

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

WEDERSON MARTINS VARANIS

**INTEGRAÇÃO ENTRE PYTHON E QGIS: CÁLCULO DE
SINUOSIDADE**

**ITAQUI
2024**

WEDERSON MARTINS VARANIS

**INTEGRAÇÃO ENTRE PYTHON E QGIS: CÁLCULO DO
COEFICIENTE DE SINUOSIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em .

Orientador: Cristiano Galafassi

Coorientadora: Leydimerre Janny Cota Oliveira

**ITAQUI
2024**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

V288i Varanis, Wederson Martins

Integração entre Python e QGIS: cálculo do coeficiente sinuosidade / Wederson Martins Varanis. – 2024.

32 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA, 2024.

“Orientador: Cristiano Galafassi”.

“Coorientadora: Leydimerre Janny Cota Oliveira”.

1. Coeficiente de sinuosidade. 2. Programação Python. 3. Hidrologia.

WEDERSON MARTINS VARANIS


INTEGRAÇÃO ENTRE PYTHON E QGIS: CÁLCULO DE SINUOSIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em (Engenharia Cartográfica e de Agrimensura).


Área de concentração:

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: dia, mês e ano.


Banca examinadora:

 Documento assinado digitalmente
CRISTIANO GALAFASSI
Data: 22/07/2024 14:06:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Cristiano Galafassi
Orientador
Unipampa

 Documento assinado digitalmente
LEYDIMERE JANNY COTA OLIVEIRA
Data: 22/07/2024 13:10:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Drª. Leydimere Janny Cota Oliveira
Co-orientadora
Unipampa

 Documento assinado digitalmente
IGOR SILVEIRA ELESBAO
Data: 22/07/2024 10:13:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Igor Silveira Elesbao
Unipampa

Dedico este trabalho aos meus pais, que me apoiaram todos esses anos e me ajudaram a não desistir, ao Isaias por me aguentar neste período de escrita que me exauriu, e pelo meu amigo André por me ajudar em formatações e idéias.

AGRADECIMENTO

Ao professor Cristiano, pela oportunidade e apoio ao apresentar este TCC.

Ao meu colega André Fontana, pela ajuda

E, pelo curso me dar a oportunidade de absorver tanto conhecimento nesses anos.

“As pessoas fortes não derrubam os
outros, elas ajudam-nas a se erguerem”
(Kakaroto; **Dragon Ball Super: Broly**,
2018)

RESUMO

A gestão eficiente dos recursos hídricos, que é essencial para a sobrevivência humana e a manutenção de ecossistemas, é um dos objetivos das Nações Unidas, com metas de cooperação e capacitação internacional até 2030. No contexto tecnológico, a utilização de Sistemas Qgis® pode auxiliar na análise do coeficiente de sinuosidade dos rios, uma variável que afeta a erosão, a sedimentação e a qualidade da água. No entanto, a falta de ferramentas específicas para essa análise no Qgis® representa um desafio. Assim, a criação de um plugin específico para calcular o coeficiente de sinuosidade de rios em Python para a plataforma Qgis® visa preencher essa lacuna, facilitando o monitoramento e a gestão sustentável dos recursos hídricos. Foi desenvolvido um plugin na plataforma PyCharm® utilizando a linguagem Python, com o código dividido em oito passos, a partir de um diretório configurado para arquivo de metadados e os arquivos de inicialização e lógica principal, com o apoio de bibliotecas. Implementou-se o arquivo responsável pelo cálculo do coeficiente de sinuosidade, utilizando a equação do coeficiente de sinuosidade, podendo ser adicionado ícones. O plugin foi instalado no Qgis® e sua ativação se deu no complemento do software. O plugin permite que o usuário selecione um trecho hidrológico para o cálculo de coeficiente de sinuosidade por meio de uma camada vetorial no Qgis®.

Palavras-Chave: Coeficiente de sinuosidade. Programação Python. Hidrologia.

ABSTRACT

Efficient water resource management, essential for human survival and ecosystem maintenance, is one of the United Nations' goals, with targets for international cooperation and capacity building by 2030. In the technological context, the use of Qgis® can assist in analyzing river sinuosity coefficient, a variable that affects erosion, sedimentation, and water quality. However, the lack of specific tools for this analysis in GIS presents a challenge. Thus, creating a specific plugin to calculate river sinuosity coefficient in Python for the Qgis® platform aims to fill this gap, facilitating the monitoring and sustainable management of water resources. A plugin was developed on the PyCharm® platform using Python, with the code divided into eight steps, starting from a directory configured for metadata files and initialization and main logic files, with the support of libraries. The file responsible for calculating sinuosity coefficient equation, and icons can be added. The plugin was installed in Qgis® and activated in the software's complement. The plugin allows the user to select a hydrological segment for the sinuosity coefficient calculation through a vector layer in Qgis®.

Keywords: Sinuosity coefficient. Python programming. Hydrology

LISTA DE TABELAS

Figura 1 – Cálculo do coeficiente de sinuosidade	24
Figura 2 – Comparação de erro absoluto entre o valor dado pelo plugin e o cálculo manual	24

LISTA DE SIGLAS

Py - Python

XML - e**X**tensible **M**arkup **L**anguage

Qgis - geographic information system software

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problemas da pesquisa	12
1.2	Objetivos	13
1.3	Justificativa	13
1.4	Organização	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Coeficiente de sinuosidade	17
3	METODOLOGIA	19
3.1	Tipos de pesquisa	19
3.2	Fontes de Informação Documental	19
3.3	Natureza dos Dados	19
3.4	Desenvolvimento do Plugin	19
3.5	Procedimentos para Uso do Plugin	20
3.6	Validação e Análise dos Resultados	20
4	APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	21
4.1	Análise dos resultados	22
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
	REFERÊNCIAS	25
	APÊNDICE A - Área de Porto Xavier e Plugin	27
	APÊNDICE B - Medidas das Tabelas	29

1 INTRODUÇÃO

Conforme dados da ANA (2003) a hidrologia terrestre é composta por água doce, a qual compõe 2,5% da água disponível, sendo que 0,3% são renováveis. No Brasil, os maiores rios são o Amazonas, apresentando uma descarga líquida de água de 250.000 m³.s⁻¹ e o Rio Paraná com 22.800 m³.s⁻¹. Entende-se pela importância dos recursos hídricos, para a sobrevivência humana, dessedentação de animais, prática da agricultura, geração de energia, atividades industriais, consumo doméstico, lazer, entre outras (BRASIL, 1997).

Sabendo-se que a água é um recurso vital para todas as formas de vida e a manutenção de ecossistemas saudáveis e para a prevenção de desastres naturais, como enchentes e secas, um dos pilares das Nações Unidas no Brasil (2024) tem como objetivo Água potável e saneamento, de forma que se possa garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos. Para isso, pretende-se até o ano de 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à gestão das águas.

A gestão de recursos hídricos, ao integrar tecnologias avançadas como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) facilita cálculos de hidrologia, abrange elementos como o coeficiente de sinuosidade dos rios, a qual se refere ao grau de curvatura dos cursos d'água. O coeficiente de sinuosidade influencia diretamente a erosão das margens, a deposição de sedimentos e a qualidade da água. Manipulando essa variável no software, os profissionais podem mapear e monitorar essas características de forma detalhada, permitindo a análise precisa dos impactos do coeficiente de sinuosidade na hidrologia e na geomorfologia fluvial. Dessa forma, é possível desenvolver estratégias de gestão que considerem as dinâmicas dos rios sinuosos, contribuindo para a estabilidade das margens, o planejamento de infraestruturas resilientes e a conservação da biodiversidade aquática.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Quando um profissional da área de hidrologia busca um plugin no Qgis® esse recurso para integrar análises do coeficiente de sinuosidade em suas práticas de gestão não encontrará uma ferramenta específica que atenda a essa demanda. É preciso realizar um procedimento demasiadamente extenso, a partir da modelagem digital do

terreno, empregando a fórmula na calculadora de campo para inferir no coeficiente de sinuosidade.

A ferramenta desenvolvida busca se inserir no Qgis de modo que apresente o cálculo de forma precisa, facilitando o monitoramento contínuo das condições dos rios, permitindo intervenções rápidas e eficientes em caso de risco de erosão ou contaminação. Ao incorporar o coeficiente de sinuosidade na gestão de recursos hídricos, os profissionais podem garantir uma abordagem mais holística e sustentável, protegendo tanto os recursos naturais quanto as infraestruturas humanas.

1.2 OBJETIVO

Construir um plugin para o cálculo do coeficiente de sinuosidade, apresentando-se a partir da demarcação da área do rio e assim demonstrando a sinuosidade do local designado.

1.3 JUSTIFICATIVA

Desenvolver uma ferramenta em Python para Qgis® facilitará calcular o coeficiente de sinuosidade de recursos hídricos e oferecer benefícios significativos em termos de precisão, eficiência, integração de dados, suporte ao planejamento e gestão sustentável dos recursos hídricos.

Para a hidrologia, esta ferramenta vem com o intuito de capacitar a tomada de decisões informadas e implementar práticas que assegurem a qualidade e disponibilidade de informação básica de recursos hídricos para futuros trabalhos. Por tal motivo este trabalho se justifica pela relevância no cálculo automatizado de dados básicos diminuindo a possibilidade de erro humano.

1.4 ORGANIZAÇÃO

A organização do trabalho inicia-se com a revisão de literatura, a qual aborda a importância da gestão de recursos hídricos para garantir a sustentabilidade ambiental e o bem-estar humano, destacando os desafios decorrentes da distribuição desigual da água no espaço e no tempo. Esse contexto estabelece a relação entre a gestão de recursos hídricos e o coeficiente de sinuosidade dos rios, destacando como a curvatura dos rios influencia a erosão, deposição de sedimentos, qualidade da água e

biodiversidade, além de ser um fator importante no planejamento de infraestrutura e na mitigação de inundações.

A metodologia descreve o desenvolvimento de um plugin para cálculo o coeficiente de sinuosidade utilizando a plataforma PyCharm® e a linguagem de programação Python, em oito passos.

Após o desenvolvimento do código é apresentado os principais resultados e a análise da ferramenta, a partir da demarcação de áreas aleatórias de recursos hídricos para avaliar as informações obtidas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A gestão de recursos hídricos é essencial para garantir a sustentabilidade ambiental e o bem-estar humano. A água, um recurso natural renovável e vital para todas as formas de vida, enfrenta desafios significativos devido à sua distribuição desigual no espaço e no tempo. Essa disparidade contribui para eventos extremos como secas e inundações, além de criar tensões geopolíticas pela posse da água. A gestão eficaz dos recursos hídricos requer uma abordagem integrada que considere não apenas os aspectos hidrológicos, mas também os impactos das atividades humanas, como o uso urbano, industrial, agrícola e mineral, que afetam diretamente a qualidade e a disponibilidade da água (SILVA, 2016; PALHARES et al., 2007).

No contexto brasileiro, um país de vasta extensão territorial e grande diversidade social e econômica, a gestão dos recursos hídricos enfrenta desafios específicos (ANA, 2022). Apesar de possuir uma das maiores reservas de água doce do mundo, a distribuição irregular dessa água impõe diferentes realidades hidrológicas às diversas regiões (ANA, 2003). Regiões como o Nordeste enfrentam sérios problemas de escassez, enquanto a qualidade das águas em muitas áreas está comprometida devido à urbanização rápida, industrialização intensa e uso agrícola intensivo (ANA, 2022; REBOUÇAS, 1997). A legislação brasileira de recursos hídricos evoluiu ao longo do tempo para enfrentar esses desafios, com destaque para o Código de Águas de 1934, que estabeleceu as bases para a gestão moderna dos recursos hídricos no país.

Para promover uma gestão sustentável dos recursos hídricos, é fundamental adotar políticas integradas que considerem não apenas a disponibilidade quantitativa da água, mas também sua qualidade e o impacto das atividades humanas sobre os ecossistemas aquáticos. Isso envolve a criação de planos diretores baseados em bacias hidrográficas, a gestão da demanda de água, a monitorização contínua dos recursos e a participação ativa da sociedade na formulação e execução de políticas públicas. Somente assim será possível garantir a conservação desse recurso vital para as gerações futuras e para o equilíbrio ambiental global (NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2024).

A gestão de recursos hídricos está diretamente relacionado ao coeficiente de sinuosidade dos rios. O coeficiente de sinuosidade, que se refere ao grau de curvatura de um rio, influencia e é influenciada por diversos fatores morfológicos, sedimentológicos e hidráulicos, impactando a erosão das margens, deposição de sedimentos, qualidade

da água, planejamento de infraestrutura e conservação da biodiversidade (SOARES et al., 2023). Rios mais sinuosos tendem a ter taxas de erosão e deposição mais altas, o que pode afetar a estabilidade das margens e a qualidade da água. Portanto, a gestão de recursos hídricos deve considerar essas dinâmicas para prevenir problemas como a perda de terras agrícolas e a degradação dos habitats aquáticos. Além disso, o coeficiente de sinuosidade influencia o local e o design de infraestrutura, como pontes e barragens, ajudando a planejar construções que possam resistir a mudanças naturais no curso do rio e prevenindo danos estruturais e desastres ambientais (CARVALHO, 2020).

O coeficiente de sinuosidade também pode afetar a qualidade da água, influenciando a retenção de sedimentos e poluentes. Rios sinuosos podem ter áreas de deposição onde contaminantes se acumulam, impactando negativamente a qualidade da água. Assim, a gestão de recursos hídricos deve monitorar e controlar esses pontos de deposição para garantir que a qualidade da água se mantenha dentro dos padrões desejados. Compreender o coeficiente de sinuosidade é crucial no estudo das bacias hidrográficas, pois afeta a hidrologia e a dinâmica do fluxo de água, ajudando a prever como a bacia responderá a eventos como chuvas intensas ou secas prolongadas. Planos de manejo de bacias hidrográficas devem incluir análises do coeficiente de sinuosidade para desenvolver estratégias de mitigação de inundações e de gestão de recursos hídricos (FILL; NEGRI, 2023).

Rios sinuosos criam habitats variados e complexos, importantes para a biodiversidade. O coeficiente de sinuosidade proporciona diferentes profundidades e velocidades de fluxo, criando uma diversidade de nichos ecológicos (ANDRADE et al., 2023). A gestão de recursos hídricos deve integrar a conservação destes habitats, protegendo as zonas ripárias e os ecossistemas aquáticos associados (BRASIL, 1997). O coeficiente de sinuosidade é um padrão indispensável na hidrologia e geomorfologia fluvial, influenciando o comportamento dos cursos d'água e o planejamento de infraestrutura ao longo dos rios. Canais mais sinuosos tendem a ser mais estáveis lateralmente, enquanto canais retilíneos, em vales fechados com alto gradiente, apresentam maior instabilidade (ANDRADE et al., 2023; PELECH, 2021).

O conhecimento da curvatura é essencial no planejamento geotécnico, na construção de pontes, rodovias e outras infraestruturas próximas a rios. Rios menos sinuosos podem demandar projetos adaptados para mitigar riscos de erosão e inundação. A curvatura influencia a diversidade de habitats aquáticos, promovendo maior biodiversidade em comparação com rios retilíneos (LEE, 2017).

2.1 COEFICIENTE DE SINUOSIDADE

O coeficiente de sinuosidade é um padrão essencial na hidrologia e geomorfologia fluvial, influenciando o comportamento dos cursos d'água e o planejamento de infraestrutura ao longo dos rios (MOTA et al., 2013). Sua consideração pode ser destacada pelos seguintes pontos: cursos d'água sinuosos apresentam padrões distintos de fluxo, erosão e sedimentação. A curvatura afeta a velocidade do fluxo e a disposição dos sedimentos ao longo do rio, influenciando a formação de meandros e a deposição de sedimentos (FERNANDES, 2014). Segundo Andrade et al. (2023), a curvatura está relacionada à consistência dos canais. Canais mais sinuosos tendem a ser mais estáveis lateralmente, enquanto canais retilíneos, em vales fechados com alto gradiente, apresentam maior instabilidade.

A curvatura é calculada pelo grau de curvatura (C_s), que segundo Fernandes (2014, p.11) é determinado pela relação:

$$C_s = \frac{L}{l} \quad [1]$$

Onde:

L é a extensão imediata do álveo menor do rio, incluindo as curvas.

l é a extensão retilínea do intervalo em questão.

Interpretação do Coeficiente de Sinuosidade.

$C_s = 1$: Indica um álveo retilíneo ($L = l$).

$C_s > 1$: Indica um álveo sinuoso; como maior o valor, mais sinuoso é.

Canais com alta curvatura são considerados mais estáveis, pois distribuem a energia do fluxo ao longo das curvas, reduzindo a erosão concentrada. Os canais com barras de ponto (point bars) em vales sinuosos apresentam maior consistência lateral, enquanto que os rios aluviais, com base na curvatura, apresentam número de canais e

consistência lateral, auxiliando na identificação dos estilos fluviais e na compreensão da dinâmica fluvial (POLETO, 2014).

A curvatura é considerada em projetos de restauração fluvial. Por exemplo, rios meandantes ativos com alta curvatura não devem ter margens fixas, pois isso contraria a dinâmica natural do rio. A análise da curvatura é essencial para entender a dinâmica fluvial, gerir recursos hídricos, planejar infraestruturas e conservar ecossistemas. A curvatura reflete a complexidade dos meandros dos cursos d'água, influenciando a erosão, sedimentação, estabilidade dos canais e a biodiversidade associada aos rios (PELECH, 2021).

3 METODOLOGIA

Desenvolveu-se o plugin na plataforma PyCharm®, em linguagem computacional python. O código é desenvolvido em 7 passos, sendo um deles opcional.

3.1 Tipo de Pesquisa

A pesquisa será conduzida na forma de uma pesquisa experimental, focada no desenvolvimento e implementação de um plugin, tendo como base para o desenvolvimento o PyCharm® (2024), versão 3.1, para cálculo do coeficiente de sinuosidade, utilizando dados quantitativos para análise e validação.

3.2 Fontes de Informação Documental

As fontes de informação documental incluem literatura acadêmica, manuais técnicos, e documentação de software relevante. A principal fonte de referência será a Agência Nacional de Águas (ANA, 2013), que fornece dados e metadados de qualidade sobre recursos hídricos no Brasil.

3.3 Natureza dos Dados

Os dados utilizados na pesquisa serão do tipo quantitativo (MARCONI; LAKATOS, 2017). Eles incluirão medidas de comprimento do leito menor dos rios e comprimento retilíneo dos trechos. Esses dados serão extraídos de metadados disponíveis no catálogo da ANA (2013) e utilizados para validar o plugin desenvolvido.

3.4 Desenvolvimento do Plugin

O desenvolvimento do plugin foi realizado em sete passos principais:

1. Criação do Diretório de Execução: foi criado um diretório denominado "rivers_analysis", contendo os arquivos essenciais: init.py, main.py, metadata.txt, resource.qrc e analysis.py.
2. Configuração do Metadata: o arquivo metadata.txt foi configurado com informações como nome do arquivo, versão mínima do Qgis®, autor, email, descrição do plugin e versão do plugin.
3. Configuração do init.py: este arquivo foi configurado para inicializar o plugin no Qgis®.

4. Implementação do main.py: foi desenvolvida a lógica computacional principal, utilizando as bibliotecas PyQt5.QtWidgets, QAction, QMessageBox, qgis.core, QgsProject, QgsVectorLayer, além dos módulos .analysis, calculate_deformity, calculate_flow e determine_base.
5. Implementação do analysis.py: este arquivo foi responsável pelo cálculo do coeficiente de sinuosidade, conforme a equação [1] fornecida por Fernandes (2014).
6. Adição de Ícones e Recursos Visuais: este passo é opcional e inclui a adição de ícones, gráficos e figuras ao plugin.
7. Instalação do Plugin no Qgis®: o plugin foi instalado no Qgis®, transferindo a pasta "rivers_analysis" para o diretório de plugins do Qgis® e ativando-o dentro do software.

3.5 Procedimentos para Uso do Plugin

Para utilizar o plugin, o usuário deve fornecer informações como o comprimento do leito menor e o comprimento retilíneo do trecho. O plugin então calculará e apresentará o resultado do coeficiente de sinuosidade por meio de uma camada vetorial no Qgis®.

3.6 Validação e Análise dos Resultados

Os resultados obtidos pelo plugin foram comparados com cálculos manuais e modelos preexistentes para validar sua precisão e eficácia. Dados quantitativos coletados de diferentes rios e trechos foram analisados para garantir que o plugin funcione corretamente em diversos cenários e condições.

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA

O código é desenvolvido em 7 passos, sendo um deles opcional: O primeiro passo é a criação de um diretório de execução. O diretório tem o nome de “rivers analysis”; no qual é criada uma estrutura de dados, sendo, respectivamente: “init.py; main.py; metadata.txt; analysis.py”.

O segundo passo é configurar o “metadata”, com metadados do nome do arquivo; versão mínima do Qgis®; autor; email; descrição do plugin; e a versão do plugin.

Terceiro passo seria configurar o “init.py” e o quarto passo a implementação do arquivo “main.py” onde a maior parte da lógica computacional é feita, onde também são aplicadas as bibliotecas “PyQt5.QtWidgets; QAction, QMessageBox; qgis.core; QgsProject, QgsVectorLayer; .analysis; calculate_deformity, calculate_flow, determine_base”.

O quinto passo é a implementação do “analysis.py” o qual é responsável pelo cálculo do coeficiente de sinuosidade depende de variáveis pré estabelecidas e determinadas pelo vetor apresentado na camada.

O sexto passo já é opcional, o qual se refere à adição de ícones, gráficos, figuras, entre outros, sendo instalado com “icone.png”, sendo adicionado na pasta do plugin “river_analysis”.

Já o sétimo e último passo é a instalação do código no Qgis®, que é feito através da instalação da pasta “river_analysis” para o diretório de plugin do Qgis®, podendo ser instalado no Windows® e no Linux®, apenas sendo necessário a versão do Qgis® a partir do 3.16.

Para que um usuário da ferramenta possa fazer a instalação do plugin a é necessário que a pasta “rivers_analysis” seja instalada no diretório de plugin, depois deve abrir o Qgis®, ir em complementos e em gerenciar e instalar complementos e em sequência ativá-lo, como demonstrado no (Apêndice A)

O usuário deverá estar em posse da camada vetorial do rio, comprimento do leito menor e comprimento retilíneo do trecho.

O plugin desenvolvido foi capaz de apresentar o resultado do cálculo de fluxo e deformidade de um rio por meio de uma camada vetorial no Qgis®; a aplicação desta camada vetorial de rio que foi utilizada a partir de metadados já disponíveis para uso no catálogo de metadados da ANA (ANA, 2013).

4.1 Análise dos resultados

De acordo com dados obtidos para a área utilizada (Apêndice A), que acompanha o shapefile (é um formato de armazenamento de dados de vetor da Esri para armazenar a posição, a forma e os atributos de feições geográficas), pode-se observar uma melhor precisão nos resultados. Para demonstração do cálculo realizado pelo plugin foram utilizados 3 trechos dos seguintes recursos hídricos da bacia da região de Porto Xavier: Arroio Pindaí; Arroio Sobrado; e Arroio Larinia, calculados manualmente e apresentados na Tabela 1. Os valores das medidas do comprimento retilíneo e do comprimento do leito menor podem ser consultados nos Anexo

Tabela 1 - Cálculo do coeficiente de sinuosidade

Recurso Hídricos	(I) Comprimento retilíneo (m)	(L) Comprimento do leito menor (m)	(Cs) Valor do coeficiente de sinuosidade
Arroio Pindaí	8484,411	8770,982	$C_s = \frac{L}{I}$ $C_s = \frac{8770,982}{8484,411}$ $C_s = 1,0337761808$
Arroio Sobrado	9599,286	11617,543	$C_s = \frac{11617,543}{9599,286}$ $C_s = 1,2010250741$
Arroio Larinia	9107,742	9385,875	$C_s = \frac{9385,875}{9107,742}$ $C_s = 1,0305380851$

A tabela 2 demonstra a comparação entre o cálculo realizado pelo plugin conforme o (Apêndice B) e o cálculo realizado manualmente com os valores obtidos na figura do (Apêndice B), com isso temos a demonstração do erro absoluto, considerando erro humano na hora da demarcação das vertentes e até na hora do calculo.

Tabela 2 - Comparação de erro absoluto entre o valor dado pelo plugin e o cálculo manual

Recurso Hídricos	(a) Valor dado pelo Plugin	(b) Valor dado no cálculo manual	Demonstração de erro absoluto
Arroio Pindaí	1,0348376997	1,0337761808	$Erro = a - b$ $Erro \approx 0,00106$
Arroio Sobrado	1,1728939700	1,2010250741	$Erro = a - b$ $Erro \approx -0,02813$
Arroio Larinia	1,0383598631	1,0305380851	$Erro = a - b$ $Erro \approx 0,00782$

Demonstrou-se, por meio do cálculo do coeficiente de sinuosidade, que os cálculos à mão apresentam erros. Os erros são oriundos de arredondamento ou até na demarcação do ponto, podendo ter uma propagação de erros resultantes destes erros.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que o objetivo inicial do projeto foi alcançado, podendo se dizer que houve uma facilidade na obtenção de dados antes calculados manualmente, que seria um plugin integrado ao Qgis capaz de calcular o coeficiente de sinuosidade de forma rápida e eficaz.

A proposta deste trabalho foi desenvolver um plugin para o QGIS que automatize e precise o cálculo do coeficiente de sinuosidade de rios, simplificando o complexo processo atual que envolve modelagem digital do terreno e uso de fórmulas na calculadora de campo. Esta ferramenta visa facilitar o monitoramento contínuo das condições dos rios, permitindo intervenções rápidas e eficientes em casos de risco de erosão ou contaminação, e promovendo uma gestão de recursos hídricos mais holística e sustentável.

A importância do plugin está em melhorar a precisão e eficiência na análise de dados, integrar informações essenciais para o planejamento e gestão sustentável, e reduzir a possibilidade de erros e acelerar o cálculo, o que é crucial para o planejamento

de infraestrutura, mitigação de inundações e proteção dos recursos naturais e infraestruturas.

O plugin desenvolvido atingiu o objetivo de facilitar a gestão de recursos hídricos, calculando, de forma precisa, o coeficiente de sinuosidade do local designado, reduzindo os erros que poderiam ser propagados, por meio do software Qgis®. Com o desenvolvimento dessa ferramenta.

Com a conclusão do objetivo pode-se passar para o próximo estágio que seria adição do cálculo de deformidade e fluxo de águas, utilizando este plugin como base.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2013**. Brasília: ANA, 2p. 2013. Disponível em:

<<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/7bb15389-1016-4d5b-9480-5f1acdadd0f5>>. Acesso em: 04 jul. 2024.

ANA - Agência Nacional de Águas. ODS 6 no Brasil: **visão da ANA sobre os indicadores**. 2. ed. Brasília: ANA, 112p. 2022.

ANA - Agência Nacional de Águas. **A água no Brasil e no mundo: Divisão hidrográfica nacional**. Resolução n. 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Brasília: ANA, 1p. out. 2003.

ANDRADE, Alice Fassoni; FLEISCHMANN, Ayan; PAPA, Fabrice; PAIVA, Rodrigo; WONGCHUIG, Sly; MELACK, John. **Hidrologia da Amazônia vista do espaço: Avanços científicos e desafios futuros**. Porto Alegre: ABRHidro, 224p. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 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. Brasília: Senado Federal, Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Seção 1 - 9/1/1997, Página 470. **Coleção de Leis do Brasil - 1997**, Página 18 Vol. 1.

CARVALHO, Andreza Tacyana Felix. Reflexões sobre a hidrogeomorfologia dos rios intermitentes frente às definições das áreas de preservação permanente de cursos d'água no Brasil. **Revista Geografia em Atos**, São Paulo, v. 4, n. 19, p.135-150, set./dez. 2020.

FERNANDES, Maurício Roberto. **Parâmetros básicos de uma bacia hidrográfica**. Belo Horizonte: Emater, 24p. set. 2014.

FILL, Heinz; NEGRI, Robison. Caracterização física de 14 bacias hidrográficas brasileiras: proposição do indicador da declividade média dos rios e do coeficiente de suscetibilidade de enchentes. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 28, p. 1-13, 2023.

LEE, Shu Han. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias**. Florianópolis: Editora da UFSC, 442p. 2017.

MOTA, Aline de Almeida; GRISON, Fernando; KOBİYRAMA, Masato. Relação entre sinuosidade e índices topográficos na zona topográfica fluvial. **Revista Geonorte, Manaus**, v. 9, n. 1, p. 42-60, 2013.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável: 6 Água potável e saneamento Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos.** Brasília: Setor de Embaixadas Norte, 2p. 2024.

PELECH, André Souza. Classificações geomorfológicas de rios: uma breve discussão teórica. **Revista de Geomorfologia**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 1-27, dez. 2021.

POLETO, Cristiano. **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos.** 1Ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 250p. 2014.

PYCHARM. JetBrains Distributions S.R.O., Czech Republic, 1p. 2024. Disponível em: <<https://www.jetbrains.com/pycharm/>>. Acesso em: 25 jun.2024.

QGIS. Open-Source Geospatial Foundation (OSGeo), Beaverton (USA), 1p. 2024. Disponível em: <https://qgis.org/pt_BR/site/>. Acesso em: 25 jun. 2024.

REBOUÇAS, Aldo da Costa. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Dossiê Nordeste I: **Estudos Avançados**, v. 11, n. 29, p. 127-157, abr. 1997.

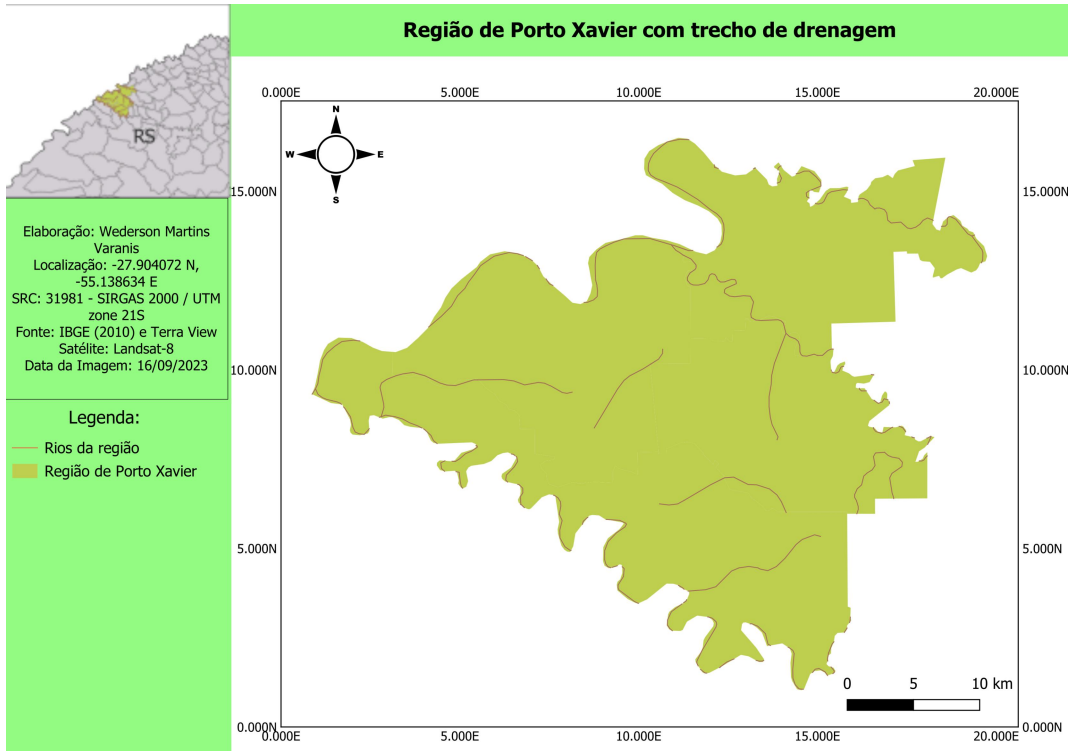
SILVA, Fabio Leandro da; FUSHITA, Ângela Terumi; CUNHA-SANTINO, Marcela Bianchessi da; BIANCHINI, Irineu Júnior; VENEZIANI, José Carlos Toledo Júnior. Estudo limnológico e hemerobia de uma microbacia hidrográfica urbana. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 3, p. 1626-1653, 2021

SILVA, Vicente Rocha. A utilização do método de flutuadores na medição da vazão do Rio Biguaçu no Estado de Santa Catarina. In: **XVIII Encontro Nacional de Geógrafos: A construção do Brasil: Geografia, ação, política e democracia.** São Luiz: Campus Universitário do Bacanga da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), 12p. 24 a 30 jun. 2016.

SOARES, Jéssica Akemi Hitaka; SILVA, Fabio Leandro da; OLIVEIRA-ANDREOLI, Erica Zanardo; FUSHITA, Ângela Terumi; CUNHA-SANTINO, Marcela Bianchessi da; BIANCHINI Junior, Irineu. Diagnóstico da qualidade da água e hemerobia no Rio Tietê, Mogi das Cruzes, SP. **Revista Formação (Online)**, v. 30, n. 57, p. 385-409, 2023.

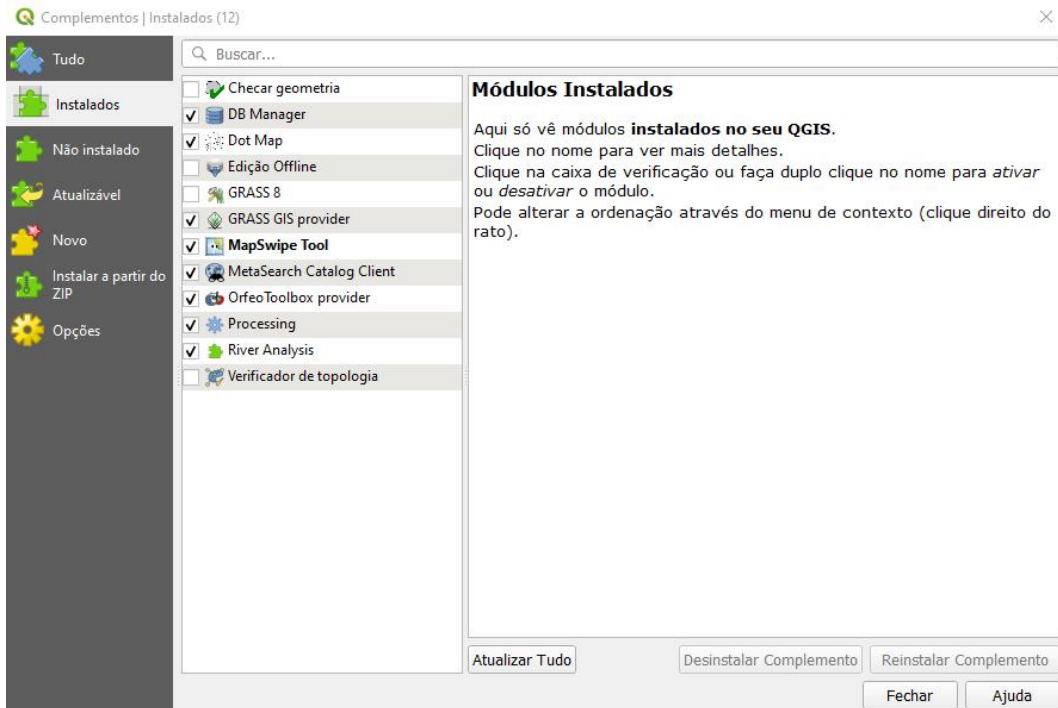
APÊNDICE A - Área de Porto Xavier e Plugin

Área estudada



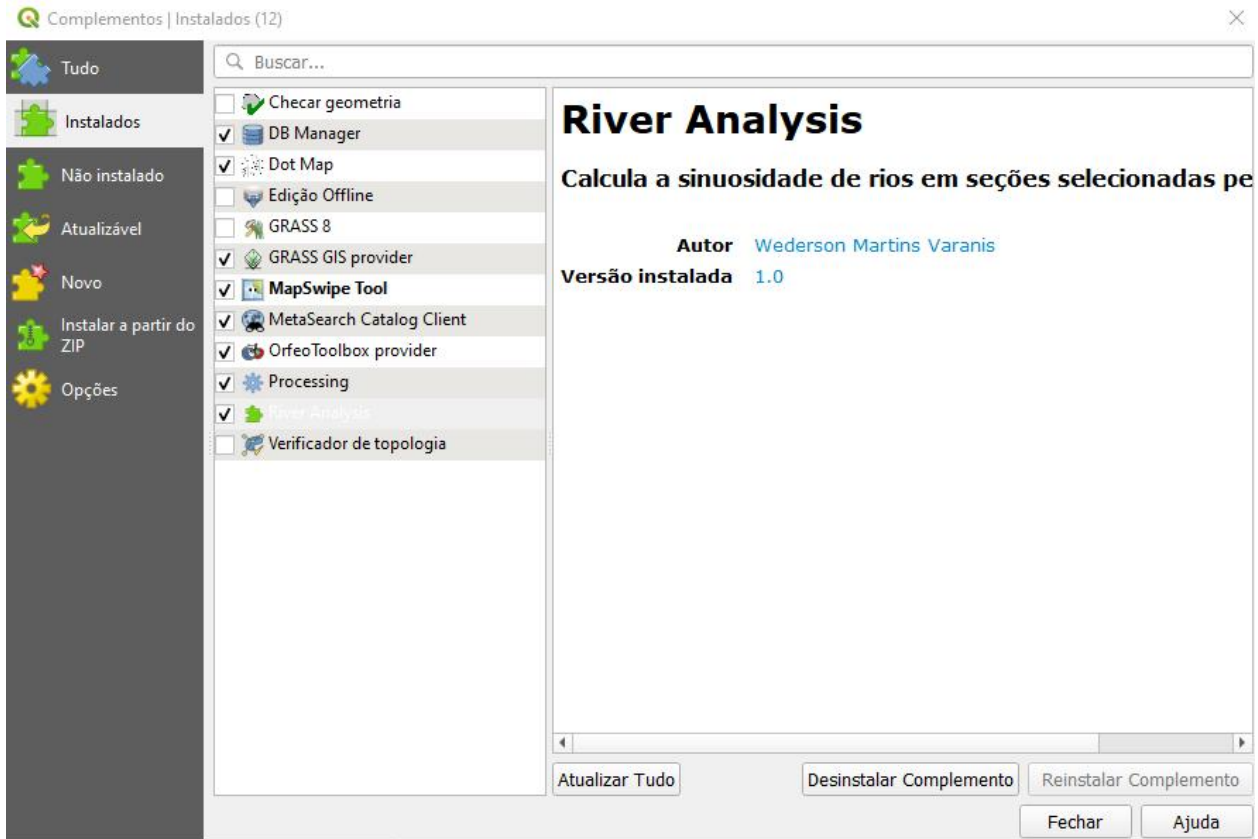
Fonte: Autor

Aba de complementos



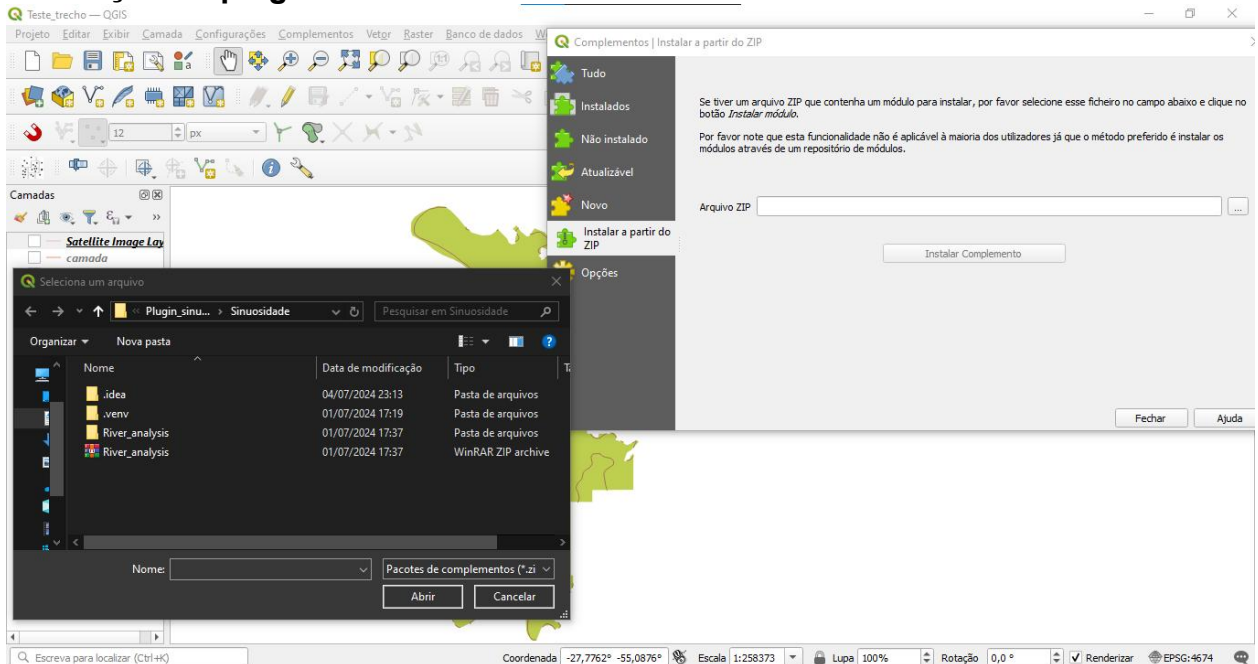
Fonte: Autor

Aba com o plugin demonstrado



Fonte: Autor

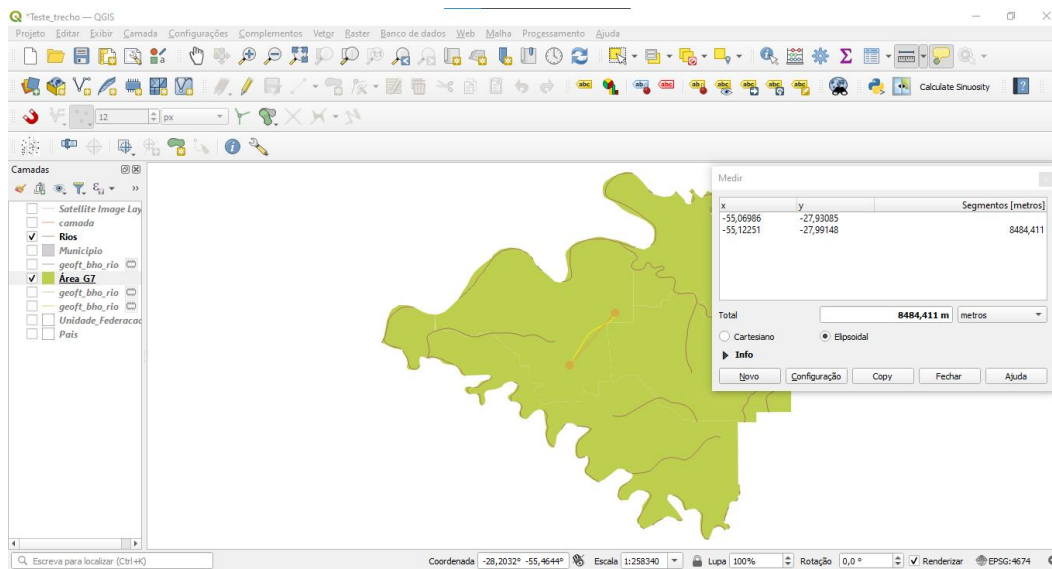
Instalação do plugin



Fonte: Autor

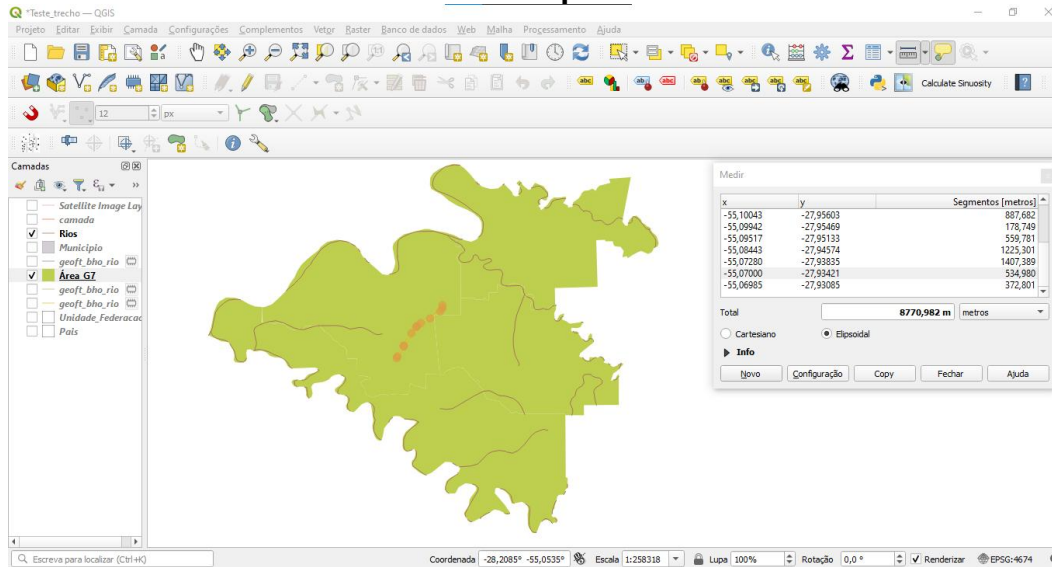
APÊNDICE B - Medidas das Tabelas

Extensão retilínea do trecho pindai



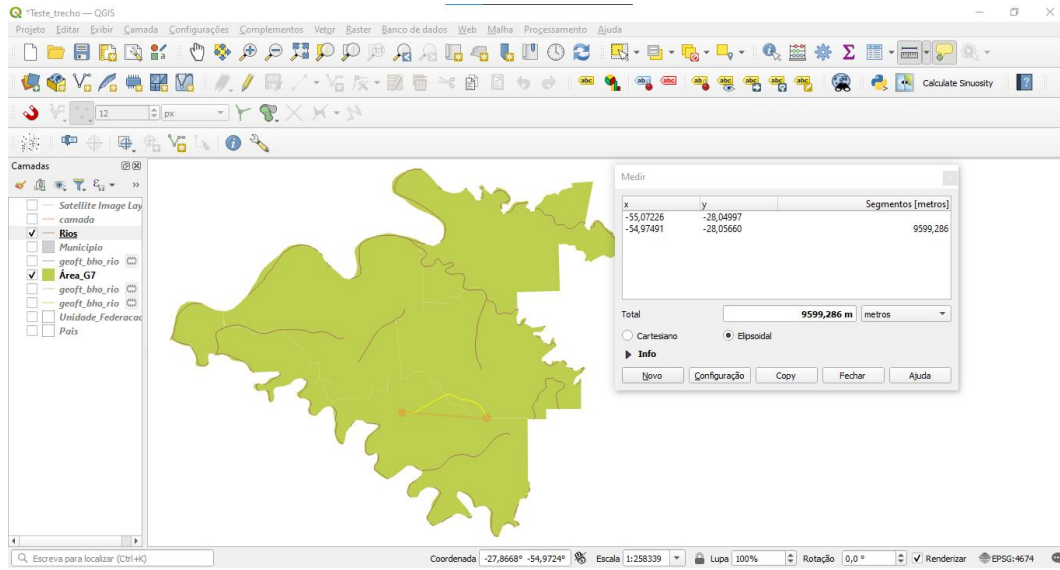
Fonte: Autor

Extensão do alveo menor do trecho pindai



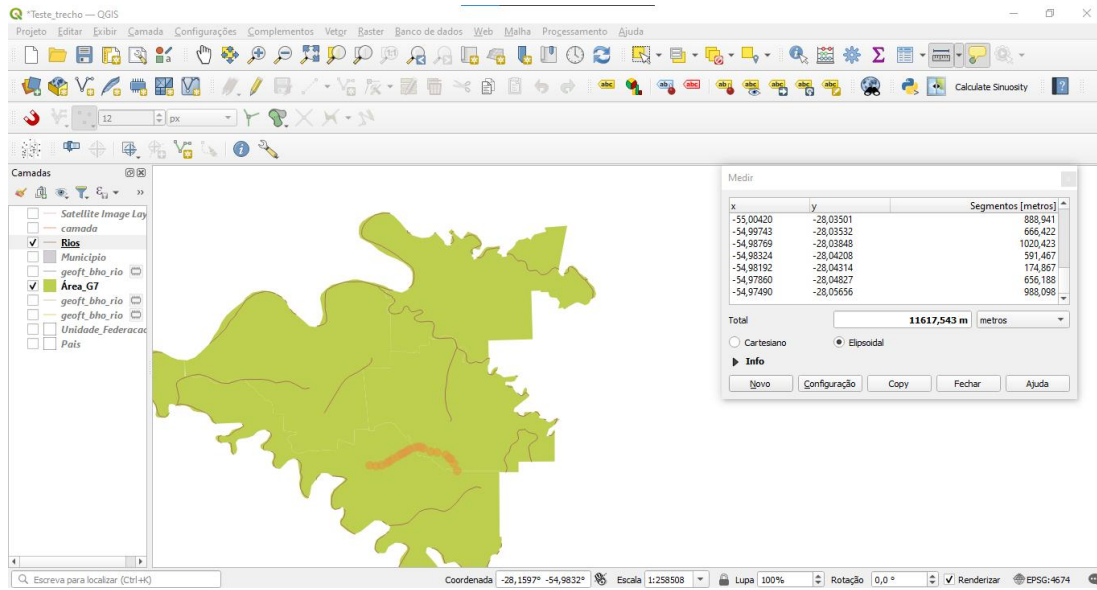
Fonte: Autor

Extensão retilínea do trecho de sobrado



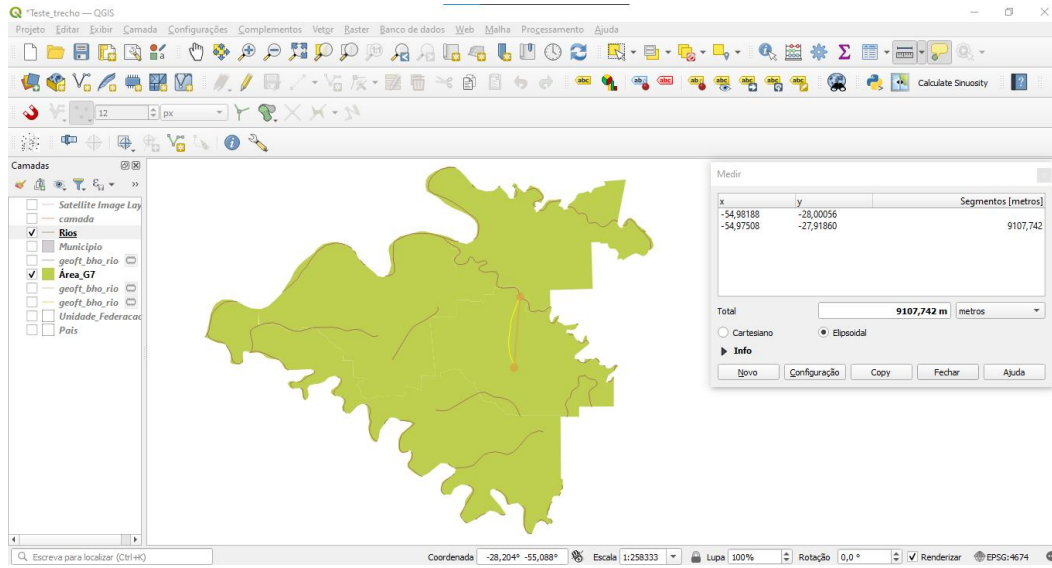
Fonte: Autor

Extensão do alveo menor do trecho de sobrado



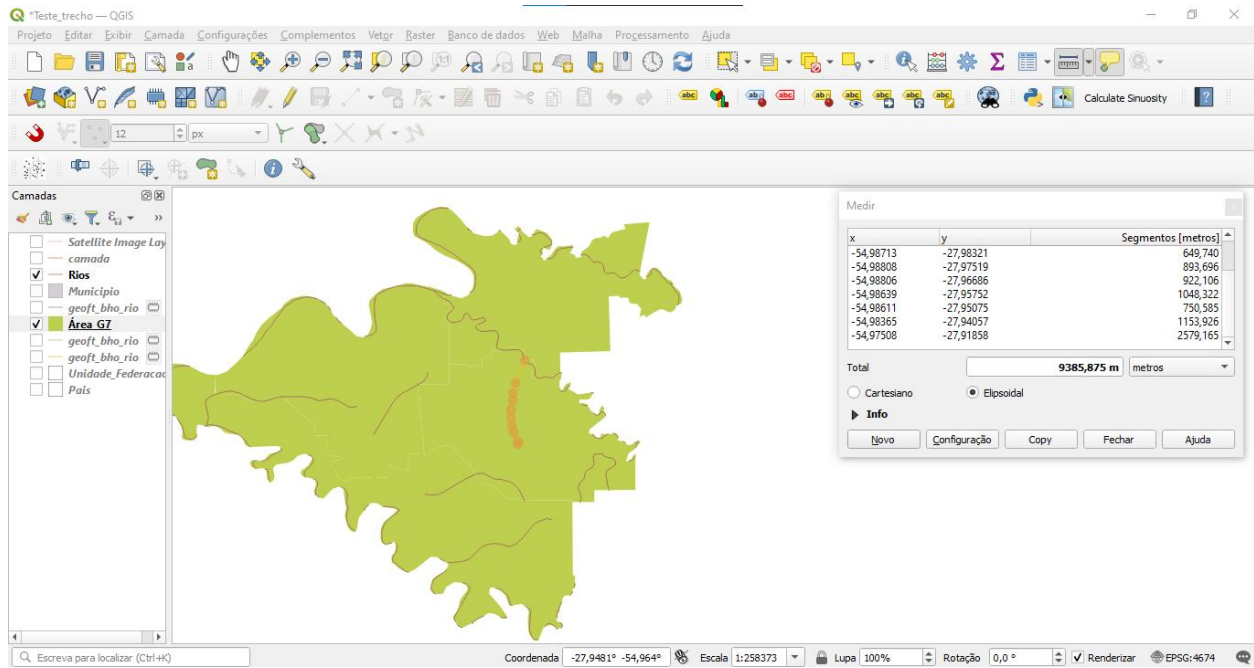
Fonte: Autor

Extensão retilínea do trecho de larinia



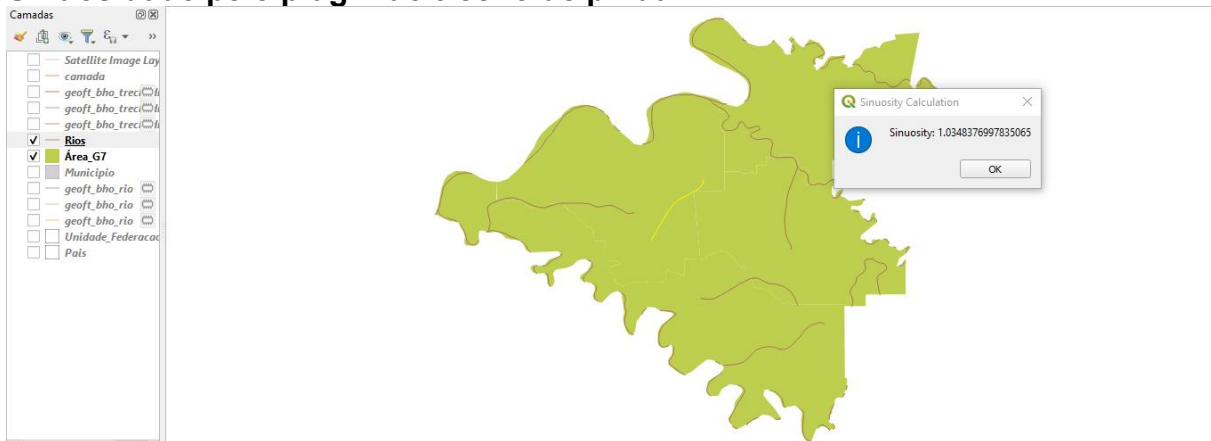
Fonte: Autor

Extensão do alveo menor do trecho larinia



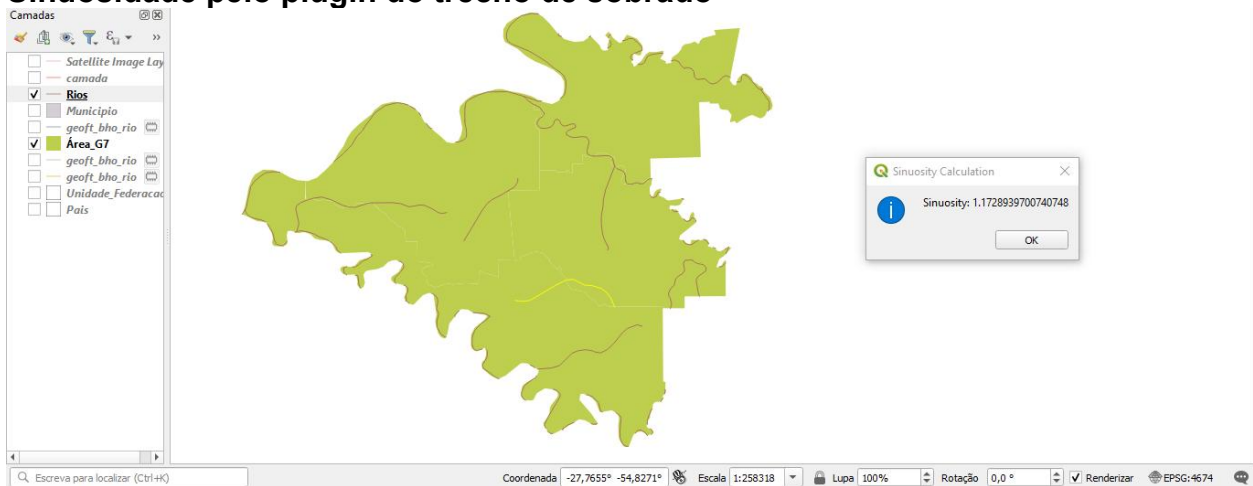
Fonte: Autor

Sinuosidade pelo plugin do trecho de pindai



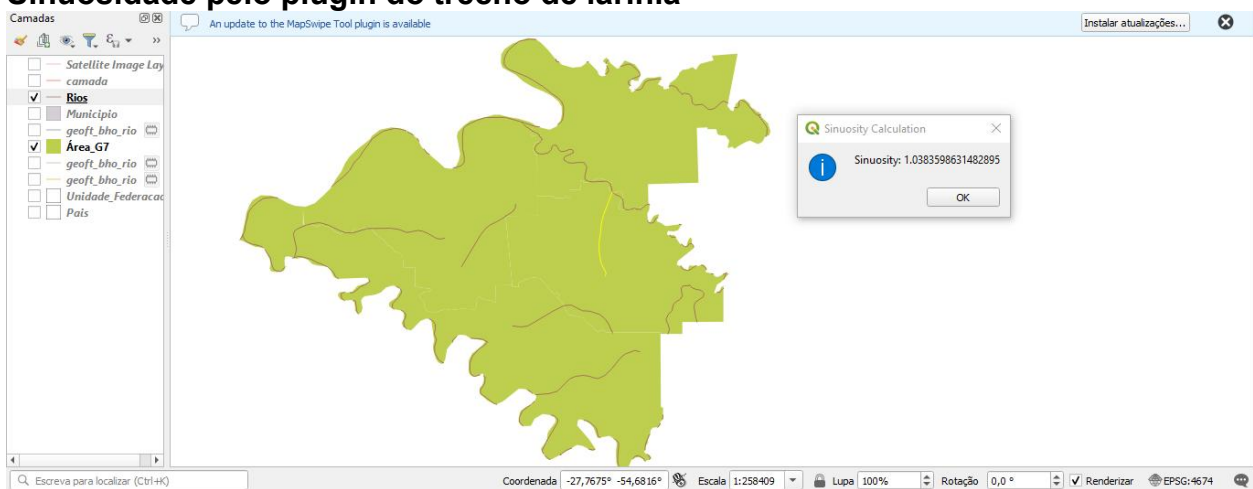
Fonte: Autor

Sinuosidade pelo plugin do trecho de sobrado



Fonte: Autor

Sinuosidade pelo plugin do trecho de larinia



Fonte: Autor