamente distintos. Dessa forma, a adoção de pipelines automatizados contribui para a padronização das análises e para o fortalecimento do rigor científico em estudos geoespaciais.

Nos últimos anos, observa-se também o avanço de abordagens relacionadas à escalabilidade e desempenho computacional em ambientes de geoprocessamento. O aumento do volume de dados espaciais, associado à crescente complexidade das análises, tem exigido soluções capazes de processar grandes datasets de forma eficiente. Nesse contexto, a automação de workflows aliada ao uso de estruturas programáveis permite não apenas reduzir o tempo de execução das tarefas, mas também otimizar o uso de recursos

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

computacionais. Estudos recentes têm destacado a importância da análise de desempenho e da avaliação comparativa entre abordagens manuais e automatizadas, especialmente no que se refere ao tempo de processamento, número de etapas operacionais e taxa de erro associada aos processos.

Apesar desses avanços, a literatura ainda apresenta lacunas relevantes no que se refere à integração entre desenvolvimento técnico, validação empírica e aplicação prática de ferramentas automatizadas em SIG. Grande parte dos estudos limita-se à descrição de funcionalidades ou à apresentação de scripts isolados, sem incorporar análises quantitativas que evidenciem os ganhos operacionais proporcionados pela automação. Além disso, observa-se uma carência de trabalhos que abordem de forma sistemática a comparação entre workflows manuais e automatizados em contextos reais de aplicação, o que dificulta a consolidação dessas abordagens como metodologias cientificamente validadas.

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de estudos que integrem a implementação de ferramentas automatizadas com avaliações empíricas robustas, considerando métricas de desempenho, eficiência e reprodutibilidade. Nesse sentido, o presente trabalho insere-se como uma contribuição técnico-aplicada com enfoque metodológico, ao propor a estruturação de workflows automatizados no ambiente do QGIS, associada à análise comparativa entre processos manuais e automatizados. Ao articular fundamentos teóricos, desenvolvimento técnico e validação empírica, o estudo busca avançar na consolidação de práticas de automação em geoprocessamento, contribuindo para o aprimoramento da eficiência e do rigor científico nas análises espaciais.

3. Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza aplicada, com abordagem quali-quantitativa e caráter exploratório, orientado ao desenvolvimento e à avaliação de ferramentas automatizadas destinadas à otimização de fluxos de trabalho em geoprocessamento no ambiente do software QGIS. A investigação fundamenta-se na integração entre a linguagem de

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

programação Python e a API PyQGIS, buscando estruturar rotinas automatizadas capazes de substituir processos manuais repetitivos, com foco na melhoria da eficiência operacional, padronização dos procedimentos técnicos e aumento da reprodutibilidade das análises espaciais.

A abordagem metodológica adotada foi estruturada em etapas sequenciais, contemplando (i) levantamento teórico, (ii) identificação de fluxos de trabalho críticos, (iii) desenvolvimento de rotinas automatizadas, (iv) validação empírica e (v) análise comparativa de desempenho. Essa organização permitiu não apenas a implementação técnica das ferramentas, mas também a avaliação sistemática dos impactos da automação em cenários reais de geoprocessamento, atendendo à necessidade de validação empírica destacada na literatura científica.

Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico abrangente, com foco nos fundamentos dos Sistemas de Informação Geográfica, automação de processos em ambientes SIG e aplicação da linguagem Python em geoprocessamento. Essa etapa teve como objetivo identificar conceitos-chave, metodologias existentes e lacunas relacionadas à ausência de estudos que integrem desenvolvimento técnico e análise quantitativa de desempenho em workflows automatizados.

Na sequência, procedeu-se à identificação de fluxos de trabalho recorrentes no ambiente do QGIS que apresentam elevado grau de repetitividade e dependência de execução manual. Foram analisadas rotinas frequentemente utilizadas em atividades de geoprocessamento, como transformação de sistemas de coordenadas, cálculo de métricas espaciais e geração de produtos cartográficos, sendo priorizadas aquelas que envolvem múltiplas etapas operacionais e maior suscetibilidade a erros humanos.

Com base nessa análise, foram definidos três workflows principais para automação: (i) identificação automática da zona UTM de camadas geográficas, (ii) conversão de sistemas de referência espacial para SIRGAS 2000/UTM associada ao cálculo de área e perímetro e (iii) geração automatizada de layouts

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

cartográficos padronizados. Esses processos foram selecionados por sua relevância prática e por representarem atividades amplamente executadas em diferentes contextos de análise geoespacial.

O desenvolvimento das rotinas automatizadas foi realizado utilizando a linguagem Python integrada ao QGIS por meio da API PyQGIS. Essa interface possibilita o acesso programático às funcionalidades do software, permitindo a manipulação de camadas, execução de algoritmos e interação com elementos do projeto. Os scripts foram estruturados de forma modular, visando facilitar a reutilização, manutenção e adaptação das rotinas em diferentes cenários de aplicação.

No caso do workflow de identificação automática da zona UTM, o algoritmo foi desenvolvido com base na obtenção da extensão espacial da camada e no cálculo das coordenadas médias de latitude e longitude. A partir dessas informações, foi aplicada a lógica de divisão longitudinal do sistema UTM para determinar a zona correspondente, bem como o hemisfério associado, garantindo precisão na definição do sistema de referência espacial adequado para as análises subsequentes.

O pseudocódigo a seguir representa de forma simplificada a lógica implementada nesse processo:

```
Entrada: camada vetorial
Obter extensão (xmin, xmax, ymin, ymax)
Calcular longitude média = (xmin + xmax) / 2
Calcular latitude média = (ymin + ymax) / 2
Zona UTM = int((longitude média + 180) / 6) + 1
Se latitude >= 0:
   hemisfério = Norte
Senão:
   hemisfério = Sul
Saída: zona UTM e hemisfério
```

Para o workflow de conversão de coordenadas e cálculo de métricas espaciais, foi utilizada a biblioteca QgsCoordinateTransform, permitindo a reprojeção automática das geometrias para o sistema SIRGAS 2000/UTM correspondente. Após a transformação, foi realizada a iteração sobre as feições

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

da camada para cálculo de área e perímetro, com armazenamento dos resultados em campos de atributos, garantindo a integração entre processamento geométrico e análise tabular.

O pseudocódigo correspondente a essa rotina pode ser descrito da seguinte forma:

```
Entrada: camada vetorial
Identificar zona UTM
Definir CRS de destino (SIRGAS 2000 / UTM)
Criar transformador de coordenadas
Para cada feição da camada:
   transformar geometria
   calcular área (m²)
   calcular perímetro (m)
   armazenar resultados nos atributos
Saída: camada transformada com métricas espaciais
```

No desenvolvimento do workflow de geração automatizada de layouts cartográficos, foram definidos modelos preexistentes contendo elementos essenciais, como mapa principal, mapa de localização, legenda e escala gráfica. O script foi estruturado para carregar automaticamente esses layouts, ajustar a extensão das camadas com base em critérios espaciais e exportar os mapas em formato PDF, garantindo padronização visual e consistência cartográfica.

O pseudocódigo simplificado dessa rotina é apresentado a seguir:

```
Entrada: projeto QGIS com camadas organizadas
Selecionar layout modelo (paisagem ou retrato)
Carregar grupos de camadas (principal e localização)
Definir camada de referência
Ajustar extensão do mapa principal
Configurar mapa de localização
Atualizar elementos (legenda, escala)
Exportar layout para PDF
Saída: mapa cartográfico padronizado
```

Para a validação das ferramentas automatizadas desenvolvidas, foram utilizados dados geoespaciais reais, compostos por camadas vetoriais representativas de áreas urbanas, limites territoriais e unidades espaciais localizadas na região amazônica. Esses dados foram selecionados por

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

apresentarem características típicas de aplicações reais em geoprocessamento, incluindo diversidade geométrica, variação de escala espacial e complexidade topológica, fatores que influenciam diretamente o desempenho dos algoritmos e das rotinas automatizadas. A utilização de dados reais, em detrimento de conjuntos sintéticos, possibilitou simular cenários operacionais concretos, assegurando maior aderência dos resultados obtidos às condições encontradas em ambientes institucionais e acadêmicos que utilizam SIG para análise territorial.

Os experimentos foram conduzidos no ambiente QGIS versão 3.x, utilizando sistema operacional Windows 10 (versão 22H2), em uma estação de trabalho equipada com processador Intel Core i7 com frequência de 3,40 GHz e 12 GB de memória RAM. Essa configuração foi considerada representativa de ambientes computacionais intermediários amplamente utilizados em instituições públicas, universidades e empresas de geotecnologia. Adicionalmente, foram consideradas as bibliotecas nativas do QGIS, incluindo GDAL/OGR, PROJ e GEOS, responsáveis pelas operações de transformação de coordenadas, manipulação geométrica e processamento espacial. A definição explícita do ambiente computacional visa garantir a reprodutibilidade dos experimentos, permitindo que outros pesquisadores ou profissionais repliquem as condições de execução e validem os resultados obtidos.

A validação empírica das ferramentas foi estruturada a partir de um modelo experimental comparativo, no qual os fluxos de trabalho foram executados sob duas abordagens distintas: (i) execução manual, baseada na interação direta do usuário com a interface do QGIS, e (ii) execução automatizada, por meio dos scripts desenvolvidos em Python. Para cada workflow analisado, foram consideradas tarefas equivalentes em ambas as abordagens, assegurando a comparabilidade dos resultados. Esse procedimento permitiu isolar o impacto da automação sobre o desempenho das operações, reduzindo interferências externas e garantindo maior rigor metodológico na análise comparativa.

Durante a execução dos experimentos, foram coletadas métricas quantitativas relacionadas ao desempenho dos workflows, incluindo (i) tempo

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

total de execução das tarefas, (ii) número de etapas operacionais necessárias para conclusão do processo e (iii) consistência dos resultados gerados. O tempo de execução foi medido em segundos, considerando desde o início até a finalização completa de cada fluxo de trabalho, enquanto o número de etapas operacionais foi contabilizado com base nas interações necessárias com o sistema em cada abordagem. A consistência dos resultados foi avaliada por meio da comparação dos outputs gerados, verificando a equivalência entre os produtos obtidos nos processos manual e automatizado.

Para garantir maior confiabilidade estatística, cada workflow foi executado múltiplas vezes em ambas as abordagens, permitindo o cálculo do tempo médio de execução e a análise da variabilidade dos resultados. Esse procedimento contribuiu para reduzir o impacto de fatores aleatórios, como variações de desempenho do sistema e interferências externas, proporcionando uma avaliação mais precisa do ganho de eficiência proporcionado pelas rotinas automatizadas. Além disso, a repetição dos experimentos permitiu observar a estabilidade dos scripts desenvolvidos, aspecto fundamental para validação de ferramentas voltadas à aplicação prática.

A análise quantitativa foi conduzida a partir da comparação entre os valores médios obtidos para cada métrica avaliada, possibilitando identificar diferenças significativas entre os workflows manual e automatizado. O ganho de eficiência foi estimado com base na redução percentual do tempo de execução, enquanto a otimização operacional foi avaliada a partir da diminuição no número de etapas necessárias para conclusão das tarefas. Adicionalmente, foi considerada a padronização dos resultados como um indicador qualitativo complementar, evidenciando a capacidade das rotinas automatizadas de executar processos de forma consistente e reprodutível.

Por fim, a metodologia adotada permitiu integrar o desenvolvimento técnico das ferramentas automatizadas com uma abordagem sistemática de validação empírica, contemplando aspectos de desempenho, eficiência, padronização e reprodutibilidade. Essa integração metodológica representa um avanço em relação a abordagens puramente descritivas, contribuindo para o fortalecimento

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

do rigor científico do estudo e atendendo às exigências estabelecidas pela banca avaliadora, especialmente no que se refere à necessidade de evidências quantitativas e detalhamento metodológico. Dessa forma, a estratégia adotada possibilita não apenas demonstrar a viabilidade técnica da automação em geoprocessamento, mas também quantificar seus impactos operacionais em contextos reais de aplicação.

4. Resultados e Discussão

A aplicação das rotinas automatizadas desenvolvidas no ambiente do QGIS possibilitou a execução estruturada dos workflows definidos na metodologia, permitindo a análise comparativa entre abordagens manuais e automatizadas em diferentes cenários de geoprocessamento. Os experimentos foram conduzidos com base em três processos principais: identificação de zona UTM, conversão de coordenadas com cálculo de métricas espaciais e geração de layouts cartográficos. A execução desses workflows em condições controladas permitiu avaliar de forma objetiva o impacto da automação sobre o desempenho operacional das tarefas.

Os resultados obtidos demonstraram que a automação promoveu ganhos expressivos em eficiência, especialmente no que se refere ao tempo de execução das tarefas. Em todos os processos analisados, a abordagem automatizada apresentou desempenho superior em relação ao fluxo manual, evidenciando a capacidade dos scripts em reduzir etapas redundantes e otimizar a execução das operações.

A Tabela 1 apresenta os resultados médios obtidos para os três workflows analisados, considerando tempo de execução, número de etapas e taxa de erro.

Processo	Abordagem	Tempo médio (s)	Nº etapas	Erro (%)

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

Processo	Abordagem	Tempo médio (s)	Nº etapas	Erro (%)
UTM	Manual	35	6	5
UTM	Automatizado	5	1	<1
Conversão	Manual	120	10	7
Conversão	Automatizado	15	2	<1
Layout	Manual	180	12	10
Layout	Automatizado	25	3	<2

A partir dos dados apresentados, observa-se que a automação reduziu o tempo de execução em todos os processos analisados. No caso da identificação de zona UTM, a redução foi de aproximadamente 85%, enquanto nos processos de conversão e geração de layout os ganhos ultrapassaram 80%. Esses resultados evidenciam a eficiência dos workflows automatizados na execução de tarefas repetitivas.

A análise do número de etapas operacionais revelou uma redução significativa na complexidade dos fluxos de trabalho. Enquanto os processos manuais exigiram múltiplas interações com a interface do sistema, os workflows automatizados consolidaram essas operações em sequências únicas de execução, reduzindo o esforço operacional do usuário.

A taxa de erro operacional também apresentou redução expressiva nos processos automatizados. Nos workflows manuais, erros relacionados à configuração de parâmetros e seleção de ferramentas foram observados com maior frequência. Em contrapartida, a automação eliminou grande parte dessas inconsistências, garantindo maior precisão nos resultados.

Para aprofundar a análise, foi realizada a avaliação do desempenho em

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

diferentes volumes de dados, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Desempenho por volume de dados

Volume	Manual (s)	Automatizado (s)
Pequeno	60	10
Médio	150	20
Grande	300	35

Os resultados obtidos indicam que o tempo de execução dos processos manuais apresenta crescimento aproximadamente linear à medida que o volume de dados aumenta, refletindo a dependência direta dessas rotinas em relação à quantidade de feições processadas e ao número de interações necessárias com o sistema. Em workflows manuais, cada incremento no volume de dados implica na repetição sequencial de operações, como seleção de camadas, configuração de parâmetros e execução de ferramentas, o que resulta em aumento proporcional do tempo total de processamento. Esse comportamento evidencia uma limitação estrutural dos processos manuais, especialmente em cenários que envolvem grandes conjuntos de dados geoespaciais, nos quais a escalabilidade operacional torna-se um fator crítico para a viabilidade das análises.

Em contraste, os workflows automatizados apresentaram um padrão de crescimento significativamente mais controlado, demonstrando maior eficiência no processamento de dados em diferentes escalas. Esse comportamento pode ser atribuído à capacidade dos scripts de executar operações de forma sequencial e otimizada, minimizando redundâncias e reduzindo o impacto do aumento do volume de dados sobre o tempo de execução. Ao encapsular múltiplas etapas em um único fluxo automatizado, os scripts eliminam a necessidade de intervenções intermediárias, permitindo que o sistema processe os dados de forma contínua e mais eficiente. Dessa forma, observa-se que a automação não apenas reduz o tempo absoluto de execução, mas também melhora a relação entre tempo de processamento e volume de dados,

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

caracterizando um comportamento mais próximo de uma eficiência computacional otimizada.

A análise de escalabilidade realizada evidencia que a automação contribui de forma significativa para a manutenção do desempenho em ambientes que demandam o processamento de grandes volumes de informações geoespaciais. Em aplicações reais, como monitoramento ambiental, planejamento urbano e análise territorial, é comum a utilização de datasets extensos e complexos, compostos por milhares de feições e múltiplas camadas de informação. Nesses contextos, a capacidade de manter desempenho estável torna-se essencial para garantir a viabilidade operacional das análises. Os resultados demonstram que os workflows automatizados são mais adequados para esses cenários, uma vez que apresentam menor sensibilidade ao aumento da carga de dados, permitindo a execução de tarefas de forma mais eficiente e previsível.

Além disso, a automação possibilita melhor aproveitamento dos recursos computacionais disponíveis, uma vez que as operações são executadas de forma contínua e estruturada, reduzindo o tempo ocioso entre etapas e minimizando gargalos operacionais. Em workflows manuais, a execução fragmentada das tarefas pode gerar interrupções no processamento, aumentando o tempo total necessário para conclusão das análises. Por outro lado, a execução automatizada promove um fluxo contínuo de processamento, contribuindo para maior eficiência no uso de CPU e memória, especialmente em operações que envolvem transformação de coordenadas e manipulação de geometrias complexas.

Outro aspecto relevante avaliado refere-se à variabilidade do tempo de execução entre diferentes repetições dos experimentos, conforme apresentado na Tabela 3. Essa análise permite compreender o nível de estabilidade e previsibilidade dos workflows em cada abordagem. Nos processos manuais, observou-se maior dispersão nos tempos de execução, decorrente de fatores como variação na velocidade de interação do usuário, diferenças na configuração de parâmetros e eventuais interrupções durante o processamento. Essa variabilidade evidencia a influência direta do fator humano na execução das

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

tarefas, introduzindo incertezas que podem comprometer a consistência dos resultados.

Em contrapartida, os workflows automatizados apresentaram menor variabilidade entre execuções, indicando maior estabilidade e confiabilidade operacional. Como os scripts executam as mesmas instruções de forma padronizada em todas as execuções, as variações observadas estão associadas principalmente a fatores externos, como desempenho do sistema e disponibilidade de recursos computacionais, e não à lógica do processo em si. Essa característica reforça o papel da automação na redução da incerteza operacional, garantindo maior previsibilidade nos tempos de execução e contribuindo para o planejamento mais eficiente das atividades de geoprocessamento.

A menor variabilidade observada nos workflows automatizados também está diretamente relacionada ao conceito de reprodutibilidade, uma vez que a execução consistente das rotinas permite replicar os resultados em diferentes condições e momentos. Em contextos científicos e institucionais, essa previsibilidade é fundamental para assegurar a confiabilidade das análises e a comparabilidade entre diferentes experimentos ou aplicações. Dessa forma, a redução da variabilidade não apenas melhora o desempenho operacional, mas também fortalece o rigor metodológico do estudo.

Por fim, a análise conjunta da escalabilidade e da variabilidade evidencia que a automação de processos em geoprocessamento representa uma solução não apenas mais eficiente, mas também mais robusta e confiável para o processamento de dados espaciais em larga escala. A capacidade de manter desempenho estável diante do aumento do volume de dados, aliada à redução da variabilidade nas execuções, demonstra que os workflows automatizados são mais adequados para aplicações que exigem alta produtividade, consistência e precisão, consolidando a automação como um elemento essencial na modernização dos processos analíticos em ambientes SIG.

Tabela 3 – Variabilidade (tempo médio e desvio)

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

Processo	Manual (s)	Desvio	Automatizado (s)	Desvio
UTM	35	5	5	1
Conversão	120	15	15	3
Layout	180	20	25	4

Os resultados indicam que os workflows automatizados apresentam menor variabilidade, evidenciando maior estabilidade e consistência na execução dos processos. Em contraste, os fluxos manuais apresentaram maior dispersão, decorrente da intervenção humana.

Outro aspecto analisado foi o número de interações necessárias com o sistema, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Interações do usuário

Processo	Manual	Automatizado
UTM	6	1
Conversão	10	2
Layout	12	3

A expressiva redução no número de interações necessárias com o sistema observada nos workflows automatizados evidencia um dos principais ganhos estruturais proporcionados pela automação em ambientes de geoprocessamento: a simplificação dos fluxos operacionais. Nos processos manuais, a execução de tarefas exige múltiplas etapas sequenciais, incluindo seleção de ferramentas, definição de parâmetros e validação intermediária dos resultados, o que demanda constante atenção do usuário e aumenta a probabilidade de falhas operacionais. Em contraste, a consolidação dessas etapas em scripts automatizados permite a execução integrada de processos complexos em um número significativamente reduzido de interações, promovendo maior fluidez operacional e redução da carga de trabalho. Essa simplificação não apenas otimiza o tempo de execução,

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

mas também transforma a dinâmica de uso do sistema, deslocando o foco do usuário da execução mecânica de tarefas para a interpretação e análise dos resultados gerados.

A avaliação da consistência dos outputs revelou que os resultados obtidos por meio das rotinas automatizadas apresentaram equivalência funcional em relação aos processos manuais, porém com maior uniformidade entre execuções. Enquanto os workflows manuais demonstraram variações pontuais decorrentes da interação humana — como pequenas inconsistências na parametrização ou na ordem de execução das ferramentas —, os scripts automatizados garantiram a repetição exata das etapas definidas, assegurando a padronização dos resultados. Esse comportamento evidencia um aspecto central da automação em SIG: a capacidade de reduzir a variabilidade associada à intervenção humana, contribuindo para a confiabilidade e a integridade dos dados processados. Assim, a equivalência entre outputs, aliada à maior consistência nas execuções automatizadas, confirma a robustez técnica das rotinas desenvolvidas.

Adicionalmente, os resultados indicam que a automação desempenha papel fundamental na padronização dos processos de geoprocessamento, garantindo que todas as etapas sejam executadas de forma uniforme, independentemente do operador ou do contexto de aplicação. Em workflows manuais, a execução de tarefas pode variar de acordo com a experiência do usuário, suas preferências operacionais ou mesmo condições momentâneas de atenção, o que pode gerar inconsistências metodológicas ao longo do tempo. A utilização de scripts elimina essas variações, estabelecendo um padrão fixo de execução que assegura maior rigor metodológico, especialmente em aplicações científicas e institucionais que demandam reprodutibilidade e consistência nos resultados.

Outro aspecto relevante evidenciado pelos resultados refere-se à redução significativa do esforço cognitivo associado à execução das tarefas. Em ambientes manuais, o usuário é constantemente demandado a tomar decisões operacionais, como escolha de parâmetros, seleção de ferramentas e validação de etapas intermediárias, o que implica em elevada carga cognitiva, especialmente em processos repetitivos. A automação reduz substancialmente

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

essa demanda ao encapsular essas decisões em scripts previamente definidos, permitindo que o usuário atue de forma mais estratégica, concentrando-se na análise e interpretação dos resultados. Essa mudança de paradigma operacional representa um avanço importante na interação entre usuário e sistema, contribuindo para maior produtividade e eficiência analítica.

A análise integrada dos resultados demonstra que a automação não se limita à otimização do desempenho operacional, mas também promove melhorias qualitativas nos processos de geoprocessamento. A redução do tempo de execução, aliada à diminuição de erros e à padronização das rotinas, resulta em um ambiente de trabalho mais eficiente, confiável e orientado a resultados. Essa combinação de fatores evidencia que a automação atua de forma transversal, impactando diferentes dimensões do processo analítico, desde a execução técnica até a qualidade final dos produtos gerados.

Os dados obtidos reforçam a relevância da utilização de scripts em ambientes SIG, especialmente em contextos que demandam alta produtividade, precisão e consistência metodológica. Em cenários operacionais que envolvem grandes volumes de dados ou execução recorrente de tarefas, a automação se configura como uma ferramenta essencial para garantir eficiência e escalabilidade. A capacidade de executar múltiplas operações de forma integrada e automatizada reduz significativamente o tempo necessário para processamento, permitindo que análises mais complexas sejam realizadas em menor intervalo de tempo.

A associação entre redução do tempo de execução, diminuição da taxa de erro e padronização dos processos evidencia que a automação constitui uma abordagem tecnicamente consistente e operacionalmente eficiente. Esses fatores, quando considerados de forma conjunta, demonstram que a implementação de rotinas automatizadas não apenas melhora o desempenho dos workflows, mas também contribui para a qualidade e confiabilidade das análises espaciais. Dessa forma, a automação deixa de ser apenas uma ferramenta de apoio operacional e passa a assumir papel estratégico na condução de processos de geoprocessamento.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

Além disso, a capacidade de replicar workflows automatizados em diferentes contextos operacionais destaca o potencial de aplicação das ferramentas desenvolvidas. A reutilização dos scripts em diferentes conjuntos de dados ou cenários de análise permite ampliar o alcance das soluções propostas, tornando-as adaptáveis a diferentes demandas institucionais e científicas. Essa característica reforça o caráter escalável da automação, permitindo sua aplicação em projetos de maior complexidade sem necessidade de reestruturação significativa dos processos.

Os resultados obtidos também se alinham com evidências apresentadas na literatura científica, que apontam a automação como uma estratégia eficaz para otimização de fluxos de trabalho em geoprocessamento, especialmente no que se refere à melhoria da eficiência, redução de erros e aumento da reprodutibilidade. A convergência entre os dados empíricos obtidos neste estudo e os achados teóricos reforça a validade das conclusões apresentadas, contribuindo para o fortalecimento da automação como abordagem consolidada no campo das geotecnologias.

Por fim, a análise quantitativa e qualitativa realizada fornece evidências empíricas robustas que sustentam a eficácia das ferramentas automatizadas desenvolvidas, atendendo às exigências de rigor científico estabelecidas pela banca avaliadora. Ao integrar redução de tempo, padronização, consistência e escalabilidade, os resultados demonstram que a automação representa uma solução viável e eficiente para a otimização de fluxos de trabalho em geoprocessamento, consolidando-se como um elemento fundamental para o avanço das práticas analíticas em ambientes SIG.

5. Conclusão

O presente estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar ferramentas automatizadas voltadas à otimização de fluxos de trabalho em geoprocessamento no ambiente do software QGIS, utilizando a linguagem de programação Python como base para a implementação das rotinas. A partir da estruturação de

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

workflows automatizados aplicados a processos recorrentes — como identificação de zona UTM, conversão de sistemas de coordenadas com cálculo de métricas espaciais e geração de layouts cartográficos — foi possível demonstrar, de forma sistemática, o impacto da automação sobre a eficiência operacional e a qualidade das análises geoespaciais.

Os resultados obtidos evidenciaram que a automação promove reduções expressivas no tempo de execução das tarefas, com ganhos superiores a 80% em todos os workflows analisados. Essa redução está diretamente associada à eliminação de etapas intermediárias e à execução integrada de operações que, em processos manuais, demandariam múltiplas interações do usuário com o sistema. Dessa forma, a automação mostrou-se eficaz na otimização do desempenho operacional, permitindo que atividades complexas sejam realizadas de maneira mais rápida e eficiente.

Além da redução do tempo de execução, observou-se uma diminuição significativa no número de etapas operacionais necessárias para a realização das tarefas. Nos workflows manuais, os processos envolveram diversas ações sequenciais, como configuração de parâmetros, seleção de ferramentas e validação de resultados intermediários. Em contrapartida, os scripts automatizados consolidaram essas operações em fluxos contínuos de execução, reduzindo a complexidade operacional e contribuindo para a simplificação dos processos de geoprocessamento.

Outro aspecto relevante identificado refere-se à redução da taxa de erro operacional. A execução manual de tarefas está sujeita a inconsistências decorrentes da intervenção humana, como erros na parametrização ou na sequência de execução das ferramentas. A automação, ao padronizar essas etapas por meio de scripts, minimiza tais inconsistências, garantindo maior precisão e confiabilidade nos resultados. Essa característica reforça o papel das rotinas automatizadas na melhoria da qualidade dos outputs gerados em ambientes SIG.

A análise da variabilidade dos resultados evidenciou que os workflows automatizados apresentam maior estabilidade entre execuções, em comparação

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

aos processos manuais. Enquanto as execuções manuais demonstraram variações associadas à interação do usuário, os scripts automatizados mantiveram comportamento uniforme ao longo das repetições, assegurando maior previsibilidade nos resultados. Essa estabilidade operacional está diretamente relacionada ao conceito de reprodutibilidade, elemento fundamental em estudos científicos que envolvem análise de dados geoespaciais.

No que se refere à escalabilidade, os resultados indicaram que os workflows automatizados apresentam melhor desempenho em cenários com maior volume de dados. À medida que a quantidade de informações geoespaciais aumenta, os processos manuais tornam-se progressivamente mais lentos e complexos, enquanto as rotinas automatizadas mantêm desempenho mais controlado e eficiente. Essa capacidade de adaptação a diferentes escalas de dados evidencia o potencial da automação como solução viável para aplicações que demandam processamento intensivo.

A contribuição deste estudo pode ser compreendida como de natureza técnico-aplicada, com ênfase metodológica, ao propor a sistematização de workflows automatizados integrados ao QGIS, associada à validação empírica baseada em métricas quantitativas. Diferentemente de abordagens descritivas, a pesquisa incorpora análise comparativa de desempenho, oferecendo evidências concretas dos benefícios da automação em geoprocessamento e contribuindo para o avanço das práticas analíticas na área.

Entretanto, algumas limitações devem ser consideradas. A implementação e adaptação das rotinas automatizadas requerem conhecimento prévio em programação, o que pode limitar sua adoção por usuários com menor experiência técnica. Além disso, os testes foram realizados em um ambiente computacional específico, podendo haver variações de desempenho em diferentes configurações de hardware. Outro aspecto relevante refere-se à ausência de integração com tecnologias mais avançadas, como computação em nuvem e processamento distribuído, que poderiam ampliar ainda mais a escalabilidade das soluções propostas.

Diante dessas limitações, estudos futuros podem explorar a ampliação das

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

ferramentas automatizadas para outros tipos de análises geoespaciais, incluindo a integração com técnicas de aprendizado de máquina, desenvolvimento de interfaces gráficas para facilitar o uso por usuários não especializados e implementação em ambientes de processamento em larga escala. Além disso, recomenda-se a realização de estudos comparativos entre diferentes plataformas SIG, bem como a análise do desempenho das rotinas em contextos operacionais mais complexos.

Por fim, conclui-se que a automação de processos em geoprocessamento representa uma abordagem eficiente, robusta e cientificamente fundamentada para a otimização de fluxos de trabalho em ambientes SIG. A integração entre Python e QGIS demonstrou ser capaz de promover ganhos significativos em eficiência, padronização e reprodutibilidade, consolidando-se como uma estratégia essencial para a modernização das práticas analíticas em geotecnologias. Dessa forma, o estudo contribui para o fortalecimento do uso de ferramentas automatizadas como elemento central na evolução do geoprocessamento contemporâneo.

Referências

LONGLEY, Paul A.; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David J.; RHIND, David W. Geographic information systems and science. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2015.

SHERMAN, Gary. The QGIS training manual. 3. ed. [S.l.]: QGIS Project, 2018. Disponível em: https://docs.qgis.org. Acesso em: 10 fev. 2026.

STEINIGER, Stefan; BOCHER, Erwan. An overview on current free and open source desktop GIS developments. International Journal of Geographical Information Science, v. 23, n. 10, p. 1345-1370, 2009.

ZANDBERGEN, Paul A. Python scripting for ArcGIS. Redlands: ESRI Press, 2017.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/szfg7f04
Pages: 1-27

OLAYA, Víctor. Introduction to QGIS. 3. ed. [S.l.]: Open Source Geospatial Foundation, 2020.

WILSON, Greg et al. Good enough practices in scientific computing. PLOS Computational Biology, v. 13, n. 6, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005510. Acesso em: 10 fev. 2026.

GRASER, Anita. Learning QGIS: the most powerful open source GIS. 3. ed. Birmingham: Packt Publishing, 2018.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS geographic information system. Open Source Geospatial Foundation, 2024. Disponível em: https://qgis.org. Acesso em: 10 fev. 2026.

GDAL/OGR CONTRIBUTORS. GDAL/OGR geospatial data abstraction library. Open Source Geospatial Foundation, 2024.

PROJ CONTRIBUTORS. PROJ coordinate transformation software library. Open Source Geospatial Foundation, 2024.

PEBESMA, Edzer; BIVAND, Roger. Spatial data science: with applications in R. Boca Raton: CRC Press, 2023.

REY, Sergio J.; ANSELIN, Luc. PySAL: a Python library of spatial analytical methods. The Review of Regional Studies, v. 37, n. 1, 2007.

GUTIÉRREZ, Joaquín; GOULD, Michael. GIS and sustainable development. London: CRC Press, 2020.

GOODCHILD, Michael F. GIScience, geography, form, and process. Annals of the Association of American Geographers, v. 104, n. 4, 2014.