

## Aplicação do algoritmo para codificação automática de rede de drenagem, segundo a classificação de Otto Pfafstetter

A fim de facilitar a aplicação do algoritmo para a codificação de bacias, um exemplo de aplicação a uma rede de drenagem será demonstrado para orientar a metodologia que se deve seguir para a correta codificação. A rede que servirá de modelo neste exercício será a rede da bacia do Rio Itaúnas, cujo código inicial R é o 75978.

Esta bacia foi escolhida uma vez que é a bacia teste para as implementações do plugin pgHydro, sendo utilizada nos treinamentos sobre ottocodificação e implementação de base hidrográfica pela ANA.

Partindo-se do shapefile da rede de drenagem é necessário a realização de uma série de pré-processamentos e verificações a fim de que a tabela de atributos contenha as informações necessárias para que a ferramenta execute de forma adequada.

A primeira verificação diz respeito ao sistema de coordenadas da rede de drenagem. Este deve ser do tipo projetado, com coordenadas plano retangulares. Caso o dado original esteja num sistema com coordenadas do tipo latitude e longitude (CGS) este deve ser reprojetado para uma projeção adequada. Esta tarefa é facilitada nos SIG já que estes sistemas possuem ferramentas apropriadas de conversão de coordenadas e por se tratar de uma tarefa trivial de geoprocessamento não será abordada. O sistema de coordenadas do arquivo shapefile dos vetores da rede de drenagem já foi convertido para UTM fuso 24.

Inicie abrindo o ArcMap e adicione o shapefile Rede\_75978\_UTM.shp e salve o projeto.

A verificação seguinte diz respeito a topologia da rede, nas quais os vértices devem ter a orientação de montante para jusante. Quando a rede de drenagem advém de um processo de extração automática a partir de MDEHC por ferramentas como a ArcHydro Tools ou similares, esta relação topológica é garantida. Quando ela é vetorizada pelo usuário, este deve ter atenção para que esta vetorização tenha o sentido correto, com os vértices finais de uma feição coincidindo com os vértices iniciais da feição de jusante.

Neste exercício os vetores da rede de drenagem utilizados são os vetores já consistidos topologicamente disponibilizados pela ANA.

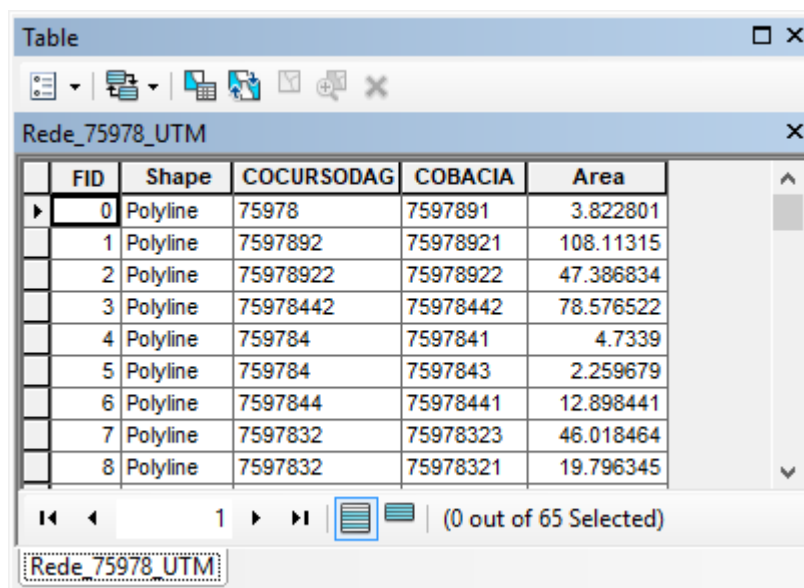
O grande desafio está quando recebemos uma base de fonte desconhecida na qual não podemos ter garantia que estes cuidados foram adotados. Nestes casos, os SIG possuem ferramentas capazes de identificar feições que estejam com orientação no contrafluxo, e da mesma forma permitir que estas feições tenham o sentido invertido. Um exemplo de ferramenta com esta capacidade é a *Water Utility Network Editing Tool* que pode ser incorporada ao ArcGIS e possui o comando *Flip Selected Lines* (destacada pelo retângulo vermelho na figura) que inverte o sentido de linhas selecionadas.



Seguindo, a tabela de atributos deverá conter um campo onde estão armazenados os valores das áreas que contribuem diretamente para cada trecho da rede. Estes valores geralmente advêm dos próprios polígonos definidores destas áreas de drenagem e que podem ser transferidos para a tabela de atributos da rede por meio da operação de relacionamento

entre as tabelas. Estes polígonos podem ser extraídos de forma automatizada dos MDEHC, por exemplo. No nosso exemplo, os valores estavam disponibilizados na base da ANA

A seguir apresenta-se a tabela de atributos inicial para a rede de drenagem que estamos utilizando nesse exemplo.



FID	Shape	COCURSODAG	COBACIA	Area
0	Polyline	75978	7597891	3.822801
1	Polyline	7597892	75978921	108.11315
2	Polyline	75978922	75978922	47.386834
3	Polyline	75978442	75978442	78.576522
4	Polyline	759784	7597841	4.7339
5	Polyline	759784	7597843	2.259679
6	Polyline	7597844	75978441	12.898441
7	Polyline	7597832	75978323	46.018464
8	Polyline	7597832	75978321	19.796345

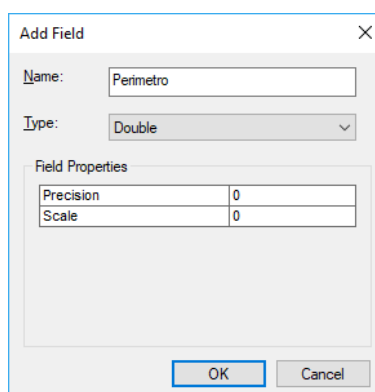
Tabela de atributos com valores de área e comprimentos

Outro valor que deve estar armazenado na tabela de atributos da rede de drenagem é o valor do comprimento de cada trecho. Esta informação é relativamente fácil de ser obtida pois é intrínseca de cada feição, sendo calculadas pelos próprios SIG em função das coordenadas dos vértices definidores de cada feição, uma vez que o sistema de projeção adotado é plano retangular estes comprimentos já são calculados em metros ou quilômetros.

A partir destes dados iniciais deve-se acrescentar por meio de operações de geoprocessamento que serão apresentadas a seguir, 6 novos campos na tabela de atributos assim nomeados (os nomes devem estar em conformidade com o aqui descrito pois o algoritmo faz referência a eles desta forma): [Perimetro], [acc\_down], [upDist], [fromnode], [tonode] e [rid]. Este último funciona como um identificador único que faz o papel de chave primária para os relacionamentos entre as tabelas.

[Perimetro]: será um campo de valor *double* e receberá os valores de comprimento e serão utilizados para calcular os valores de distância até a foz.

Primeiro adiciona-se o novo campo por meio da operação de *Add Field* na tabela de atributos.



Add Field

Name: Perimetro

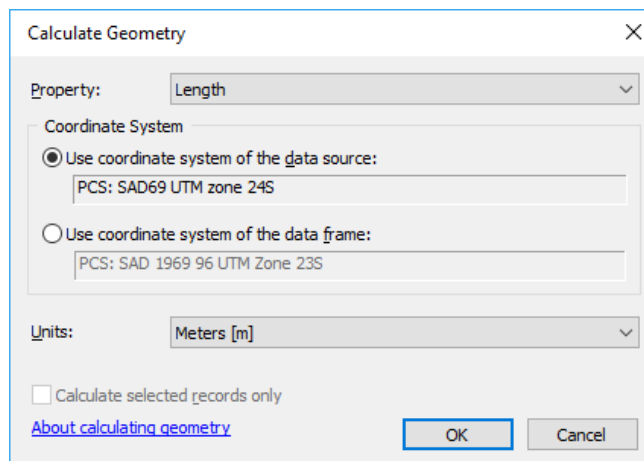
Type: Double

Field Properties

Precision	0
Scale	0

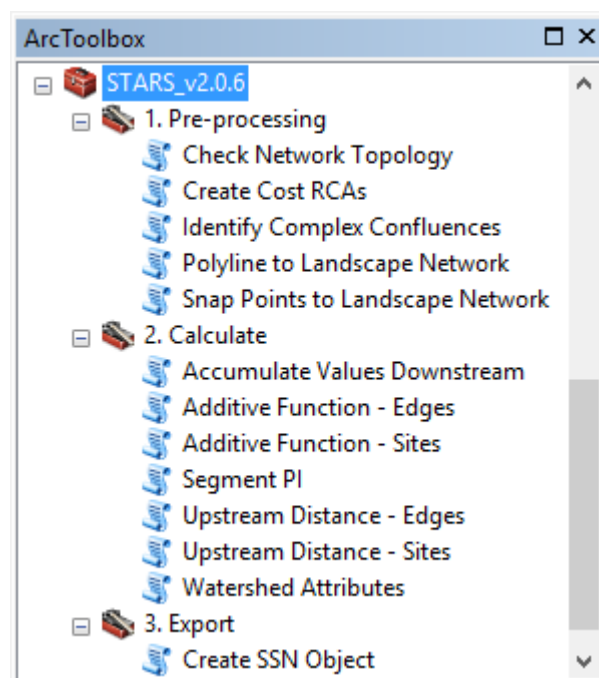
OK Cancel

Acessando diretamente na própria tabela de atributos no ArcMap, clicando-se com o botão direito sobre o campo adicionado e selecionando-se *Calculate Geometry*, e escolhendo - se *Length* para a opção *Property*.



Para o cálculo dos demais campos necessários foi utilizado neste exemplo de aplicação uma Tool Box desenvolvida para o ArcGIS no órgão americano de Administração Oceânica e Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA). Trata-se da *ToolBox* Spatial Tools for the Analysis of River Systems (STARS), na versão 2.0.6, apresentada por Peterson e Ver Hoef (2014).

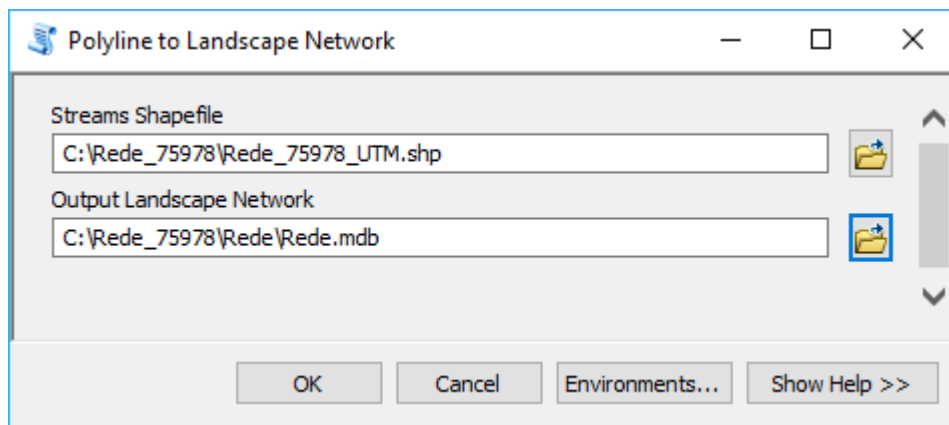
A seguir apresentam-se as ferramentas disponibilizadas pela *ToolBox* STARS 2.0.6.



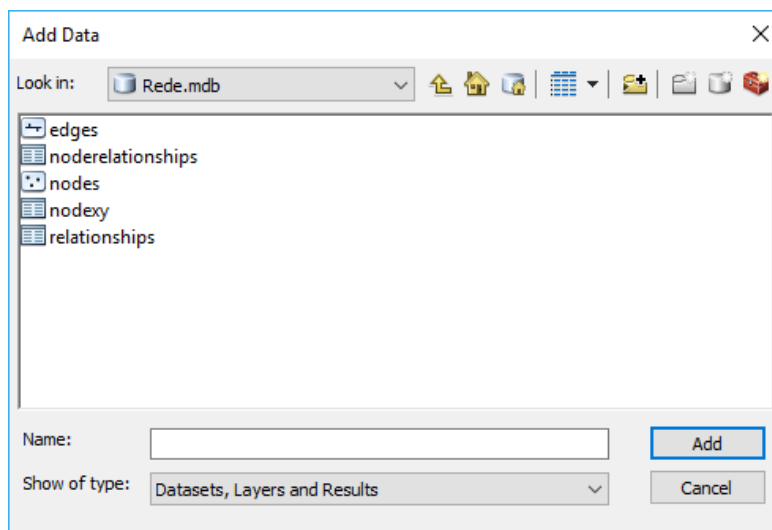
ToolBox STARS 2.0.6

Para adicionar os campos [fromnode] e [tonode] foi utilizado o algoritmo *Polyline to Landscape Network*. Esta ferramenta cria um file geodatabase com 5 datasets, sendo 2 feature classes (“Edges”, representando os trechos, e “Nodes”, representando os nós da rede) e 3 tabelas (“nodexy”, “noderelationships” e “relationships”).

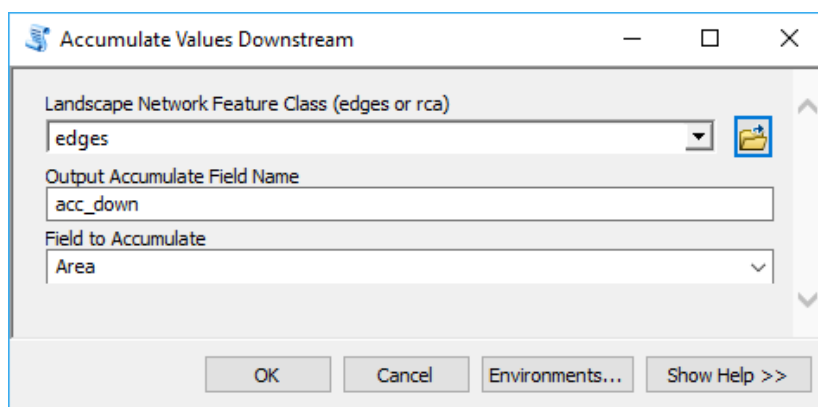
É necessário criar um diretório vazio dentro da pasta de trabalho do projeto e o nome da rede a ser criada nesse diretório deve ser acompanhado da extensão .mdb.



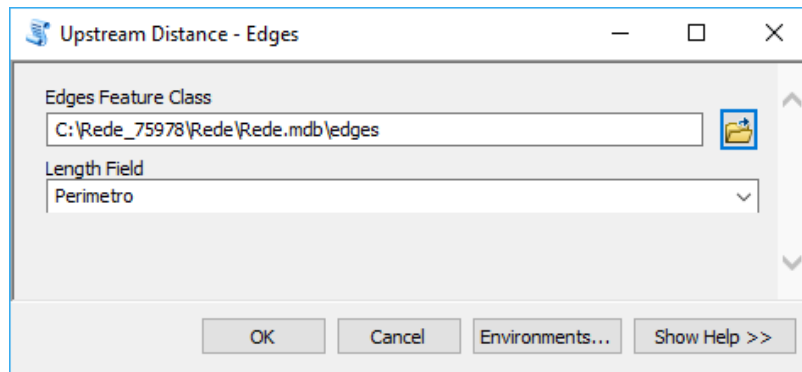
Adicione a feature class edges ao projeto.



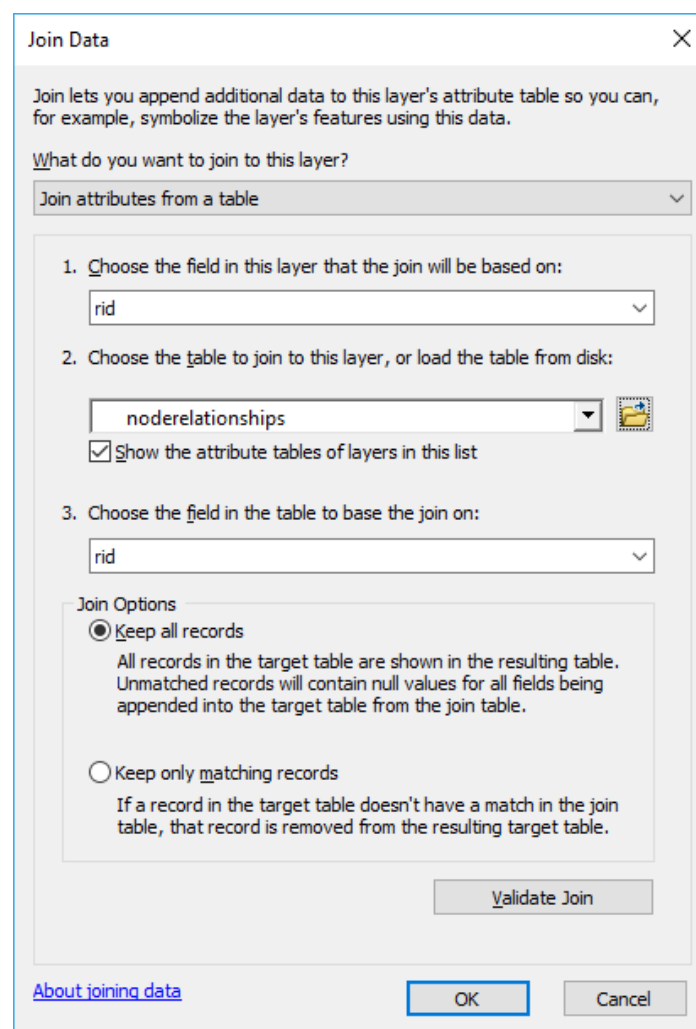
O campo [acc\_dow] deve armazenar o valor acumulado das áreas de drenagem a montante, para isso utilizamos o algoritmo *Accumulate Values Downstream* da *ToolBox STARS*, passando como parâmetro o campo com os valores das áreas da *feature class* “Edges” (ou seja, a operação é realizada com a *feature class* do *geodatabase*), veja que este campo foi herdado da nossa tabela de atributos da rede inicial.



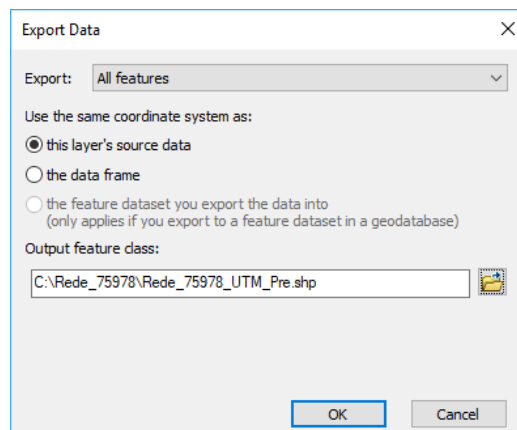
Para o campo [upDist] que irá armazenar os valores de distância até a foz, de forma análoga, usamos a função *Upstream Distance – Edges*, passando como parâmetro o campo [Perimetro].



Na tabela “noderelationships” estão os campos [fromnode] e [tonode] que devem ser transferidos para a *feature class* “Edges” por meio de um *Join Table* usando o campo chave [rid].



Com todos os campos necessários na tabela de atributos da *feature class* “Edges” basta exportá-la como shapefile, já que o algoritmo irá ler os valores da tabela de atributos (DBF) e armazená-los em um Panda Data Frame.



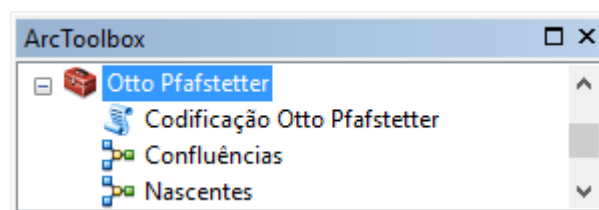
A seguir apresenta-se a tabela de atributos da shapefile exportada após a série de pré-processamentos com a *ToolBox* STARS.

	OBJECTID	COCURSODAG	COBACIA	Area	Perimetro	rid	acc_down	upDist	fromnode	tonode
	1	75978	7597891	3.822801	2855.097267	0	942.56723	76195.926	0	1
	2	7597892	75978921	108.11315	23059.90235	1	217.539494	99255.828351	2	0
	3	75978922	75978922	47.386834	14607.39435	2	47.386834	113863.222701	3	2
	4	75978442	75978442	78.576522	16431.066463	3	78.576522	54578.736503	4	5
	5	759784	7597841	4.7339	2723.526074	4	411.882677	32169.112	6	7
	6	759784	7597843	2.259679	947.444704	5	358.003906	33116.556704	8	6
	7	7597844	75978441	12.898441	5031.113337	6	176.565328	38147.67004	5	8
	8	7597832	75978323	46.018464	18864.725864	7	46.018464	41825.74602	10	11

Tabela de atributos após o pré-processamento

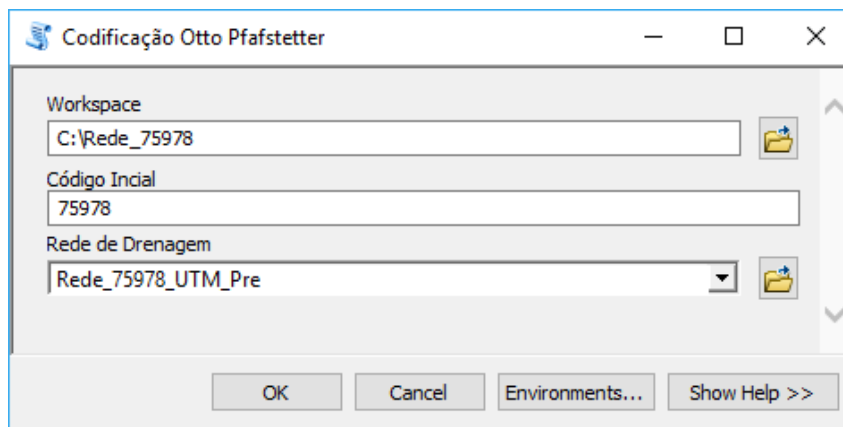
O algoritmo para a codificação faz uso de funções dos módulos Python Pysal e Pandas que são bibliotecas externas que podem ser incorporadas ao Python instalado junto com o ArcGis ou o QGIS. Estes módulos são requisitos necessários e a sua prévia instalação se faz necessário.

Foi criado para facilitar a utilização do algoritmo uma *ToolBox* para o ArcMap com o script de codificação automática, ao acessá-lo uma janela para entrada dos parâmetros é ativada. A seguir apresenta-se a *ToolBox* criada para a Ottocodificação. Esta toolbox deve ser adicionada ao projeto no ArcMap.



ToolBox para Ottocodificação

Os parâmetros que são informados para que se execute o script são o diretório de trabalho (*workspace*), o código inicial R e a *Feature Layer* correspondente à rede de drenagem. A seguir apresenta-se a janela de execução do script de Ottocodificação.



Janela do script de Ottocodificação

Como resultado da execução do script 4 campos na tabela de atributos da shapefile são adicionados. O campo [Pfaf] armazena os códigos gerados pela Ottocodificação, o campo [Canal] armazena o valor “1” quando o trecho em questão pertence ao canal principal da rede de drenagem apresentada e o campo [Nascentes] armazena o valor “1” quando o trecho em questão não possui nenhum trecho a montante. O campo [cocurso] armazena o código do curso d’água do trecho.

A seguir apresenta-se a tabela de atributos da rede de drenagem codificada após a execução da ferramenta.

Table											
Rede_75978_UTM_Pre											
	Area	Perimetro	rid	acc_down	upDist	fromnode	tonode	Pfaf	Canal	Nascentes	cocurso
▶	3.822801	2855.097267	0	942.56723	76195.926	0	1	7597891	1	0	75978
	108.11315	23059.90235	1	217.539494	99255.828351	2	0	75978921	n	0	7597892
	47.386834	14607.39435	2	47.386834	113863.222701	3	2	75978922	n	1	75978922
	78.576522	16431.066463	3	78.576522	54578.736503	4	5	75978442	n	1	75978442
	4.7339	2723.526074	4	411.882677	32169.112	6	7	7597841	n	0	759784
	2.259679	947.444704	5	358.003906	33116.556704	8	6	7597843	n	0	759784
	12.898441	5031.113337	6	176.565328	38147.67004	5	8	75978441	n	0	7597844
	46.018464	18864.725864	7	46.018464	41825.74602	10	11	75978323	n	1	7597832

Tabela de atributos da rede de drenagem codificada

Sem algum motivo aparente foi necessário remover o *layer* da rede de drenagem codificada e reinseri-lo novamente para que os campos adicionados pelo script ficassem visíveis.

A seguir apresenta-se a rede de drenagem com a codificação segundo o método de Otto Pfafstetter.

