

CompPlex Tools: Ferramenta para cálculo de medidas de complexidade em imagens de sensoriamento remoto acoplada em SIG livre

1 Introdução

O conceito de entropia da informação é especialmente interessante quando se estudam paisagens a partir de imagens de sensores remotos, como satélites e veículos aéreos não tripulados (VANTs). A variabilidade nos valores de pixels em uma imagem de sensor remoto representa a diversidade de informações presentes em uma paisagem e suas unidades e pode servir, por exemplo, para estimar a mudança na quantidade de informações no sistema causada pela fragmentação.

Os scripts CompPlex Tools foram criados para permitir o cálculo da entropia da informação (H_e), variabilidade (H_e/H_{max}) e medidas de López-Ruiz, Mancini e Calbet (LMC) e Shiner, Davison e Landsberg (SDL). O CompPlex HeROI possibilita o cálculo dessas medidas para diferentes regiões de interesse (ROIs) selecionadas em uma imagem de satélite da área de estudo, seguida da comparação da complexidade de seus padrões, além de possibilitar a geração de assinaturas de complexidade para cada ROI. O CompPlex Janus possibilita espacializar os resultados dessas quatro medidas em mapas de complexidade da paisagem enquanto que o CompPlex Chronos possibilita uma análise multitemporal das métricas, pixel a pixel, em imagens de diferentes datas.

2 Cálculos das medidas de complexidade

Aplicando-se a teoria informacional de Shannon (1949) aos dados de reflectância em uma banda de uma imagem de SR, e estes sendo representados por sua discretização em números digitais (DN) à medida que a ocorrência de um determinado grupo de valores de DN se torna mais provável do que outros valores, a entropia da imagem decresce. O valor máximo da entropia da imagem neste caso somente seria atingido quando a ocorrência dos valores de DN na imagem é equiprovável, não havendo tendência de concentração de probabilidades de um determinado valor.

Sendo N o número de estados de DN (quantidade de valores de DN sem repetições) em uma amostra de pixel selecionados na imagem temos que a entropia máxima admitida para esta amostra é:

$$H_{max} = \log_2 N$$

Dividindo-se o total de valores de um determinado estado de DN pelo total de pixel da amostra temos a probabilidade $P_{(DN)}$ de ocorrência deste valor dentro da amostra. A entropia de Shannon para a amostra é então calculada como:

$$H_e = - \sum_{DN \in N} P_{(DN)} \log_2 P_{(DN)}$$

Outras medidas de complexidade utilizadas baseiam-se na percepção do desequilíbrio entre os estados de informação.

Segundo apresentam Lopez-Ruiz, Mancini e Calbet (2010) o desequilíbrio D pode ser mensurado segundo uma distância entre o estado atual do sistema e a condição de equilíbrio que é calculada como:

$$D = \sum_{i=1}^N \left(P_{(DN)} - \frac{1}{N} \right)^2$$

Sendo:

$$C = \frac{H_e}{H_{max}}$$

Temos que:

$$LMC = C * D$$

Shiner, Davison e Landsberg (1999) já haviam proposto calcular o desequilíbrio D' como o complemento do equilíbrio, sendo:

$$D' = (1 - C)$$

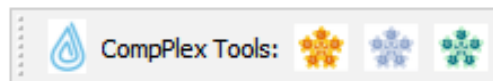
E assim, temos que:

$$SLD = C * D'$$

3 A Ferramenta CompPlex Tools

A ferramenta CompPlex foi desenvolvida com a linguagem de script Python na forma de um Plugin para o software livre de SIG QGIS 3. Foram utilizadas, e assim são requisitos para a sua utilização, as bibliotecas Python GDAL, NUMPY, NUMBA, RASTERIO e PANDAS. A inclusão da ferramenta ao QGIS se dá por meio de um plugin criado pela ferramenta Plugin Builder, em que todos os arquivos python necessários são armazenados num diretório, que deve ser copiado para o diretórios de plugins do QGIS para o perfil padrão.

Este plugin insere à interface do QGIS uma nova toolbar de onde pode-se acessar as três ferramentas para cálculo das métricas de complexidade.



Barra de ferramentas CompPlex Tools

A ferramenta possui três funções principais. Uma para o cálculo das métricas a partir de regiões de interesse (HeROI), outra para cálculo das métricas para a imagem completa a partir de Kernels (Janus) e outra para a análise multitemporal das métricas, pixel a pixel, em imagens de diferentes datas (Chronos).

3.1 CompPlex HeROI

O objetivo da ferramenta é apresentar os resultados dos cálculos de complexidade em uma imagem de sensoriamento remoto para determinadas regiões de interesse (ROIs). As ROIs são feições do tipo polígono que delimitam as áreas de interesse para os cálculos. Os resultados são armazenados num arquivo de texto CSV e incluídos ao projeto QGIS na forma de uma tabela.

Os cálculos são realizados para todas as bandas de uma imagem, no caso desta ser multibanda, e cada ROI é identificada por meio de um identificador escolhido da tabela de atributos do plano de informação ROI Layer.

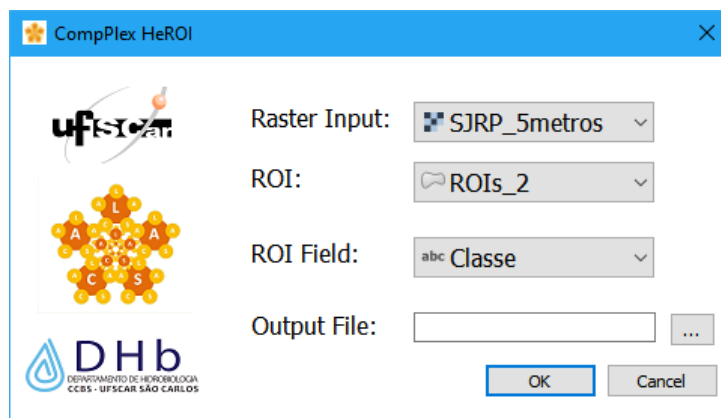
A utilização da ferramenta se dá por meio de uma caixa de diálogo que é acessada pela ToolBar CompPlex Tools na área de ferramentas do QGIS .

Nesta caixa de diálogo tem-se acesso a três caixas de seleção (CS). As duas primeiras CS permitem selecionar layers presentes no projeto. A primeira CS possui um filtro para layers do tipo imagem e a segunda CS um filtro para layers vetoriais do tipo polígonos. A terceira CS está

vinculada a segunda e permite selecionar um dos campos da tabela de atributos da layer selecionada na segunda CS.

Um botão abre uma caixa de diálogo para escolher o diretório e nome de arquivo, com um filtro para arquivos texto do tipo CSV, para salvar o resultado do processamento.

Depois da seleção dos parâmetros a ferramenta é executada clicando-se no botão OK, os cálculos são realizados e salvos no arquivo selecionado e uma tabela com o nome Resultados é adicionada ao projeto ficando visível no painel de layers, podendo ser aberta com o comando Open Attribute Table.



Caixa de diálogo para seleção de parâmetros da ferramenta HeROI

O algoritmo possui duas funções principais. A primeira delas seleciona os pixels que se sobrepõem a uma feição (polígono) e armazena seus valores num array e, além disso, já calcula para esta feição os valores de estatísticas descritivas (count, min, max, mean e std) para os pixels selecionados. A segunda usa o array de saída da primeira função para calcular os valores de complexidade (He, Hmax, He/Hmax, N, SDL e LMC) referentes àquela feição.

Para realizar o cálculo para todas as bandas e todas as feições são utilizados dois loopings encadeados, o primeiro para o número de bandas da imagem e o segundo para o número de feições da ROI Layer.

Os resultados dos cálculos de cada feição vão sendo armazenados numa estrutura de dados do tipo tabela da biblioteca Pandas do Python e ao final do looping esta tabela é convertida e salva para um arquivo texto CSV.

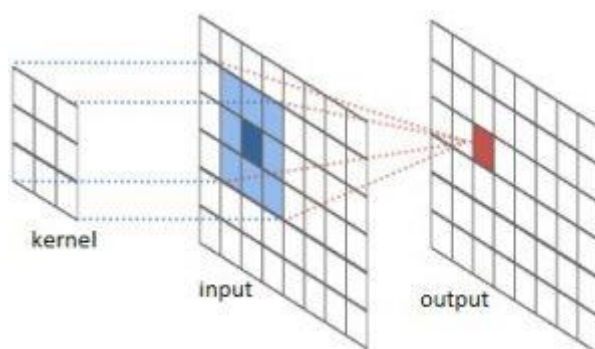
3.2 CompPlex Janus

No caso da ferramenta para o cálculo das métricas de complexidade para toda uma imagem (Janus) e que o resultado seja também uma imagem com os valores da métrica selecionada o algoritmo funciona como os algoritmos tradicionais de filtragem. O usuário seleciona o tamanho de uma janela móvel para realizar os cálculos por meio de uma convolução.

Neste caso a convolução tem o papel de fazer uma filtragem para extração de informações de interesse na imagem aos quais são aplicados a função da métrica selecionada. Mais especificamente, o uso desse filtro é feito através de matrizes denominadas máscaras ou kernels - como são mais conhecidos na prática.

Durante a aplicação da convolução em uma imagem, o kernel vai se deslocando ao longo da imagem, como uma janela móvel, que vai selecionando os valores de DN aos quais se aplica a função da métrica selecionada e o resultado deste cálculo vai formando uma nova imagem com o seu valor ocupando a posição central do kernel.

Na figura podemos ver a seleção de DN's por meio do Kernel e o valor da função de complexidade formando uma imagem de saída.



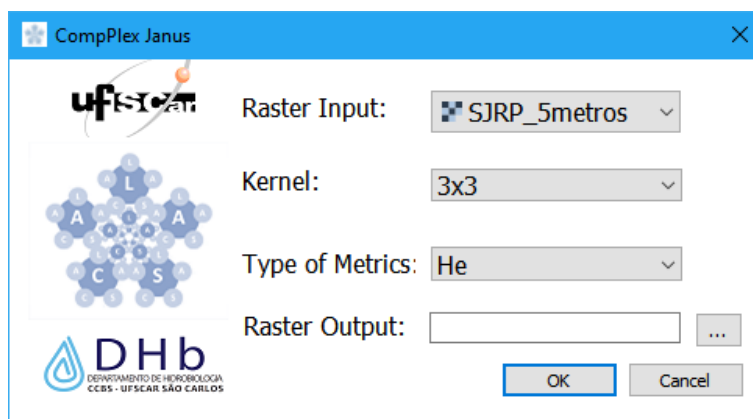
Princípio da janela móvel para a convolução

A utilização da ferramenta se dá por meio de uma caixa de diálogo que é acessada pela ToolBar CompPlex Tools na área de ferramentas do QGIS .

Nesta caixa de diálogo tem-se acesso a três caixas de seleção (CS). A primeira CS permite selecionar rasters presentes no projeto, esta CS possui um filtro para layers do tipo imagem. A segunda CS possui tamanhos pré determinados de janelas móveis que podem ser selecionados para os cálculos. A terceira CS permite selecionar qual a métrica de complexidade será utilizada para calcular a nova imagem.

Um botão abre uma caixa de diálogo para escolher o diretório e nome de arquivo, com um filtro para arquivos texto do tipo tiff, para salvar o resultado do processamento.

Depois da seleção dos parâmetros a ferramenta é executada clicando-se no botão OK, os cálculos são realizados e a imagem é salva no arquivo selecionado.



Caixa de diálogo para seleção de parâmetros da ferramenta Janus

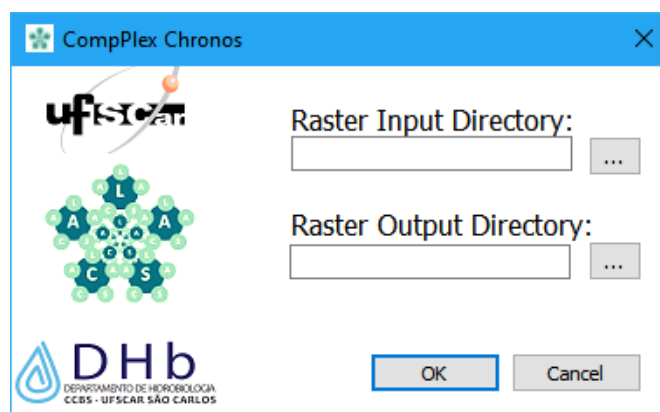
O algoritmo lê a imagem raster e a converte num array (rows x cols). Inicia então uma convolução com dois loopings encadeados percorrendo linhas e colunas do array onde aplica a máscara de acordo com o tamanho da janela móvel selecionada e chama uma função principal que calcula a métrica de complexidade selecionada para os DN contidos na máscara e armazena o resultado num novo array na mesma posição. Ao final da convolução o novo array é convertido numa imagem raster e salvo no arquivo selecionado.

3.3 CompPlex Chronos

A ferramenta Chronos destina-se à uma análise multitemporal das métricas de complexidade. Para isso é necessário imagens de diferentes épocas para um mesmo local, com a mesma resolução espacial, o mesmo sistema de referência, para que cada pixel nas diferentes imagens representem o mesmo local. Além disso, seria interessante que o sensor também fosse o mesmo a fim de evitar-se problemas decorrentes de calibração.

A utilização da ferramenta se dá por meio de uma caixa de diálogo que é acessada pela ToolBar CompPlex Tools na área de ferramentas do QGIS.

Nesta caixa de diálogo tem-se acesso a dois botões que abrem uma caixa de diálogo para escolher um diretório de dados de entrada e um diretório de dados de saída. Nesta ferramenta basta selecionar o diretório onde estão contidos os arquivos rasters do formato tiff, e todos os arquivos com este formatos serão utilizados como dados de entrada para a análise multitemporal. Da mesma forma para os arquivos de saída basta-se escolher o diretório e nele serão salvos quatro arquivos tiff, um para cada métrica (He, He/HMax, SDL e LMC), como resultados da análise.



Caixa de diálogo para seleção de parâmetros da ferramenta Chronos

O algoritmo lê cada imagem raster de formato tiff contido no diretório selecionado para os dados de entrada e as converte em arrays (rows x cols) e os salva numa lista de arrays. É como se tivéssemos um array de N dimensões sendo N o número de imagens tiff contidas no diretório.


Com três loopings encadeados (rows, cols e arrays na lista) percorre-se todos os pixels das imagens, a cada rodada no looping os pixels da posição (row, col) de todas as imagens são armazenados num vetor, que é repassado a uma função principal que calcula as quatro métricas de complexidade com base nos valores de DN contidos nesse vetor. O valor de cada uma delas é armazenado em um novo array exatamente na posição (row x col). Ao final da convolução os quatro novos arrays são convertidos em imagens e salvos no diretório de dados de saída escolhido.


4 Testando a ferramenta – Exercícios de aplicação

No diretório que contém os arquivos do plugin foi colocado uma pasta (Examples) com alguns arquivos para utilização neste exercício.

Convenções usadas no texto para execução dos exercícios práticos:

DESCRIÇÃO	PROCEDIMENTO PARA EXECUÇÃO
Aceitar, ligar, ativar ou selecionar algo.	Clicar o botão esquerdo (BE) ou o direito (BD) do mouse para aceitar, ligar, ativar ou selecionar algo. Ex.: Ativar (BE) ; Selecionar (BE) ; etc.

Ação ou recurso, os quais são indicados pelo nome e ícone.	Clicar (BE) sobre o ícone  da barra standard
Entrada de nome ou valor pelo teclado, com borda.	Digitar nome ou valor, se ele estiver com bordas. Ex.: Nome: <u>HIDRO</u>
Seleção de uma ação ou recurso, se sublinhado.	Quando a palavra estiver sublinhada, clicar com BE para selecioná-la. Exemplo: Gerenciador: <u>Access</u> (BE)
Nome da janela (Negrito, Itálico)	Nome da caixa de diálogo aberta. Ex.: <i>Table of Contents</i>
Nome do campo ou sub-caixa de diálogo dentro de uma janela (Itálico).	Indica sub-caixa de diálogo ou campo dentro de uma janela aberta. Ex: <i>Construction Tools</i>

Inicie o QGIS 

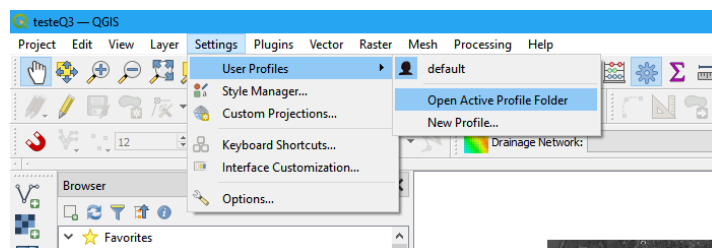
Iremos acessar o diretório de plugins default do QGIS para colar o diretório do plugin CompPlex Tools

Acesse o menu Settings

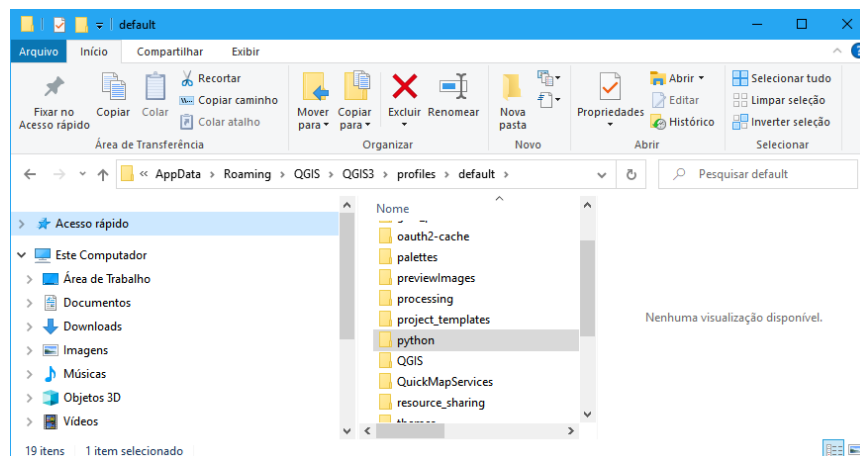
Settings

User Profiles

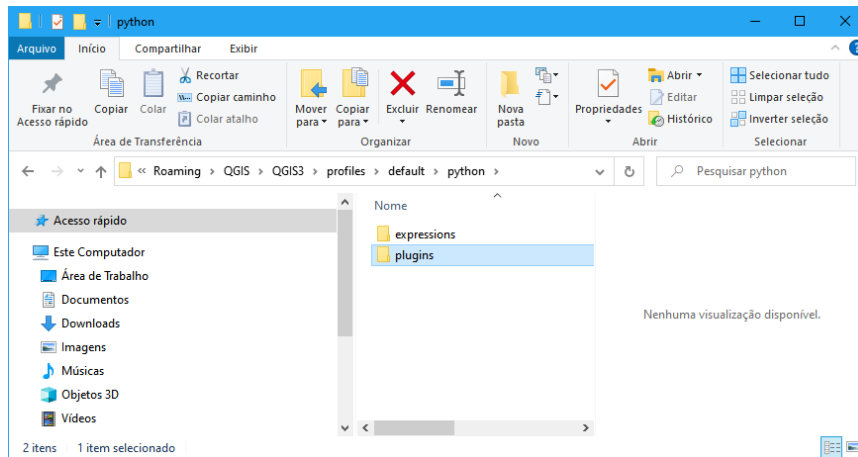
Open Active Profile Folder



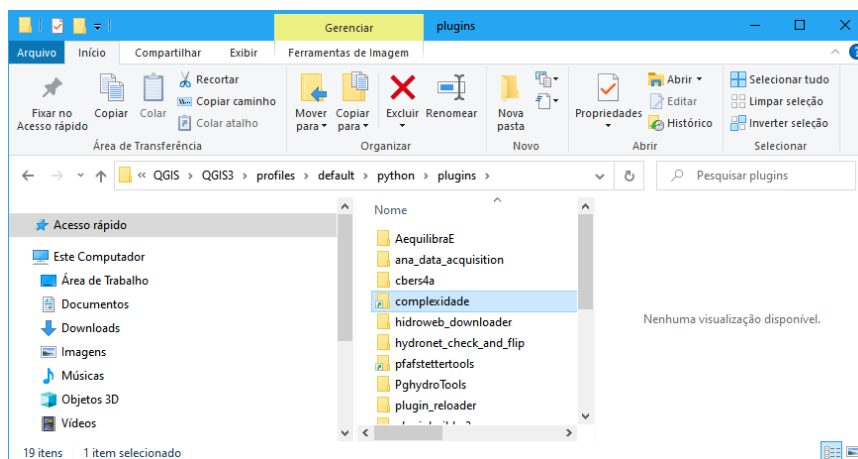
Isso irá abrir o Windows explorer na pasta de perfil padrão do QGIS para o usuário do computador:



Selecione a pasta **python**



E agora selecione a pasta **plugins**. Cole dentro deste diretório a pasta **complexidade** que contem a ferramenta.

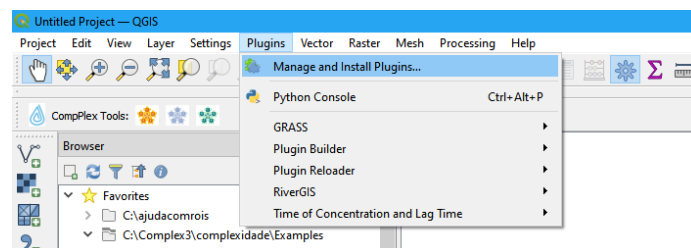


Feche e reabra o QGIS para que o novo plugin fique disponível.

Acesse o menu Plugins

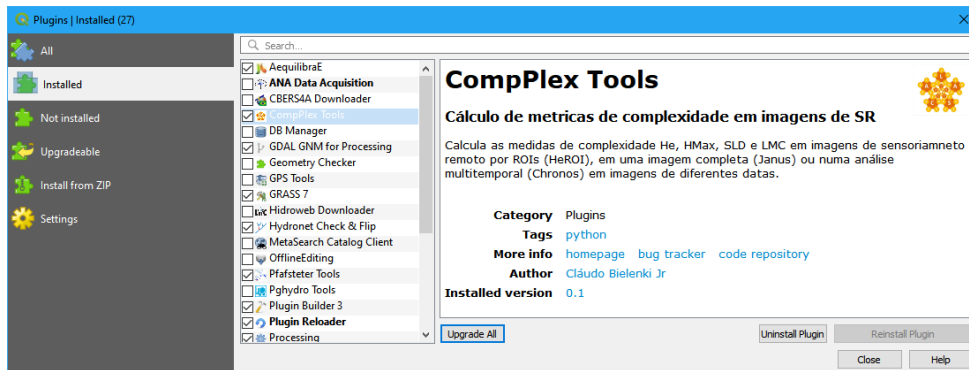
Plugins

Manage and Install Plugins...



Selecione: Installed

Selecione na lista de plugins instalados: CompPlex Tools



Feche a caixa de diálogo de *Plugins*: **Close**

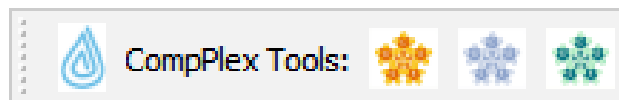
Se a barra de ferramentas CompPlex Tools ainda não ficar ativa na interface do QGIS será necessário habilitá-la.

Acesse o menu **View**:

View

Toolbars

CompPlex Tools



Agora a ferramenta está disponível para utilização.

Inicie um novo projeto no QGIS e salve-o na pasta Example.

Project

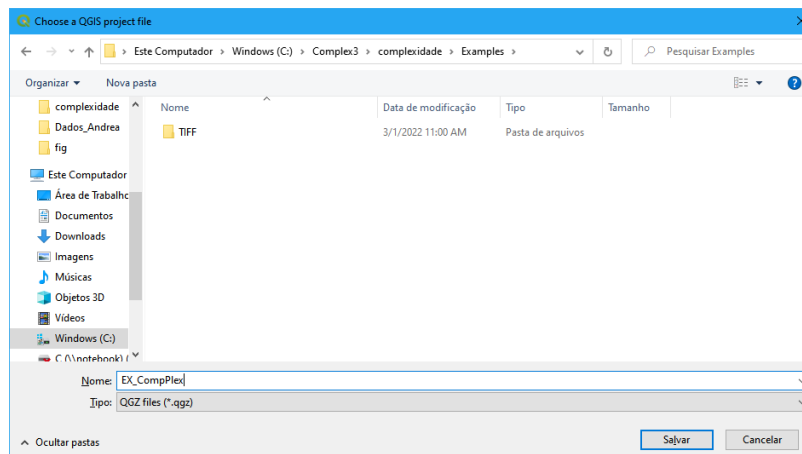
New

Project

Save

Selecione a pasta Example

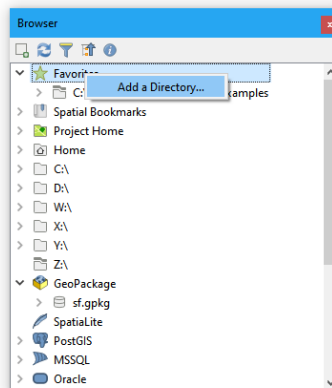
Nome: EX_CompPlex



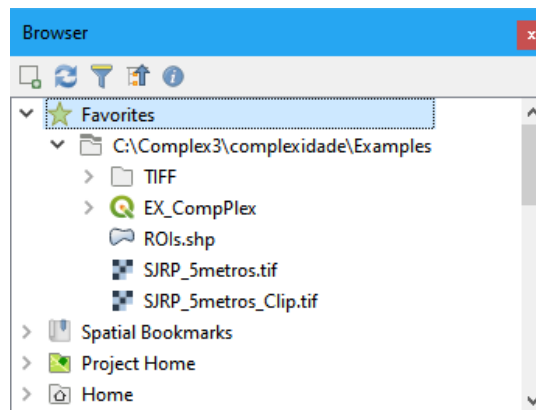
Adicione os layers e raster para o exercício usando o painel Browser

No painel Browser: **(BD) Favorites**

Add a directory



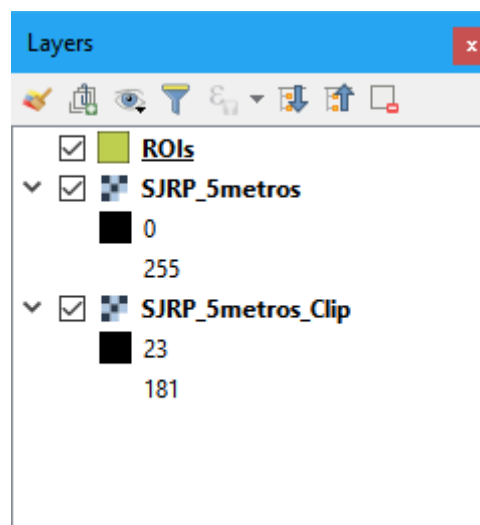
Navegue até o diretório Examples e adicione-o aos favoritos



Assim você tem acesso aos arquivos dos layers que usaremos a seguir


Para adicioná-los ao projeto clique com BE sobre o layer, mantenha apertado o BE, arraste o layer para dentro da área de mapas e solte o botão.

Salve novamente o projeto. Agora os layers aparecem no painel de layers.



Iniciaremos com uma análise das métricas de complexidade para regiões de interesse usando a ferramenta CompPlex HeROI.

Uma das layers adicionadas ao projeto é um vetor de polígonos que delimitam áreas específicas de quatro classes de uso diferentes que são água, pastagem, área urbanizada e vegetação nativa. Uma imagem de sensoriamento desta região será usada para o cálculo das medidas de complexidade para cada tipo de classe.


Na barra de ferramenta ComPlex Tools clique no botão (BE) 

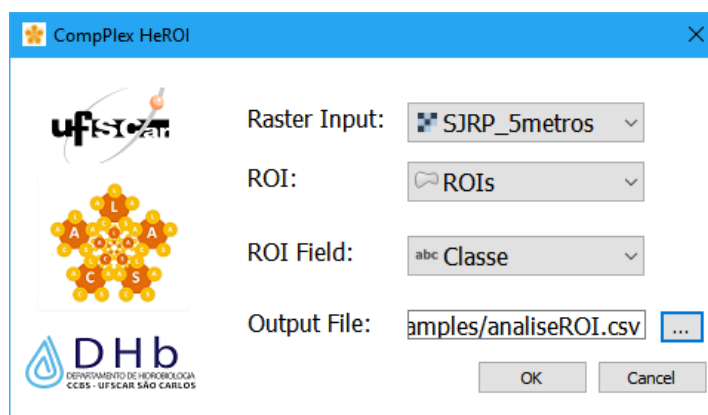
A caixa de diálogo da ferramenta **HeROI** é ativada e nela são selecionados os parâmetros para a sua execução.

Raster Input: SJRP_5metros

ROI: ROIs

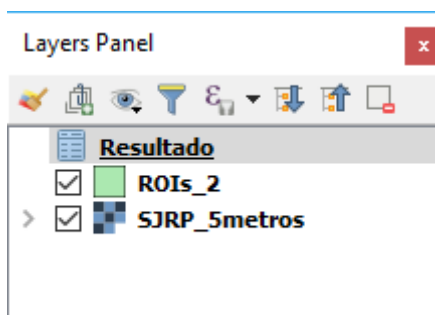
ROI Field: Classe

Output File: clique no botão (BE) , navegue até o diretório do exercício e use o nome analiseROI



Clique no botão (BE) **OK** para executar

O arquivo analiseROI.csv é salvo no diretório escolhido e uma tabela é adicionada ao painel de layers com o nome de Resultado.



Banda	Regiao	He	Hmax	He/Hmax	SDL	LMC	DNCount	N	DNmax	DNmin	DNmean	DNstd
1	Pastagem	3.628268735600...	4.857980995127...	0.746867626538...	0.189056374967...	0.049034366147...	2679	29.0	80.0	44.0	70.30421799178...	3.338279029969...
2	Agua	2.570864993473...	4.700439718141...	0.546941381579...	0.247796506695...	0.087613495044...	5032	26.0	51.0	24.0	28.39308426073...	1.842166380602...
3	Urbano	5.779006567237...	7.22881869049588	0.799439965873...	0.160335706837...	0.013584664466...	14761	150.0	223.0	29.0	71.94641284465...	15.86506215917...
4	Veg Nativa	4.412966712587...	5.247927513443...	0.840897040075...	0.133789208067...	0.024133924492...	14157	38.0	66.0	28.0	46.51960161051...	5.190023428739...

Para calcular uma imagem de uma das medidas de complexidade usamos a ferramenta Janus.


Na barra de ferramenta ComPlex Tools clique no botão (BE) 

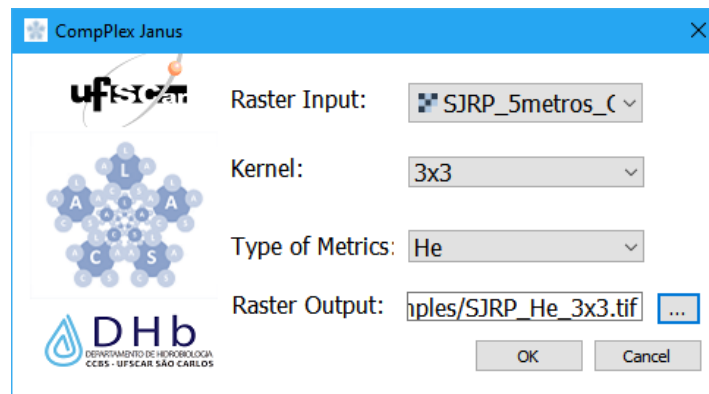
A caixa de diálogo da ferramenta **Janus** é ativada e nela são selecionados os parâmetros para a sua execução.

Raster Input: SJRP_5metros_Clip (usaremos aqui apenas um recorte da imagem por questão de tempo de processamento)

Kernel: 3x3

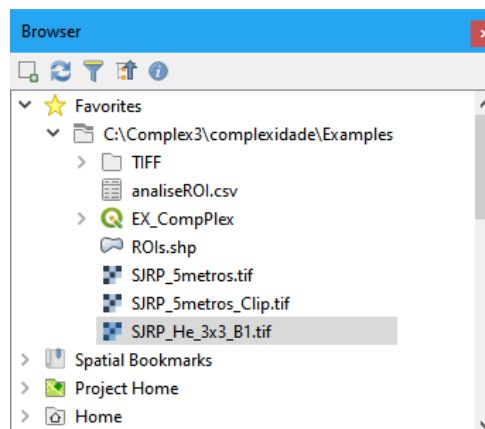
Type of Metrics: He

Output File: clique no botão (BE)  , navegue até o diretório do exercício e use o nome SJRP_He_3x3



Clique no botão (BE) **OK** para executar


A imagem calculada é salva no diretório selecionado, note que foi adicionado ao nome do arquivo um sufixo _B1 que corresponde a banda 1, caso a imagem de entrada fosse multibanda teríamos uma imagem de saída para cada banda da imagem de entrada e identificada pelo respectivo sufixo.



Podemos adicionar a imagem resultante arrastando-a para dentro da área de mapas.

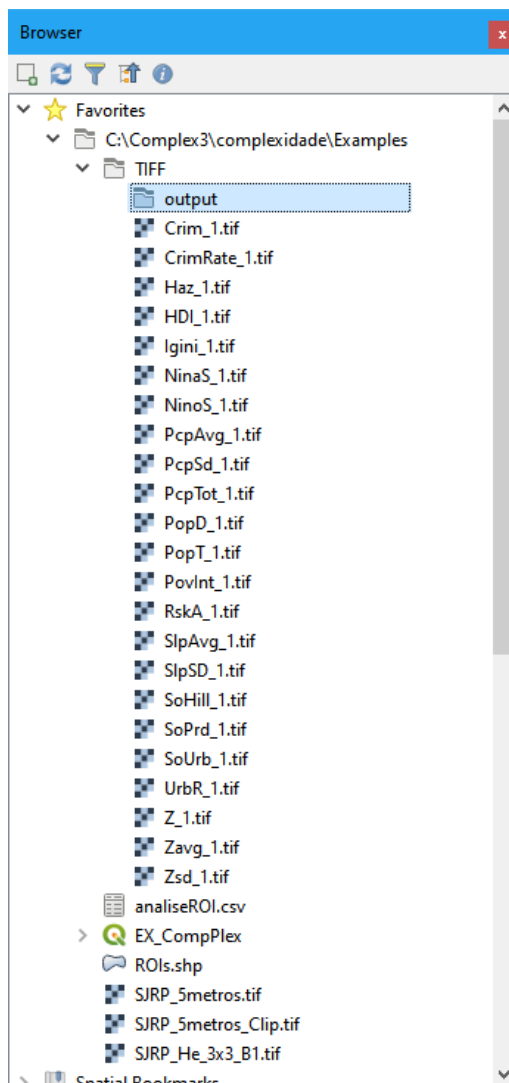
De forma análoga poderíamos calcular imagens para outras métricas ou com outros tamanhos de janelas móveis alterando a seleção de parâmetros na caixa de diálogo nas respectivas caixas de seleção.

Para realizar a análise multitemporal das medidas de complexidade usamos a ferramenta Chronos.

Na barra de ferramenta ComPlex Tools clique no botão (BE) 

A caixa de diálogo da ferramenta **Chronos** é ativada e nela são selecionados os parâmetros para a sua execução.

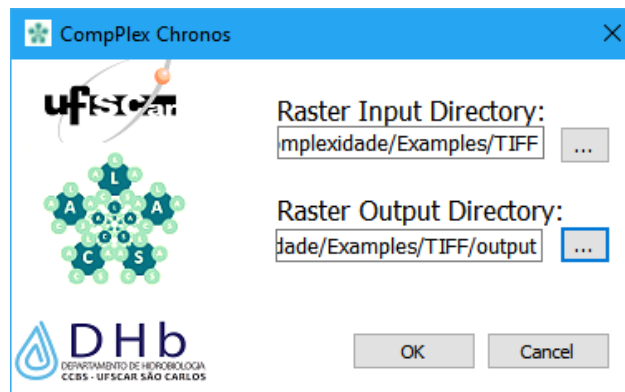
A entrada neste caso é a indicação de um diretório onde se encontram as imagens que serão utilizadas na análise. No painel Browser podemos ver a pasta Tiff dentro do diretório Examples contendo uma série de imagens, e um diretório que foi criado para receber as imagens resultantes da análise e ainda está vazio.



Selecione na caixa de diálogo os parâmetros

Raster Input Directory: Tiff

Raster Output Directory: Tiff/output



Clique no botão (BE) **OK** para executar

As imagens calculadas são salvas no diretório selecionado, uma para cada métrica de complexidade em que são adicionados os respectivos sufixos para identificação.

