

TUTORIAL

A CONCEPÇÃO DE DIAGRAMA UNIFILAR DE BACIA HIDROGRÁFICA PARA ESTUDOS DE INTERESSE HIDROLÓGICO: O passo a passo de como obter as informações, como montar o diagrama unifilar e como verificar e corrigir seus dados inventariais básicos

Versão 4.1

**Programas Utilizados: ARCMAP 10.1 E 10.3, ARCHYDRO
10.3, HIDRO 1.2, GOOGLE EARTH, QGIS 2.18.2, E
PACOTE MICROSOFT OFFICE**

Elaboração do tutorial:
Amália Koefender
Cecília Jardim Reis Souza
Daniel Borges Almeida
Guilherme Mendoza Guimarães
Juliano Santos Finck
Francisco F. N. Marcuzzo

Porto Alegre/RS

2017

Sumário

1.	Obtenção de Dados.....	1
1.1	Modelo Digital de Elevação SRTM30	1
1.2	Inventário da Agência Nacional de Águas	1
1.3	Inventário do SIGEL	2
1.4	Hidrografia ANA, IBGE, e versões regionais (HW, 2010).....	4
1.5	Municípios IBGE.....	5
2.	Preparação dos arquivos.....	5
2.1.	Utilizando o ArcGIS	5
2.1.1.	Caminhos relativos no ArcGIS	5
2.1.2.	Importar Inventário ANA de formato .mdb para ArcGIS.....	7
2.1.3.	Seleção das estações de interesse.....	14
2.1.4.	Estimar altitude de pontos de interesse via SRTM30 no ArcGIS.....	16
2.1.5.	Processamento de MDE para análise espacial no ArcGIS.....	17
2.1.6.	Detalhamento das Linhas de Drenagem.....	27
2.1.7.	Projeção para cálculo de áreas (Cônica Conforme de Lambert).....	29
2.2.	Utilizando o QGIS	31
2.2.1.	Caminhos relativos no QGIS	31
2.2.2.	Importar Inventário ANA de formato .mdb para QGIS.....	32
2.2.3.	Seleção das estações de interesse.....	35
2.2.4.	Estimar altitude de pontos de interesse via SRTM30 no QGIS.....	36
2.2.5.	Processamento de MDE para análise espacial no QGIS.....	39
2.2.6.	Detalhamento das Linhas de Drenagem.....	51
2.2.7.	Projeção para cálculo de áreas (Cônica Conforme de Lambert).....	52
2.2.8.	Simbologia no QGIS	54

3.	Diagrama	56
3.1	Visualização no SIG	56
3.2	Estimar a área de drenagem das estações fluviométricas, UHE, PCH e CGH via SRTM30	3
3.3	Montagem no Microsoft Word.....	5
3.4	Definição Legenda Diagrama.....	8
3.4.1	Dados da ANA	8
3.4.2	Dados SIGEL	13
3.5	Verificação dos dados.....	71
3.6	Distâncias	72
3.7	Áreas de Drenagem	74
4.	Consistência de dados inventariais para construção do Diagrama Unifilar .	75
4.1	Acesso à informação do governo federal	79
4.2	Outra abordagem para se consistir os dados.....	80
	Exemplo	82
5.	Modelo padrão e demais materiais para construção do diagrama unifilar proposto neste tutorial	84
6.	Como referenciar, em referências bibliográficas, este tutorial visando citar a utilização do modelo e dos procedimentos aqui exemplificados	85
7.	Referências bibliográficas	85

1. Obtenção de Dados

1.1 Modelo Digital de Elevação SRTM30

Pode-se obter os arquivos do Modelo Digital de Elevação (MDE, ou também no inglês *DEM, digital elevation model*) da área em questão nesse [sítio](#). Esse MDE é derivado da *Shuttle Radar Topography Mission, SRTM*, o qual tem resolução horizontal média de 30 metros.

Pode-se unir estes arquivos via ferramenta “Mosaico” do ArcGIS. Mais detalhes neste [sítio](#).

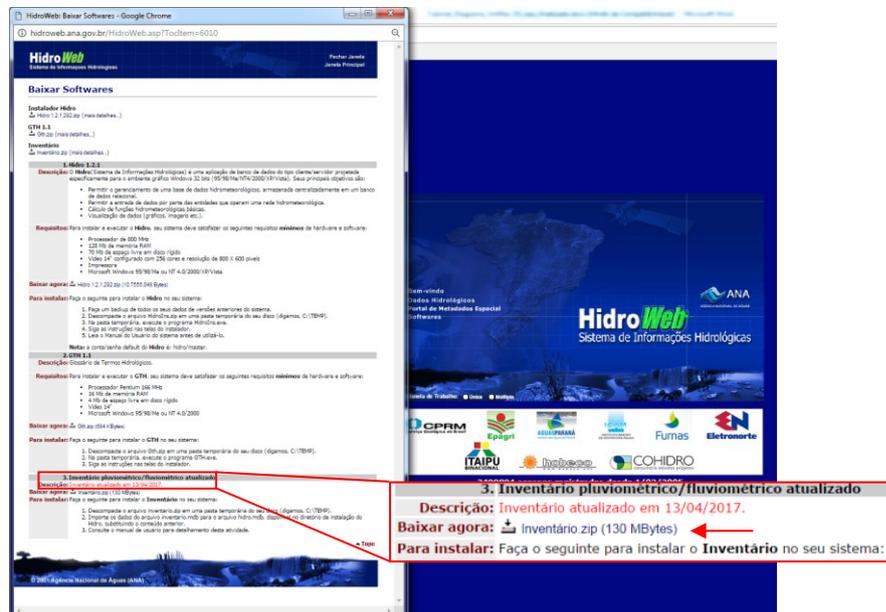
Deve-se sempre manter em mente que anualmente novos MDE são gerados, e que para a área em que se está trabalhando, pode haver um MDE de melhor resolução. Em [sítio](#), por exemplo, podem-se visualizar alguns MDE de melhor resolução para o Rio de Janeiro e Santa Catarina. Deve-se se manter atento a essas atualizações.

1.2 Inventário da Agência Nacional de Águas

a) Nesse [sítio](#), clica-se em “*Softwares*”.



b) Na nova janela aberta, no item “3. Inventário pluviométrico/fluviométrico atualizado”, baixa-se o arquivo “Inventário.zip”, e anota-se a data da atualização. Aqui, no caso, 13/04/2017.



Aconselha-se também baixar o software “Hidro” no item “1. Hidro” para auxiliar a visualização e o acesso aos dados hidrológicos do inventário. Em algumas etapas deste presente tutorial, utiliza-se como base o layout do Hidro.

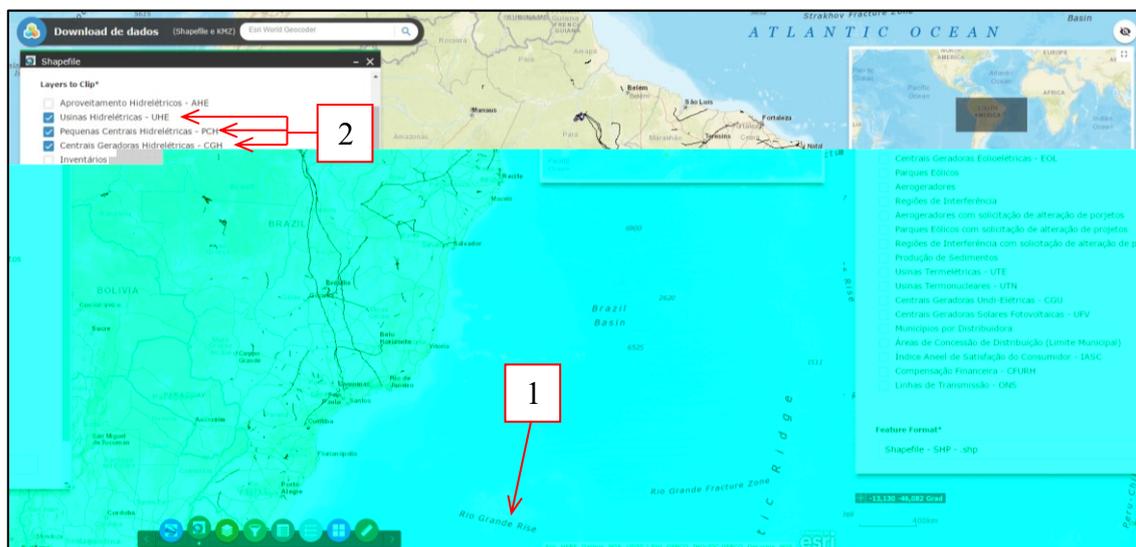
c) O inventário encontra-se inicialmente compactado. Utiliza-se um programa descompactador, como o Winzip ou Winrar, para extrair o inventário para uma pasta. Ao extrair, notar-se-á que o formato é .mdb, o qual pode ser lido pelo programa Access. Recomenda-se renomear o arquivo .mdb com a data de atualização do inventário, já que este é uma informação chave e deve ser informada no diagrama. Como importar os dados do arquivo .mdb para o programa de SIG está descrito no item de 2. Preparação de arquivos.

1.3 Inventário do SIGEL

Acessando este [sítio](#), clica-se em “Download” para acessar o mapa de download de dados.



Após isso, clicar em *shapefile* (1), estender a janela aberta de *shapefile* para facilitar a visualização, selecionar as camadas desejadas para o download (2), descer a barra de rolagento e clicar em “Executar”. Costumeiramente, estaremos interessados nas seguintes camadas: CGH, UHE e PCH. Há a Camada AHE que representa todas juntas (Aproveitamentos Hidrelétricos).





Assim, será gerado um *link* para download na aba de saída com os arquivos desejados em formato zip.



Extrai-se os arquivos, utilizando um descompactador (Winzip ou Winrar). Aconselha-se aqui sejam salvos juntos na mesma pasta. Pode-se adicionar os arquivos ao ArcGIS/QGIS, estando esses em formato .shp. Basta arrastá-los.

1.4 Hidrografia ANA, IBGE, e versões regionais (HW, 2010)

Para auxiliar no desenvolvimento do Diagrama Unifilar, é interessante obter os traçados de drenagem da ANA. Estes arquivos podem ser baixados do [GeoNetwork](#). Nesse repositório há diversos arquivos. Um deles, de abrangência nacional, é a Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2013.

Há também a hidrografia compilada do IBGE. Dentro da assim intitulada Base Cartográfica Contínua do Brasil 1:250000 de 2015 (BC250, 2015), há dados de hidrografia para a nação inteira. O sítio direto para a hidrografia para a BC250 de 2015 é [este](#). Eventualmente o nome das pastas pode ser alterado pelo departamento de TI do IBGE. Caso isso aconteça, o endereço não funcionará e será necessário procurar na [rede FTP do IBGE](#).

Quando existente se faz também de bases hidrográficas regionais. No caso do Rio Grande do Sul, há a base hidrográfica de Hasenack e Weber (2010) <<https://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/dados-espaciais/250-base-cartografica-vetorial-continua-do-rio-grande-do-sul-escala-1-50-000>>. A hidrografia de Hasenack e Weber (2010) está

disponível em diferentes projeções. Para o Rio Grande do Sul, estando esse em zona de latitudes intermediárias, recomenda-se utilizar a projeção conforme de Lambert de dois paralelos. Informações mais aprofundadas dessa projeção podem ser obtidas [neste](#) ou [neste](#) sítio.

1.5 Municípios IBGE

Dados georeferenciados de municípios podem ser obtidos em “bases e referencias » bases cartográficas » malhas digitas”. O último levantamento em formato *shapefile* disponível é de 2015 e pode ser obtido neste [sítio](#). Acessando “Municipal 2015”, pode-se procurar “br_município.zip”.

Caso o usuário necessite do endereço para [download direto](#). Esse endereço pode, porém, já estar corrompido porque de tempo em tempo a estrutura de pastas do FTP do IBGE é alterada.

2. Preparação dos arquivos

Escolhe-se entre duas opções neste tutorial para realizar os procedimentos de preparação de arquivos: usar o ArcGIS ou o QGIS. Fica a critério do usuário qual dos programas utilizar, sendo que ambos apresentam resultados semelhantes.

2.1. Utilizando o ArcGIS

2.1.1. Caminhos relativos no ArcGIS

Antes de começar a trabalhar com o ArcGIS, recomenda-se habilitar a opção de armazenamento de nomes de caminhos relativos para fontes de dados.

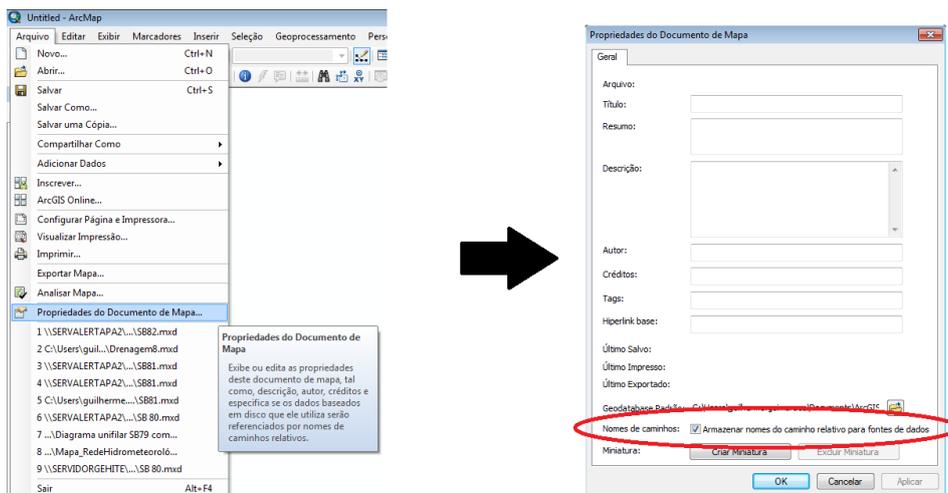
Por padrão o ArcGIS utiliza o caminho (ou endereço) completo para busca de qualquer arquivo adicionado no mapa, porém pode-se alterar essa opção, tornando relativo o caminho do arquivo mapa .mxd até os arquivos que estão presentes no mapa (e.g. dado um arquivo .shp localizado em C:\ArcGIS\projeto\subbacia81.shp e um arquivo do mapa do ArcGIS C:\ArcGIS\projeto\projeto_mapa_sb81.mxd, o caminho relativo passaria só pela própria pasta). Qual a vantagem? Caso se copie a pasta projeto para um *pendrive*, pode-se abrir o arquivo .mxd e ele vai reconhecer que o caminho

relativo até o arquivo .shp é pela mesma pasta em que o .mxd está; prontamente o arquivo .shp será encontrado.

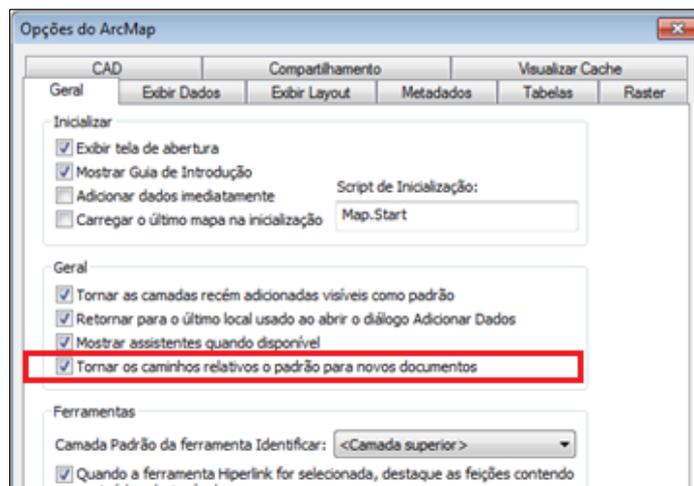
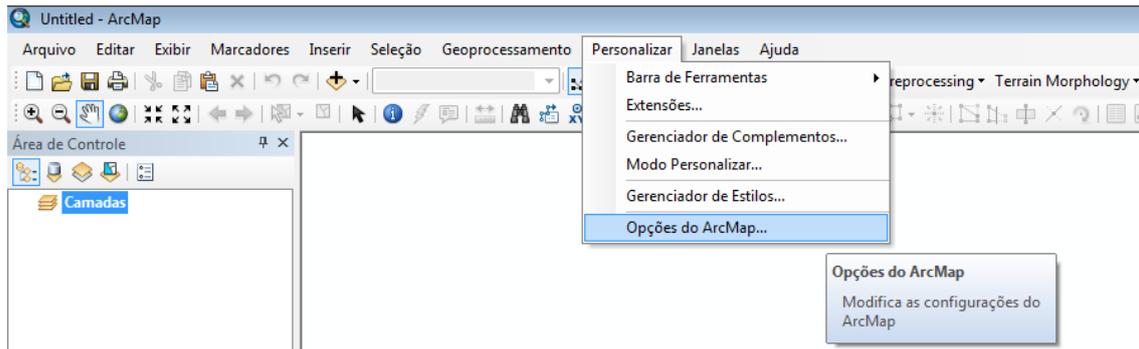
Note ainda que a pasta “projeto” poderia ser realocada em qualquer local já que os arquivos todos estão dentro de “projeto” e o caminho relativo entre .mxd e os arquivos não mudou. Diferentemente, quando não marcada a opção de caminhos relativos, se o nome do disco local for alterado de “C:” para “G:”, aparecerá o seguinte ícone ao abrir o arquivo .mxd:



Caso isso aconteça será necessário localizar de novo o caminho da camada, e isso será um trabalho dispendioso e cansativo. Para evitar tais problemas, deve-se clicar na aba “Arquivo”, em “Propriedades do Documento do Mapa...” e habilitar a caixa “Armazenar nomes do caminho relativo para fontes de dados” como mostra as figuras abaixo.

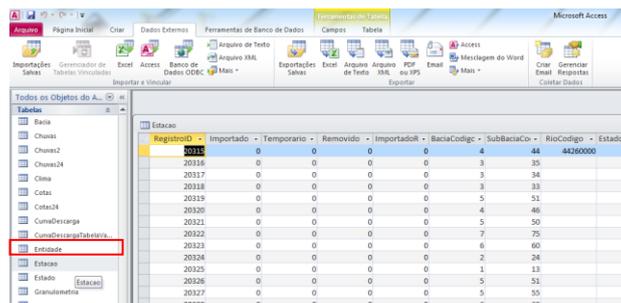


Para não precisar marcar essa opção toda vez que começar um novo trabalho, clica-se na aba “Personalizar”, em “Opções do ArcGIS...” e marcar a caixa “Tornar os caminhos relativos o padrão para novos documentos” na aba “Geral”, como mostra as figuras abaixo.

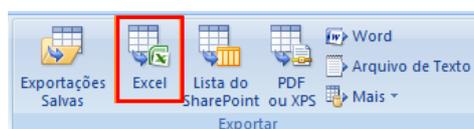


2.1.2. Importar Inventário ANA de formato .mdb para ArcGIS

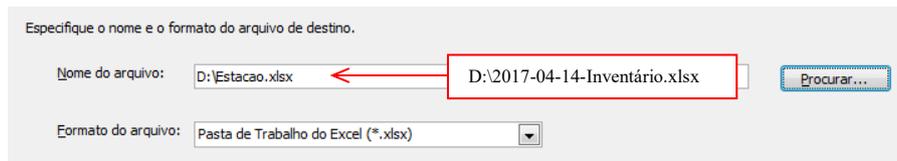
a. Abre-se o arquivo Access e, dentro dele, a tabela “Estacao”.



b. Na Barra de Ferramentas, clica-se “Dados Externos”. No espaço “Exportar”, clica-se em “Excel” para exportar para planilha do Excel em formato .xlsx.



c. Define-se nome, local e formato do arquivo de destino. Utiliza-se formato “.xlsx”. Novamente, recomenda-se manter a data de atualização no título do arquivo. Sugere-se, por exemplo, “2017-04-14-Inventário” uma vez que o formato “ano-mês-dia” facilita análise de um banco de dados grande. Isso é particularmente importante quando se pretende atualizar o diagrama rotineiramente.



d. **(Opcional)** Preenche-se células em branco, e interpreta-se códigos ANA de interesse.

Motivação

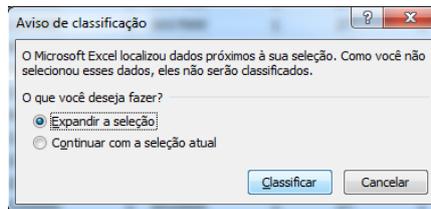
Para que serve o Hidro na hora de visualizar os dados? O Hidro interpreta os valores de cada coluna do arquivo .mdb. Pode-se montar uma simbologia, e utilizar rótulos (labels) no programa de SIG, utilizando assim apenas um programa. Basta que se entenda o significado de cada coluna da planilha de Estacao do .mdb de Inventário.

Abre-se o arquivo Excel recém-exportado do Access, e realiza-se algumas mudanças que facilitarão a visualização das informações de altitude, área de drenagem, e municípios. O ArcMap interpreta células em branco como zero, o que pode eventualmente levar a equívocos (e.g. uma estação pode exibir altitude zero, porém, na verdade, nunca se mediu a altitude dessa estação). Também, encontra-se o campo de município sob um código apenas utilizado pela ANA, e esse não é interpretável sem a presença da relação “código da ANA - nome do município”.

Para renomear todas as células em branco de altitude e área de drenagem para “-9999”, sugere-se no Excel seguir seguinte processo: seleciona-se primeiramente a coluna com brancos a serem preenchidos, depois, na barra de ferramentas, clica-se em “Classificar e Filtrar”, “Classificar do Menor para o Maior” (o Excel pode estar lendo essa coluna como *string* e aparecerá “Classificar de A para Z”). Nesse caso, seleciona-se essa opção).

	W	X	Y	Z
Altitude	9,9447	76	274000	1
ÁreaDren	2,8136	142	165000	1
Tipos	1,4133	114	252000	1
Tipos	0,9096	89	61400	1
Tipos	76,76	112	16100	0
Tipos	0,2644	91	36900	1
Tipos	9,9161		109000	0
Tipos	9,0287		994000	0
Tipos	8,2628	71	1010000	1
Tipos	8,9528		11700	0
Tipos	9,6911	101	106000	1

Uma janela de aviso abrirá. É extremamente importante que se marque “Expandir a seleção” antes que se clique em “Classificar”.

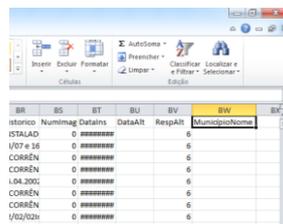


Clica-se numa das células não nulas dessa coluna que agora foi classificada em ordem crescente, segurar “Ctrl”, clicar “↓”, soltar “Ctrl”, clicar “↓” (1), digitar -9999 (2), e dar duplo clique no pequeno quadrado preto no canto inferior direito dessa mesma célula (3). Isso copiará todos os valores -9999 até a última célula em que não há dados (4). Realiza-se esse processo tanto para colunas de altitudes assim como para a de área de drenagem.

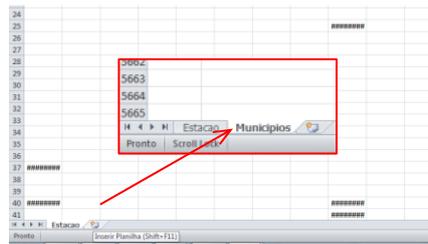
(1) → (2) → (3) → (4)

R	S	T	U	V	W	X	R	S	T	U	V	W	X	R	S	T	U	V	W	X		
175001	156130	156130	-13,15	-75,0667	4550		175001	156130	156130	-13,15	-75,0667	4550		71000	VISUVO	157319	-15,4	-71,7333	4630			
175002	CHOCLOCO	156130	-13,15	-75,0667	4550		175002	CHOCLOCO	156130	-13,15	-75,0667	4550		76001	RIO PALLA	155114	-11,15	-76,45	4633			
176004	LA CRUZADA	155120	-11,0333	-76,4	4600		176004	LA CRUZADA	155120	-11,0333	-76,4	4600		76001	ALPAMAR	155116	-11,2167	-76,45	4637			
176005	YANTAC	155121	-11,3333	-76,4	4600		176005	YANTAC	155121	-11,3333	-76,4	4600		76012	LAGUNA I	155440	-11,0167	-76,4167	4650			
175022	155292	155292	-10,85	-75,9333	4600		175022	155292	155292	-10,85	-75,9333	4600		76013	SAN JOSÉ	155453	-11,15	-76,45	4630			
176029	SARASAC	155206	-10,45	-76,8167	4600		176029	SARASAC	155206	-10,45	-76,8167	4600		76014	BAURA	155208	-10,4333	-76,7333	4630			
176013	55441	55441	-12,2167	-76,6333	4600		176013	55441	55441	-12,2167	-76,6333	4600		76015	ESPERAN	155209	-12,75	-78,5	4600			
171000	VISUVO	157319	-15,4	-71,7333	4630		171000	VISUVO	157319	-15,4	-71,7333	4630		75004	FULTOC	110514	-13,1	-75,0667	4685			
176001	RIO PALLA	155114	-11,15	-76,45	4633		176001	RIO PALLA	155114	-11,15	-76,45	4633		76023	SAN CRIST	155469	-11,7333	-76,05	4700			
176003	ALPAMAR	155116	-11,2167	-76,45	4637		176003	ALPAMAR	155116	-11,2167	-76,45	4637		75001	ÍSATH	155478	-12,55	-75,5333	4700			
176012	LAGUNA I	155440	-11,0167	-76,4167	4650		176012	LAGUNA I	155440	-11,0167	-76,4167	4650		35113	BEZERRAS		-8,25	-35,7667	4710			
176013	SAN JOSÉ	155453	-11,15	-76,45	4630		176013	SAN JOSÉ	155453	-11,15	-76,45	4630		78002	EL REFUGI	M-121	-0,7	-78,55	4800			
176030	BAURA	155208	-10,4333	-76,7333	4650		176030	BAURA	155208	-10,4333	-76,7333	4650		75010	155274	155274	-10,5333	-75,9667	5150			
176029	SARASAC	155206	-10,45	-76,8167	4600		176029	SARASAC	155206	-10,45	-76,8167	4600		88005	CHACALATA		-16,35	-68,1333	5220			
175004	FULTOC	110514	-13,1	-75,0667	4685		175004	FULTOC	110514	-13,1	-75,0667	4685		99000	PCH EMAS	NOVA IJ	-21,5000	-47,2889	5521			
176023	SAN CRIST	155469	-11,7333	-76,05	4700		176023	SAN CRIST	155469	-11,7333	-76,05	4700		51033	COLÔNIA	DE BAIKO	-24,8	-51,4167	6000			
175000	155478	155478	-12,55	-75,5333	4700		175000	155478	155478	-12,55	-75,5333	4700		50042	IMBAUZINHO		-24,4	-50,8	9000			
35113	BEZERRAS		-8,25	-35,7667	4710		35113	BEZERRAS		-8,25	-35,7667	4710		90000	ESPERAN		-4,4053	-49,5167	9999			
78002	EL REFUGI	M-121	-0,7	-78,55	4800		78002	EL REFUGI	M-121	-0,7	-78,55	4800		00000	SÃO PAULO	DE OLIVI	-3,4533	-49,0167	9999			
175010	155274	155274	-10,5333	-75,9667	5150		175010	155274	155274	-10,5333	-75,9667	5150		00000	SÃO PAULO	DE OLIVI	-3,4533	-49,0167	9999			
88005	CHACALATA		-16,35	-68,1333	5220		88005	CHACALATA		-16,35	-68,1333	5220		20000	TRÊS	BOCAS	-3,9917	-68,9528	9999			
99000	PCH EMAS	NOVA IJ	-21,5000	-47,2889	5521		99000	PCH EMAS	NOVA IJ	-21,5000	-47,2889	5521		37000	50000	CODAIAS	-3,8447	-62,0611	9999			
51033	COLÔNIA	DE BAIKO	-24,8	-51,4167	6000		51033	COLÔNIA	DE BAIKO	-24,8	-51,4167	6000		60000	COPATANA	(PORTO	-2,8333	-66,5167	9999			
50042	IMBAUZINHO		-24,4	-50,8	9000		50042	IMBAUZINHO		-24,4	-50,8	9000		50000	FORTE	BOA	-2,4853	-66,0267	9999			
49009	SANEPAR	PIRAQUAR	-25,5	-49,0333	9000		49009	SANEPAR	PIRAQUAR	-25,5	-49,0333	9000		60002	CRUZEIRO	DO SUL	-7,63306	-72,6617	9999			
90000	ESPERAN		-4,4053	-49,5167	9999		90000	ESPERAN		-4,4053	-49,5167	9999		109000	00000	CRUZEIRO	DO SUL	-7,63306	-72,6617	9999		
00000	SÃO PAULO	DE OLIVI	-3,4533	-49,0167	9999		00000	SÃO PAULO	DE OLIVI	-3,4533	-49,0167	9999		994000	00000	ERUNEPÉ	-JÓLO PE	-6,86667	-69,8667	9999		
120000	TRÊS	BOCAS	-3,9917	-68,9528	9999		120000	TRÊS	BOCAS	-3,9917	-68,9528	9999		11700	00000	CARAUARI	-4,91	-66,8242	9999			
20000	PORTO	ANTUNES	-2,8372	-66,9311	9999		20000	PORTO	ANTUNES	-2,8372	-66,9311	9999		77000	00000	TEFE	-1,20361	-64,0348	9999			
30000	COPATANA	(PORTO	-2,8333	-66,5167	9999		30000	COPATANA	(PORTO	-2,8333	-66,5167	9999		77200	00000	SERINAL	MOREIRA	-5,1092	-63,1428	9999		
50000	FORTE	BOA	-2,4853	-66,0267	9999		50000	FORTE	BOA	-2,4853	-66,0267	9999		1220000	50002	COARI	-4,0822	-63,1428	9999			
60002	CRUZEIRO	DO SUL	-7,63306	-72,6617	9999		60002	CRUZEIRO	DO SUL	-7,63306	-72,6617	9999		37800	50003	COARI	-4,0822	-63,1428	9999			
60003	CRUZEIRO	DO SUL	-7,63306	-72,6617	9999		60003	CRUZEIRO	DO SUL	-7,63306	-72,6617	9999		37800	50000	CODAIAS	-3,8447	-62,0611	9999			
60000	ERUNEPÉ	-JÓLO PE	-6,86667	-69,8667	9999		60000	ERUNEPÉ	-JÓLO PE	-6,86667	-69,8667	9999		77400	00000	ERUNEPÉ	-JÓLO PE	-6,86667	-69,8667	9999		
80000	CARAUARI		-4,91	-66,8242	9999		80000	CARAUARI		-4,91	-66,8242	9999		163000	75000	FAZENDA	JUSSARA	-5,35	-69,5167	9999		
80000	TEFE		-3,39361	-64,0348	9999		80000	TEFE		-3,39361	-64,0348	9999		24300	80000	MANOEL	LANA	-8,8888	-69,272	9999		
80000	SERINAL	MOREIRA	-5,1092	-63,1428	9999		80000	SERINAL	MOREIRA	-5,1092	-63,1428	9999		8200	00000	SERINAL	PROVIDENT	-8,9444	-68,6292	9999		
50002	COARI		-4,0822	-63,1428	9999		50002	COARI		-4,0822	-63,1428	9999		35600	00000	SERINAL	ANA	-9,3744	-68,7239	9999		
50003	COARI	ANA	-4,0856	-63,0833	9999		50003	COARI	ANA	-4,0856	-63,0833	9999		35600	00000	BOCA	DO CAFEZAL	-9,00228	-68,6533	9999		
55000	CODAIAS		-3,8447	-62,0611	9999		55000	CODAIAS		-3,8447	-62,0611	9999		1810000	00002	BOCA	DO CAFEZAL	(I	-9,00687	-68,65	9999	
17000	SANTA ROSA	DO PUI	-9,4278	-70,475	9999		17000	SANTA ROSA	DO PUI	-9,4278	-70,475	9999		17400	00000	SERINAL	GUARANY	-9,1103	-68,9933	9999		

Ainda se faz necessário adicionar uma nova coluna para o nome de município. Inse-re-se uma nova coluna e a ela dá-se o nome “MunicípioNome”.

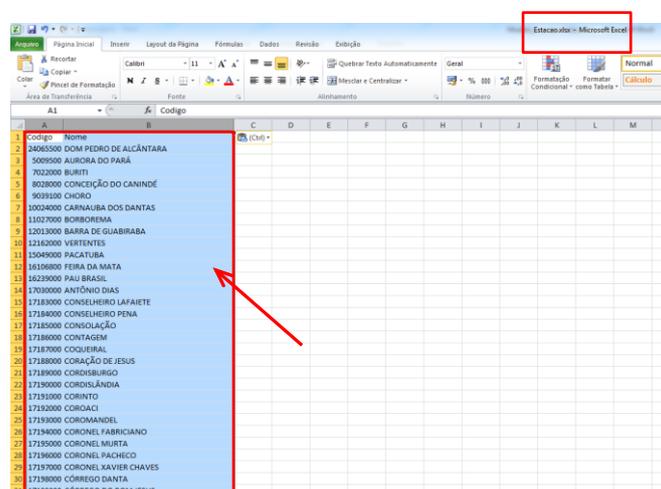
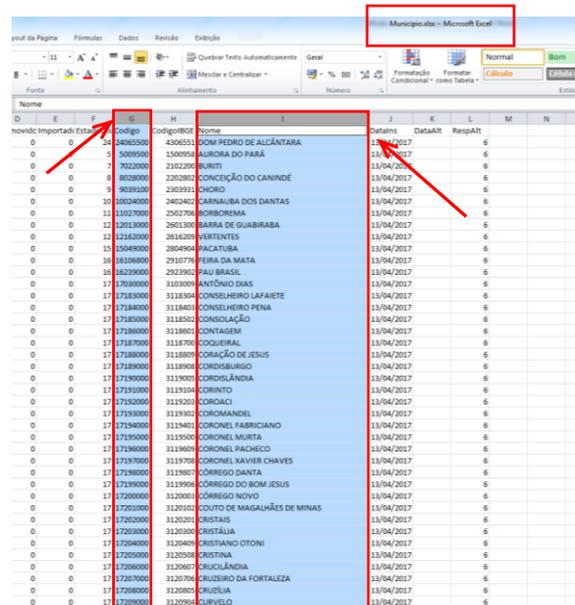


Inse-re-se uma planilha nova (ou, pressiona-se Shift+F11) na qual se coloca a relação “código da ANA - nome do município”. A ela, dá-se o nome de “Municípios”.



Faz-se necessário seguir procedimento semelhante ao já realizado, em que se exportou a tabela de “Estacoes” do arquivo .mdb, no qual se encontra o inventário da ANA. Agora, porém, deve-se exportar, também em formato .xlsx, a tabela “Município”, ao invés de “Estacoes”. Sugere-se utilizar o nome “Município.xlsx”.

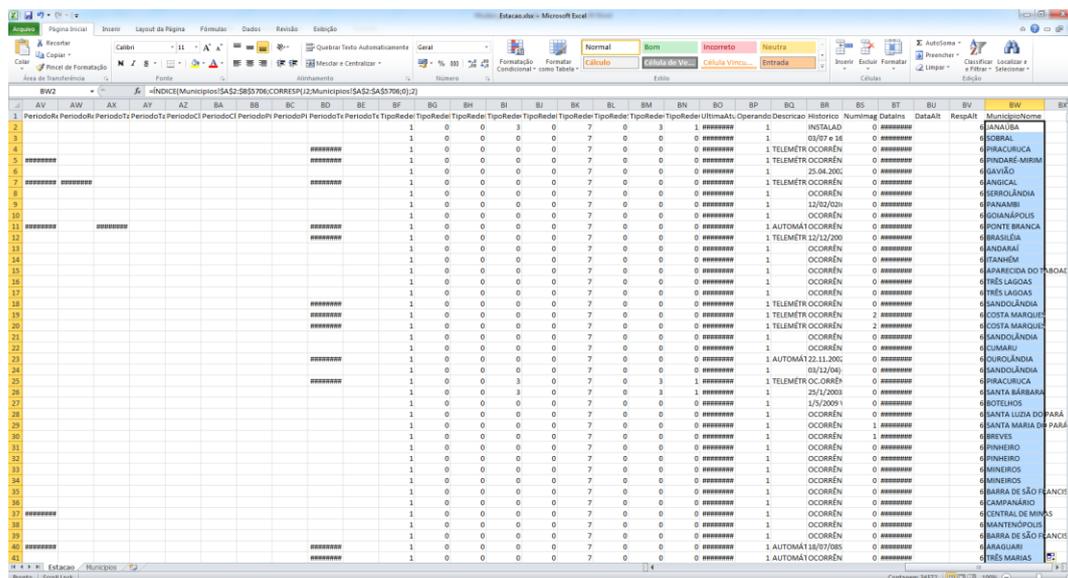
Uma vez exportada a tabela Município, deve-se abrir ela. Agora há dois arquivos Excel abertos. Copia-se as colunas **Código** e **Nome** do arquivo “Município.xlsx” para a nova planilha inserida no arquivo Excel do inventário de estações. Segue imagens abaixo:



Voltando-se a planilha “Estacao”, na primeira célula da coluna “MunicipioNome” anteriormente criada, escreve-se a seguinte função:

“=ÍNDICE(Municípios!\$A\$2:\$B\$5706;CORRESP(J2;Municípios!\$A\$2:\$A\$5706;0);2)”

E dá-se duplo clique no pequeno quadrado inferior direito da célula. Assim, acaba-se por copiar essa função para todas as células abaixo nessa mesma coluna. Espera-se que apareça o nome de todos os municípios.



Pode haver eventualmente algum erro na função acima mencionada caso os dados não tenham sido copiados e colados exatamente como apontado, e.g. o nome da planilha inserida (Shift+F11) não seja o sugerido (“Municípios”). Além disso, com o passar dos anos, a lista de municípios da ANA pode apresentar mais ou menos municípios, e isso implicaria em uma matriz relação código-município de tamanho diferente. Enfim, ocorrendo algum erro, ou sendo de interesse do usuário a lógica da função acima mencionada, segue explicação abaixo:

“=ÍNDICE(Municípios!\$A\$2:\$B\$5706;CORRESP(J2;Municípios!\$A\$2:\$A\$5706;0);2)”

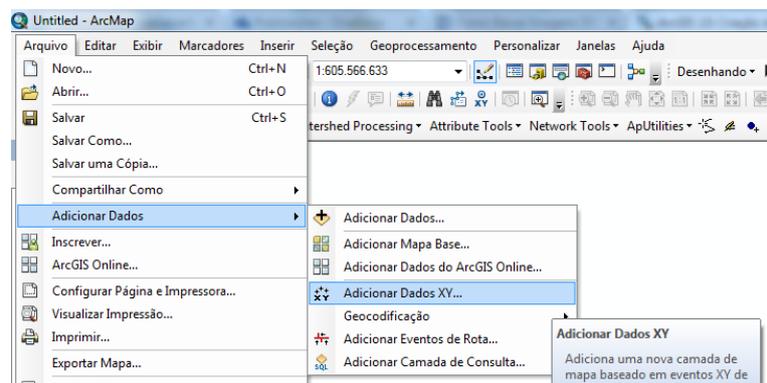
“=ÍNDICE(matriz relação código-nome;CORRESP(código de município da estacao que será procurado na matriz relação código-nome;coluna de códigos da matriz relação código-nome;o valor 0 indica que se deve buscar uma correspondência exatamente igual entre o código de município da estação e o código presente na coluna de códigos da matriz relação código-nome*);o número 2 indica que, após ter sido encontrado o valor na matriz relação código-nome, deve-se retornar o dado na segunda coluna dessa matriz)”

*Às vezes se utiliza essa função para buscar valores que são menores, ou maiores do que os que contam na coluna. Esses artifícios não são usados para resolução desse problema, no entanto.

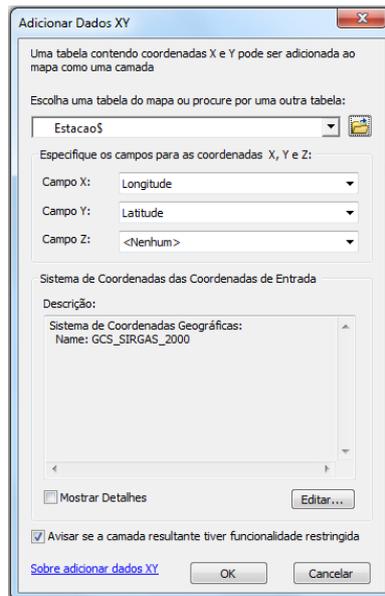
Pode-se realizar processo semelhante para adicionar uma coluna com o nome de rios, já que *a priori* só há coluna de código de rios. Nesse caso, os parâmetros da função ÍNDICE serão diferentes, e deve-se adicionar uma planilha relação “código-nome” que se extrai também do .mdb. No arquivo .mdb, o nome da planilha a ser exportada é “Rio”.

Por fim, finalmente, salva-se o *excel*.

e. Posteriormente, faz-se interessante visualizar tais dados em programa de Sistema de Informações Geográfico (SIG). Uma vez aberto o ArcMap, deve-se na Barra de Ferramentas, clicar em “Arquivo” > “Adicionar Dados” > “Adicionar Dados XY...”

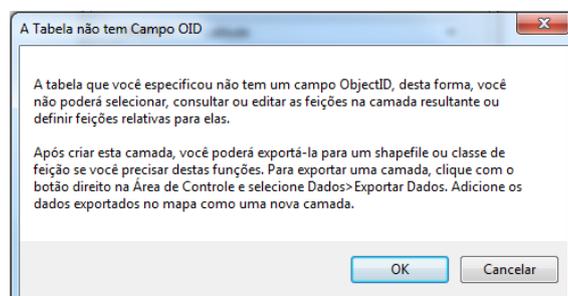


Seleciona-se no campo principal a aba do Excel, contendo as informações desejadas. Uma caixa de diálogo será aberta e automaticamente os campos referentes à latitude e longitude serão preenchidos. Nota-se aqui que ao selecionar o arquivo Excel sempre haverá uma opção de pegar dados de uma planilha hipotética “Estacao”, ou de uma mesma planilha “Estação\$”. Selecionando a primeira, importa-se apenas valores, ignorando fórmulas feitas na planilha Excel, ocasionando assim a eventual omissão de dados calculados por funções. No caso da segunda, “Estação\$”, é importado o valor de saída de cada célula, levando-se em conta a equação. Sugere-se, então, sempre selecionar a opção com cifrão, no caso: “Estacao\$”.



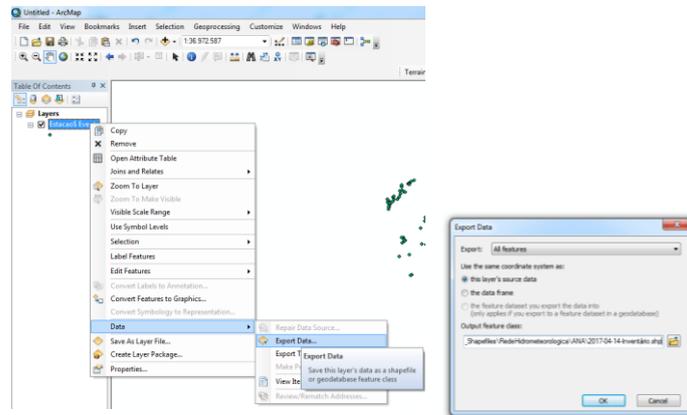
O Sistema de Coordenadas deve ser definido como SIRGAS2000. Desde 25 de fevereiro de 2015, segundo [primeira resolução da presidência do IBGE/2015](#), o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) é o único sistema geodésico de referência oficialmente adotado no Brasil. O uso de outros sistemas pode causar inconsistências e imprecisões no momento de combinação de dados. Esta medida vem a facilitar o intercâmbio de informações nacionais. Sendo assim, todos os arquivos utilizados devem ser convertidos a SIRGAS2000, e arquivos criados devem ter sistema de coordenadas definido como SIRGAS2000.

A mensagem abaixo avisa que não há uma coluna com nome ObjectID. O ArcGIS necessita dessa para habilitar ações de seleção, consulta, edição de feições, ou definição de feições relativas. Clica-se “OK”. Posteriormente, quando se exporta essa mesma camada em formato *shapefile*, o próprio processo cria essa coluna.



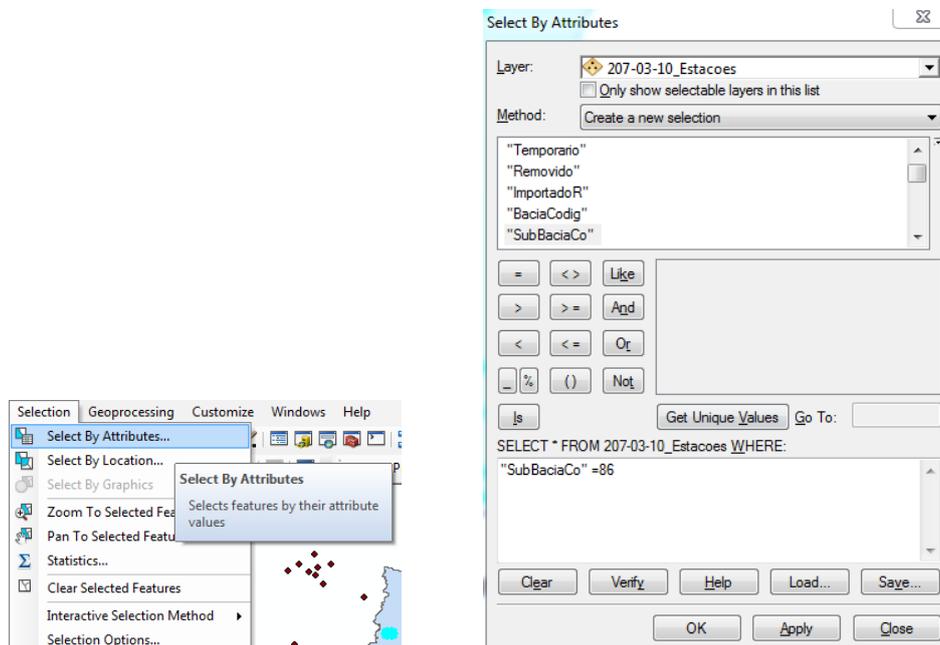
Em seguida, clica-se com o botão direito sobre a camada, “Data”, “Export Data...”. Na janela que abrirá, definir o endereço e o nome do arquivo a ser salvo. Depois que o arquivo for salvo em *shapefile* uma janela perguntará se é desejo adicionar

o arquivo exportado já no ArcGIS. Pode-se clicar que sim para visualizar e já trabalhar com o arquivo.



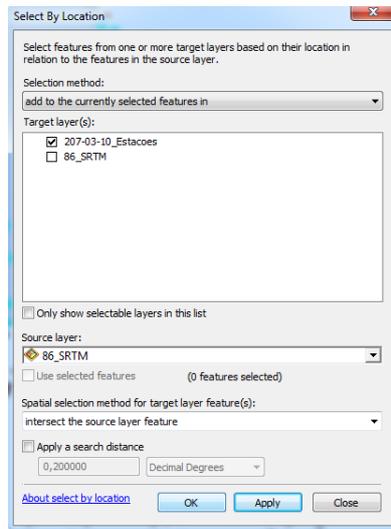
2.1.3. Seleção das estações de interesse

Com a bacia já delimitada, pode-se então selecionar as estações da ANA, as PCH, CGH e UHE que farão parte do Diagrama Unifilar. Para isso, deve-se clicar em “*Selection >> Select by Attributes...*”. Usa-se um comando para selecionar todos os pontos de mesmo código de sub-bacia. Aqui se selecionaram aquelas de código 86.

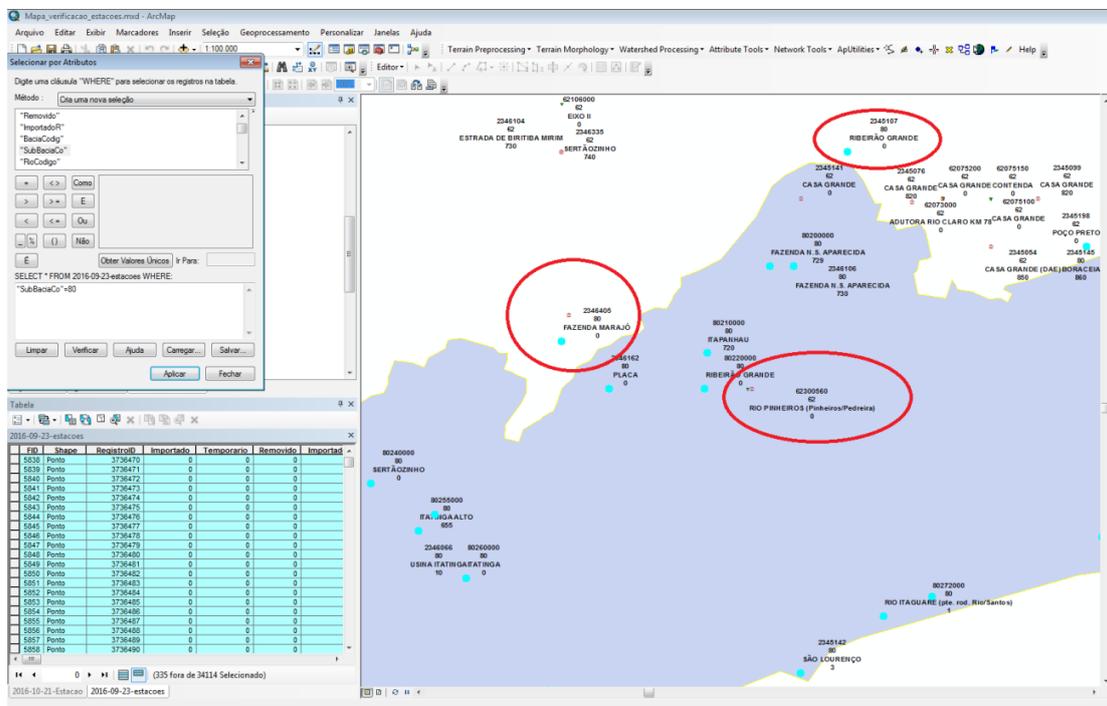


Em seguida, clica-se em “*Selection >> Select by Location...*”. Seleciona-se aqui todos os pontos que fazem intersecção com a camada da sub-bacia. Deve-se atentar para

manter “add to the currently selected features in” e “intersect the source layer feature” selecionados.



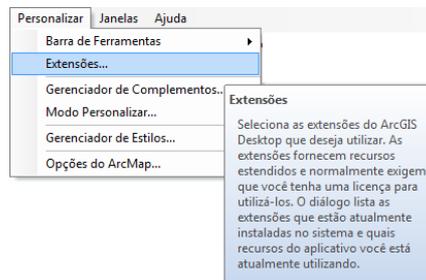
Deve-se tomar cuidado ao realizar essa operação, pois há casos em que as coordenadas geográficas das estações fornecidas pela ANA apresentam erros, como por exemplo, estações da bacia de interesse localizadas fora da área do polígono e estações de outras bacias dentro da área do polígono – situação ilustrada a seguir.



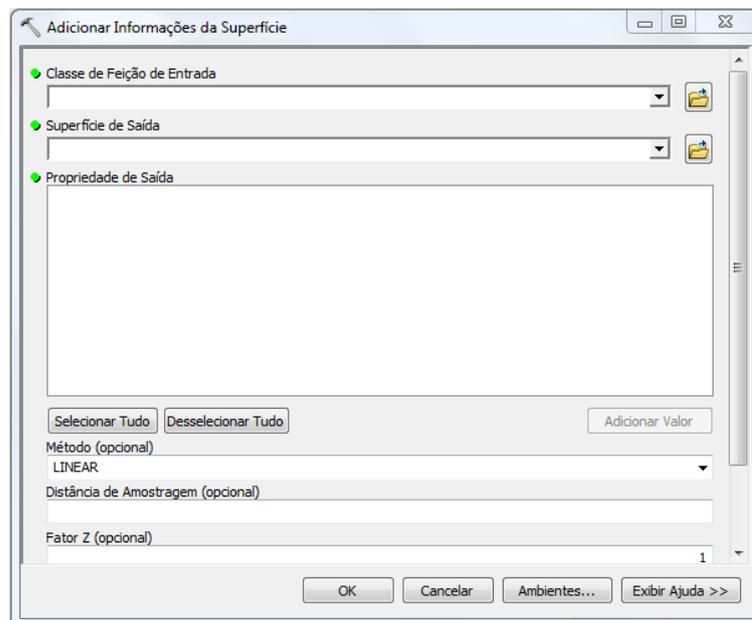
2.1.4. Estimar altitude de pontos de interesse via SRTM30 no ArcGIS

Do MDE pode-se extrair altitude estimada para as estações, os barramentos, e qualquer outro ponto de interesse que esteja em formato *shapefile*. Nesta etapa serão utilizados os *shapefiles* com dados das estações da ANA, aqueles com os dados da ANEEL e o modelo digital de elevação SRTM30.

1. Primeiramente deve-se verificar se a extensão 3D Analyst está ativa e, caso não estiver, deve-se ativá-la em “*Personalizar*” > “*Extensões...*”:



2. Em “*ArcToolbox*” selecionar “*Ferramentas do 3D Analyst*” > “*Superfície Funcional*” > “*Adicionar Informações da Superfície*”. Abrirá assim a seguinte caixa de diálogo:



3. Selecionar então como “*Classe de Feição de Entrada*” um dos *shapefiles* com dados aos quais deseja-se atribuir altitudes. Em “*Superfície de Saída*” deve-se selecionar

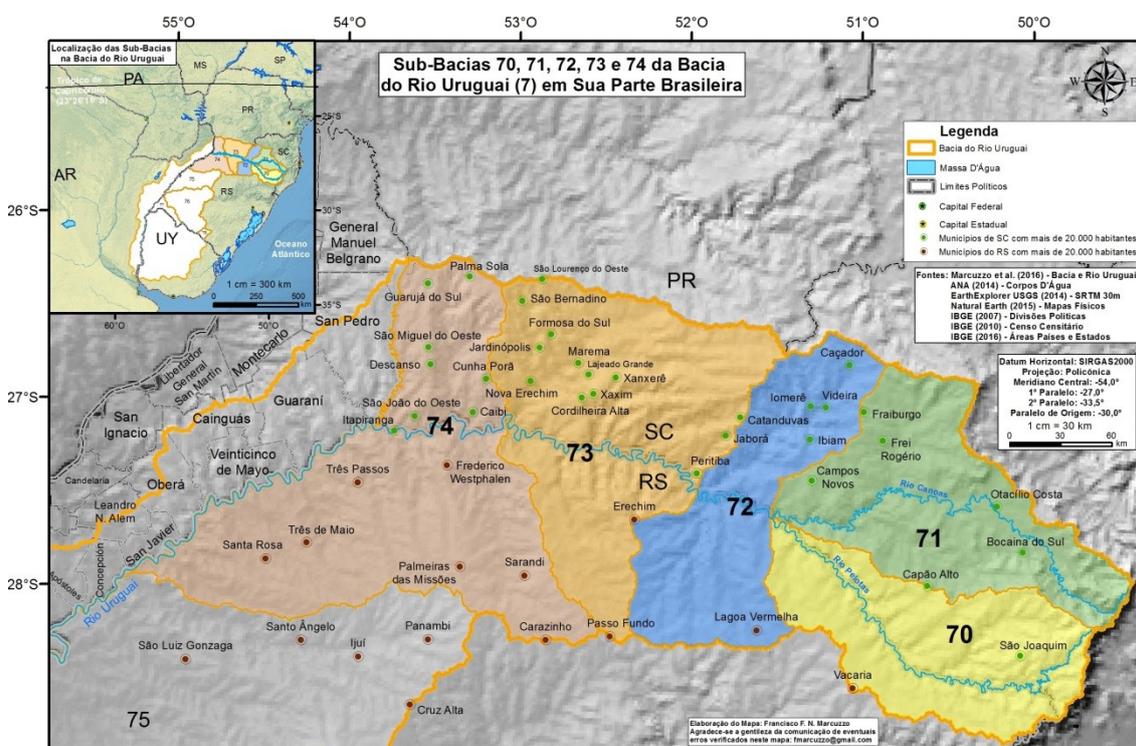
o MDE SRTM30 e em “*Propriedades de Saída*” aparecerá a opção , que deve ser assinalada.

4. Deve-se repetir este procedimento até que os shapefiles da ANA e da ANEEL apresentem as altitudes referentes ao MDE SRTM30. Isto pode ser verificado abrindo a “*Tabela de Atributos*” de cada um deles. O procedimento acima acrescentará uma coluna “Z” ao final da tabela.

2.1.5. Processamento de MDE para análise espacial no ArcGIS

Com o MDE do SRTM30 já mosaicado e pronto para ser utilizado, ativa-se a extensão *SpatialAnalyst* para que se comece a utilizar as ferramentas do *ArcHydro*. Deve-se definir o sistema de coordenadas das camadas utilizadas sempre como *Datum SIRGAS2000*.

Para a montagem do Diagrama Unifilar, faz-se necessário um *raster* de acumulação de fluxo. Portanto, no mosaico deve conter a área de todas bacias que se propõem estudar (principalmente bacias a montante, mesmo que elas não sejam objetos de estudo; bacias à montante influenciam as áreas de drenagem de estações e usinas presentes no curso de rios principal de bacias à jusante). Pode-se observar esse fato no mapa que segue.



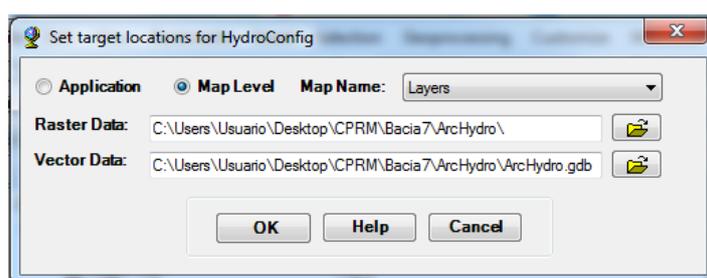
Qualquer elemento que esteja no rio principal na sub bacia 73 sofrerá influência das áreas de drenagem das bacias 72, 71 e 70. Por essa razão, reitera-se a importância em utilizar o arquivo do MDE mosaicado por inteiro.

Apresenta-se aqui o seguinte índice dos passos que hão ser realizados no ArcHydro para determinar a área de drenagem da bacia em estudo:

1. FillSinks
2. Flow Direction
3. Flow Accumulation
4. Stream Definition
5. Stream Segmentation
6. Catchment Grid Delineation
7. Catchment Polygon Processing
8. Drainage Line Processing
9. Adjoint Catchment Processing
10. Drainage Point Processing
11. Batch Point Generation
12. Watershed Delineation

Antes de tudo, para começar a utilizar o ArcHydro, deve-se definir o destino dos arquivos que serão gerados e utilizados nos processos. Para isso, clica-se em “ApUtilities” > “Set Target Locations”. Clica-se duas vezes em “HydroConfig”.

Define-se para os documentos *raster* uma pasta, de preferência vazia, em que os *raster* serão armazenados. Para salvar os vetores, deve-se criar um Arquivo *Geodatabase* e defini-lo como destino. Recomenda-se que o Arquivo *Geodatabase* seja criado dentro da pasta definida como destino para os arquivos *raster*. Este procedimento ajuda a evitar erros.

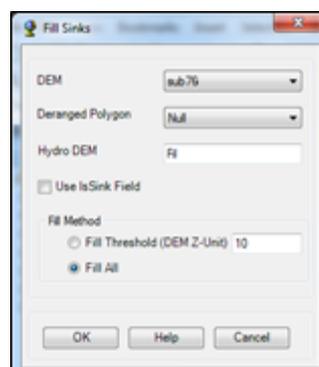
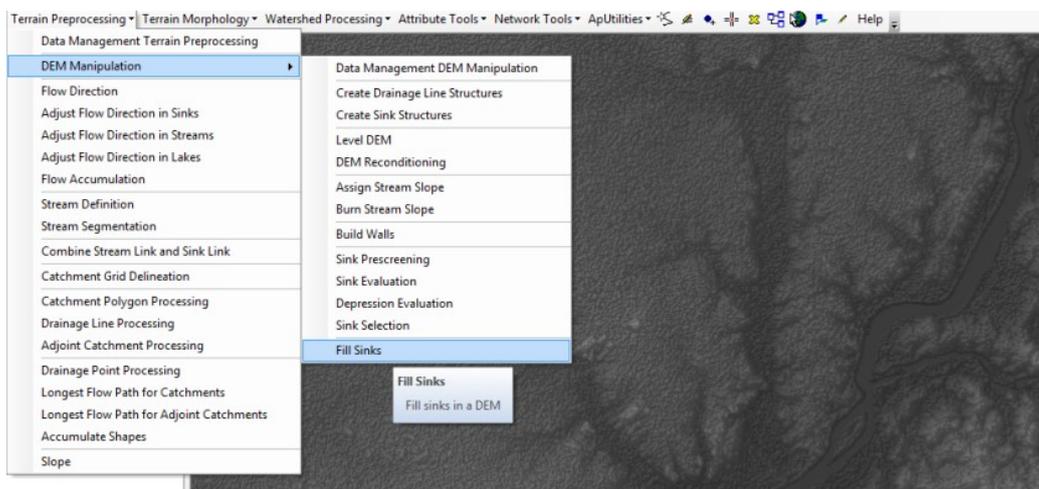


1. Antes de utilizar o MDE como base para a determinação da bacia, deve-se corrigir suas possíveis “falhas”.

Quando uma célula está circundada por células de maior elevação, os algoritmos utilizados no ArcHydro interpretariam que água drenada até ali ficaria presa nesta célula e isso é chamado de “buraco”, ou “depressão”, no Modelo Digital de Elevação. Deve-se, portanto, preencher essas depressões.

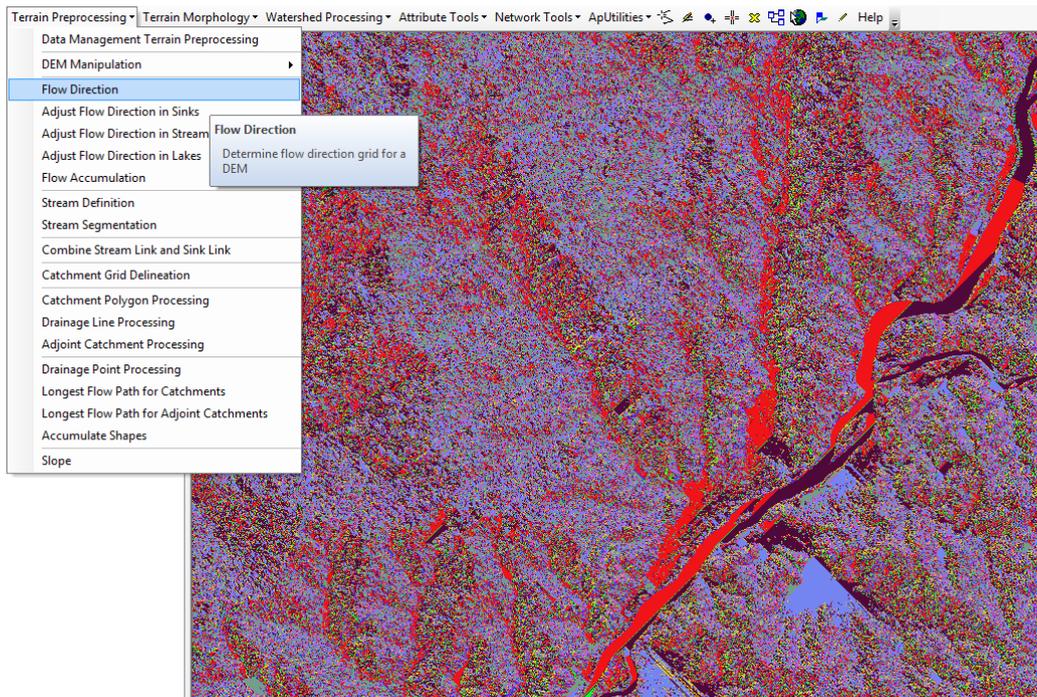
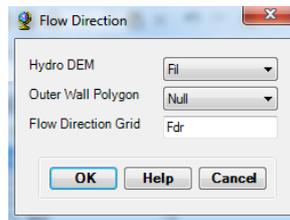
Para evitar esse impasse, segue-se “*ArcHydro Tools*” > “*Terrain Preprocessing*” > “*DEM Manipulation*” > “*FillSinks*”. Informa-se o arquivo do MDE (ou, em inglês, *Digital Elevation Model, DEM*) e o ArcHydro criará um arquivo chamado “*Fil*”.

Recomenda-se que o arquivo do MDE utilizado seja o menor possível para diminuir o tempo necessário para o processamento dos dados.

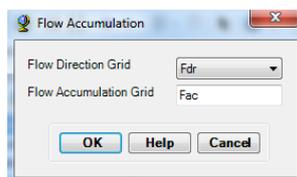
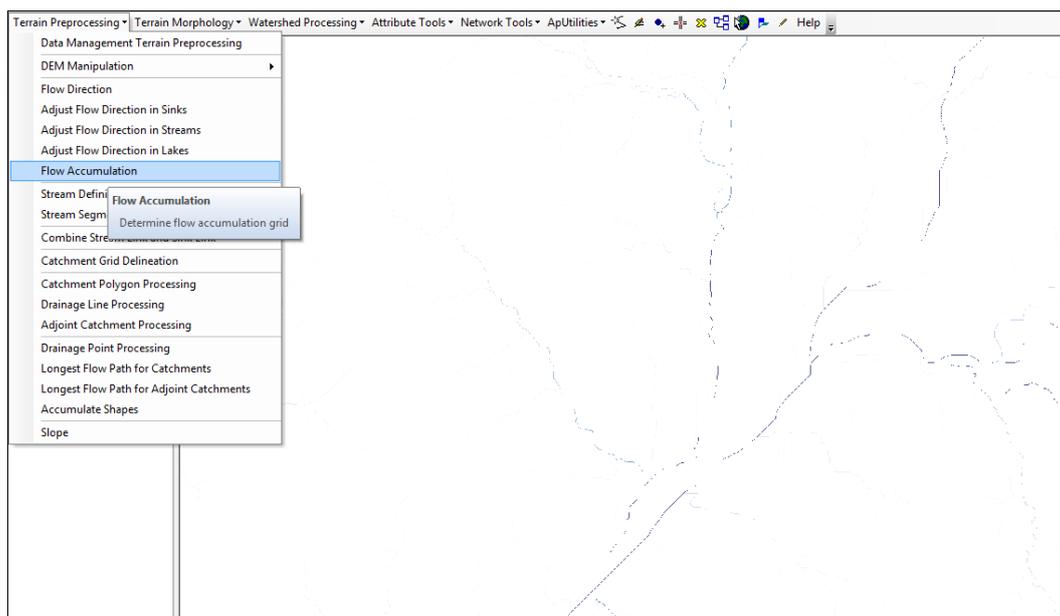


2. Prossegue-se com a Direção de Fluxo em “*ArcHydro Tools*” > “*Terrain Preprocessing*” > “*Flow Direction*”. Neste caso, deve-se informar o arquivo “*Fil*” como

Modelo Digital de Elevação, no campo *Hydro DEM*. Será criado então um arquivo chamado “*Fdr*” (*Flow Direction*).

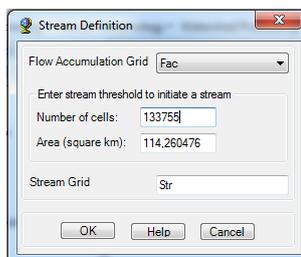
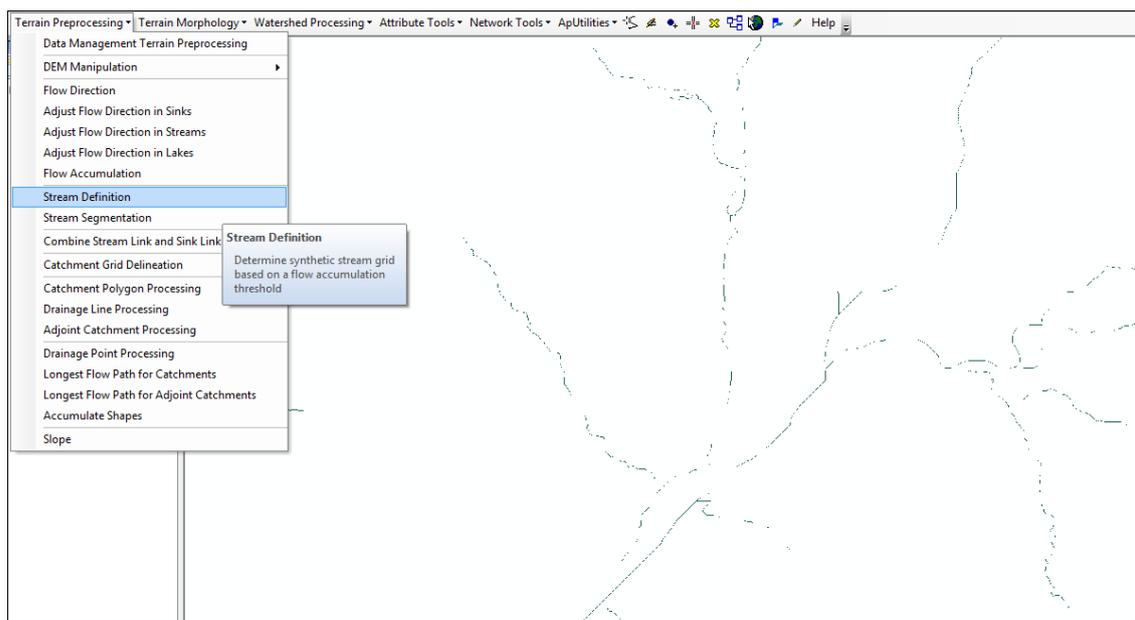


3. Cria-se então o arquivo de Acumulação de Fluxo em “*ArcHydro Tools*” > “*Terrain Preprocessing*” > “*Flow Accumulation*”. A Acumulação de Fluxo (“*Fac*”) é desenvolvida a partir da Direção de Fluxo (“*Fdr*”).

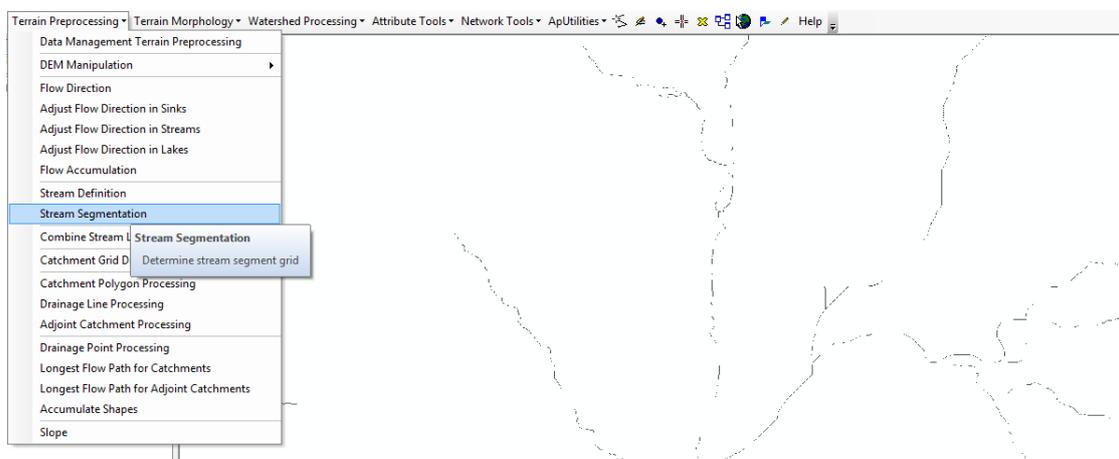


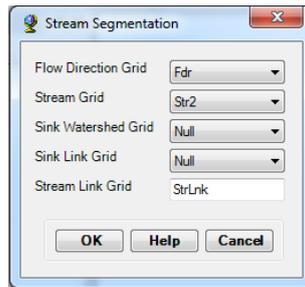
4. Prossegue-se com a Definição de Fluxo em “*ArcHydro Tools*” > “*Terrain Preprocessing*” > “*Stream Definition*”. Essa ferramenta estima os cursos d’água baseado no arquivo de Acumulação de Fluxo.

Em “*Número de Células*”, atribuir o limiar que vai definir quais valores de acumulação de fluxo serão considerados corpos d’água e quais serão apenas superfície do terreno. Isso significa que todas as células do arquivo *raster* “*Fac*” que tiverem valor superior ao limiar receberão valor 1 (e serão representadas como corpo d’água) e todas as outras serão consideradas “*NoData*”. O valor padrão é o valor recomendado para a definição de rios e representa 1% do maior valor de Acumulação de Fluxo. Qualquer outro valor pode ser escolhido, lembrando que quanto menor o valor, mais densa ficará a rede de cursos d’água resultante, já que mais valores de acumulação serão considerados corpos d’água. Isto resultará em um *raster* com maior nível de detalhamento, já que contemplará maior número de corpos d’água. O *raster* resultante é chamado “*Str*”.Pode-se testar os valores de limiar até encontrar o resultado mais satisfatório.

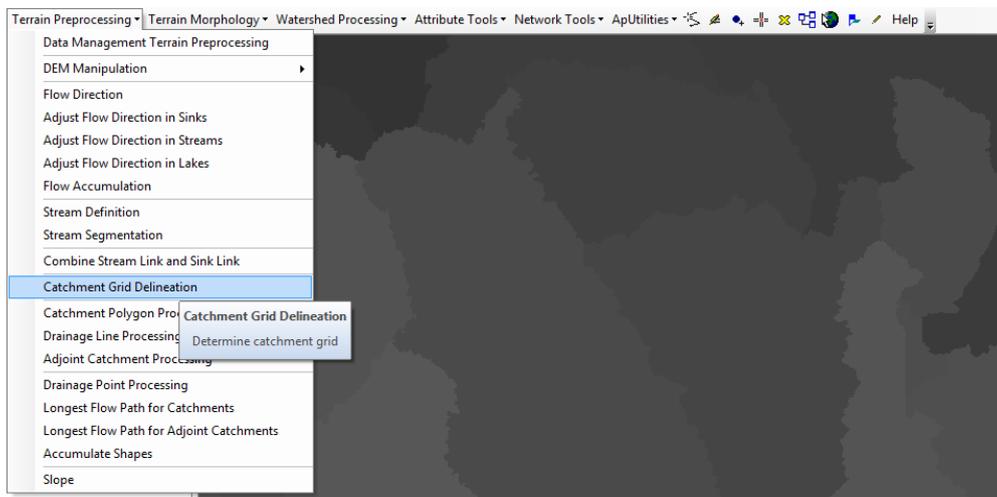
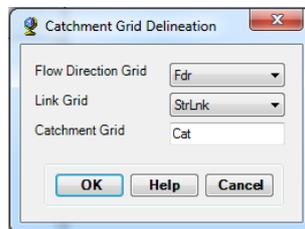


5. O próximo passo é a Segmentação dos Cursos d'Água, em que se cria uma grade com os cursos d'Água que tenham a mesma identificação. “*ArcHydro Tools*” > “*Terrain Preprocessing*” > “*Stream Segmentation*”. O arquivo *raster* resultante é nomeado “*StrLnk*”.

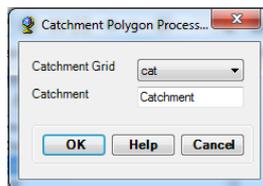
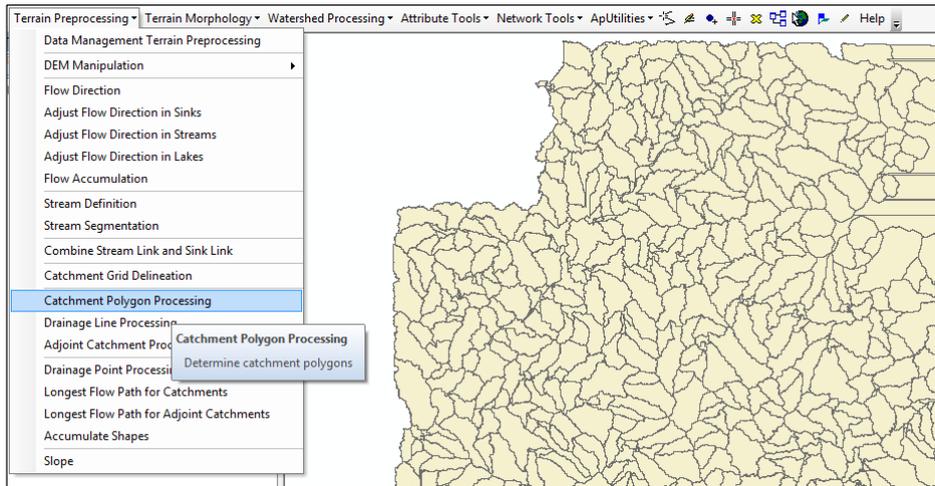




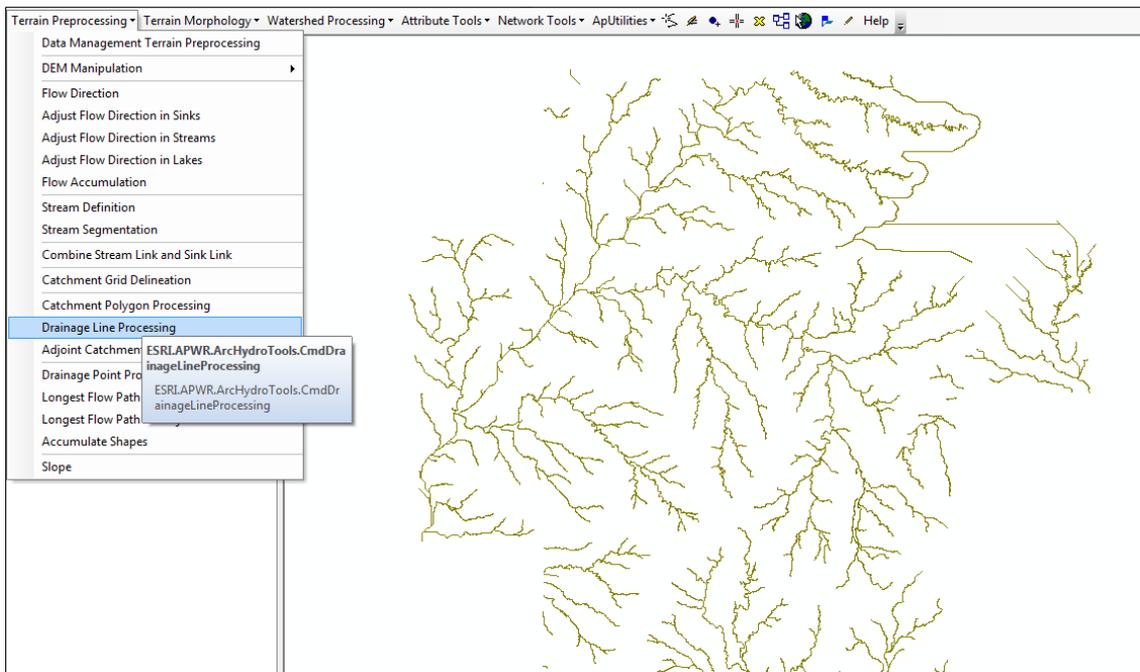
6. Para fazer a delimitação das micro bacias, usa-se a ferramenta “*Catchment Grid Delineation*”. “*ArcHydro Tools*” > “*TerrainPreprocessing*” > “*Catchment Grid Delineation*”. Esse procedimento é feito com base no arquivo “*StrLnk*” e resulta em um arquivo *raster* “*Cat*”.

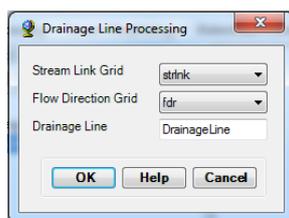


7. Para vetorizar as micro bacias do arquivo *raster* “*Cat*”, clica-se “*ArcHydro Tools*” > “*Terrain Preprocessing*” > “*Catchment Polygon Processing*”. O *shapefile* resultante é chamado de “*Catchment*” pelo ArcHydro.



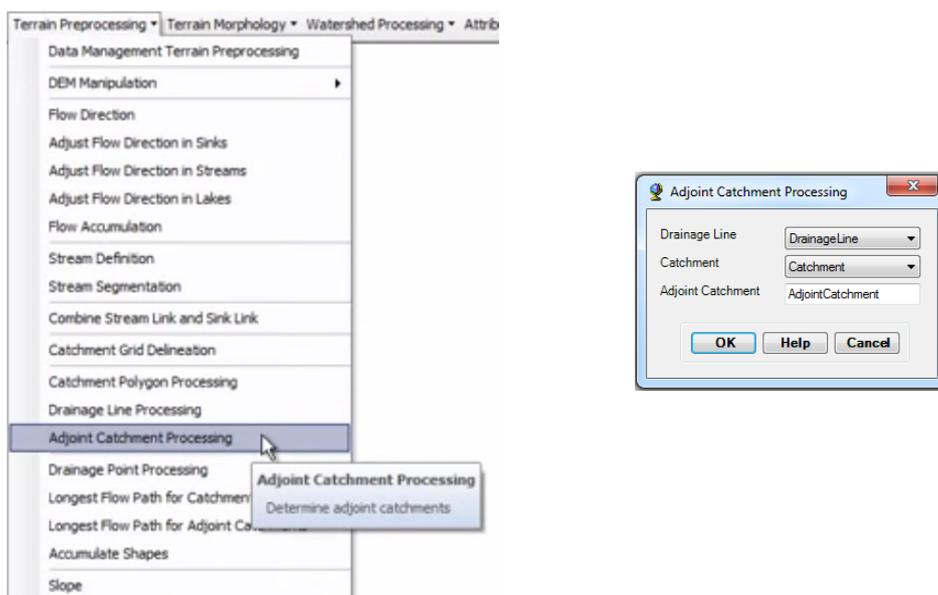
8. Gera-se agora a rede de drenagem em forma de vetor pelo caminho “*ArcHydro Tools*” > “*Terrain Preprocessing*” > “*Drainage Line Processing*”. Este processo gera um *shapefile* com o nome “*Drainage Line*” com base nos arquivos *raster* “*StrLnk*” e “*Fdr*”, em que cada linha de drenagem é identificada pela micro bacia a qual pertence.



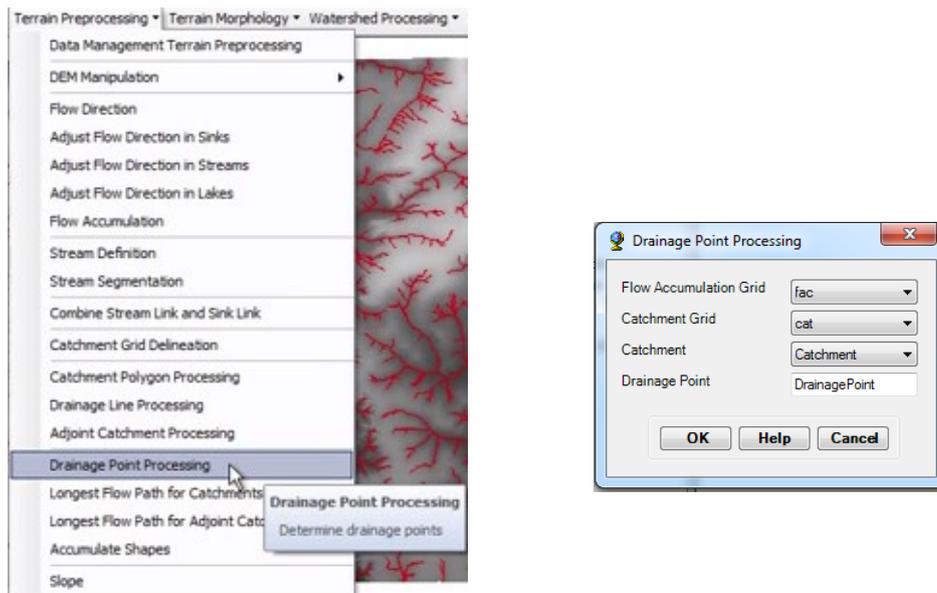


O *shapefile* criado nesta etapa (“*Drainage Line*”) servirá de base para a montagem do Diagrama Unifilar.

9. Clica-se então em “*ArcHydro Tools*” > “*Terrain Preprocessing*” > “*Adjoint Catchment Processing*” e gerar *shapefile* “*Adjoint Catchment*”. Este arquivo apresenta também as delimitações das microbacias, mas em um nível de detalhe um pouco maior.



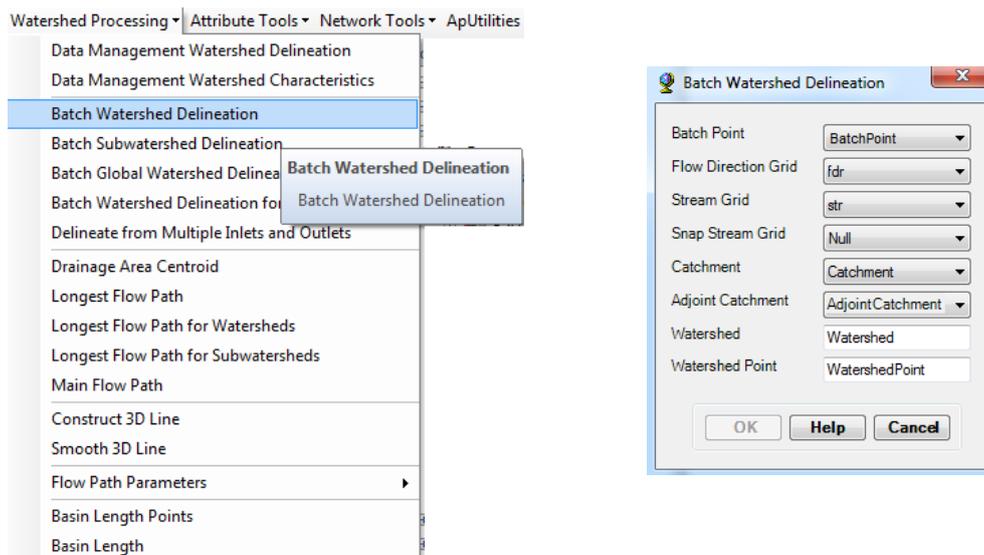
10. É preciso então gerar os pontos de exutório das micro bacias para poder delimitá-las. Estes pontos são criados em “*ArcHydro Tools*” > “*Terrain Preprocessing*” > “*Drainage Point Processing*”. Esta ferramenta utiliza vários dos arquivos criados até aqui e cria um *shapefile* com diversos pontos, cada um correspondendo a uma das micro bacias.



11. É necessário definir qual dos diversos pontos é correspondente ao exutório da bacia de interesse. Isso é feito a partir de “*ArcHydro Tools*” > ✕ (“*Batch Point Generation*”). Essa ferramenta cria um *shapefile* chamado “*BatchPoint*” e habilita o cursor para selecionar o ponto de interesse no ArcMap. Clicando no ponto escolhido, nomear a bacia correspondente e adicionar uma descrição. Com isso, o *shapefile* “*BatchPoint*” tem somente o ponto do exutório da bacia de interesse.

Mais adiante no processo de desenvolvimento do Diagrama Unifilar, utiliza-se desta novamente para posicionar alguns pontos de interesse e calcular suas áreas de drenagem.

12. Para completar o procedimento, clica-se em “*ArcHydro Tools*” > “*Watershed Processing*” > “*Batch Watershed Delineation*”. Essa ferramenta também utiliza vários dos arquivos desenvolvidos até aqui, criando um arquivo chamado “*Watershed*” onde estará delimitada a bacia hidrográfica.



2.1.6. Detalhamento das Linhas de Drenagem

As linhas de drenagem que serão utilizadas como base para o traçado do Diagrama Unifilar estão no arquivo “DrainageLine”, criado anteriormente.

Para complementar as informações, também pode ser útil consultar o arquivo “fac”, que pode acrescentar informações mais detalhadas sobre as linhas de drenagem da área. Para que o arquivo “fac” apresente informações relevantes, deve-se configurar sua exibição clicando com o botão direito do mouse sobre o arquivo e selecionando “Propriedades”. Na aba “Simbologia”, selecionar no campo “Mostrar” a opção “Classificado”. Definir o número de classes e clicar em “Classificar...”. No campo “Quebrar valores” deve-se definir as novas classes. Valores com alto grau de detalhe podem ser, por exemplo: 50, 100, 150, 200, 250. Os valores podem ser modificados novamente de acordo com a necessidade ao longo do processo de montagem do Diagrama Unifilar.

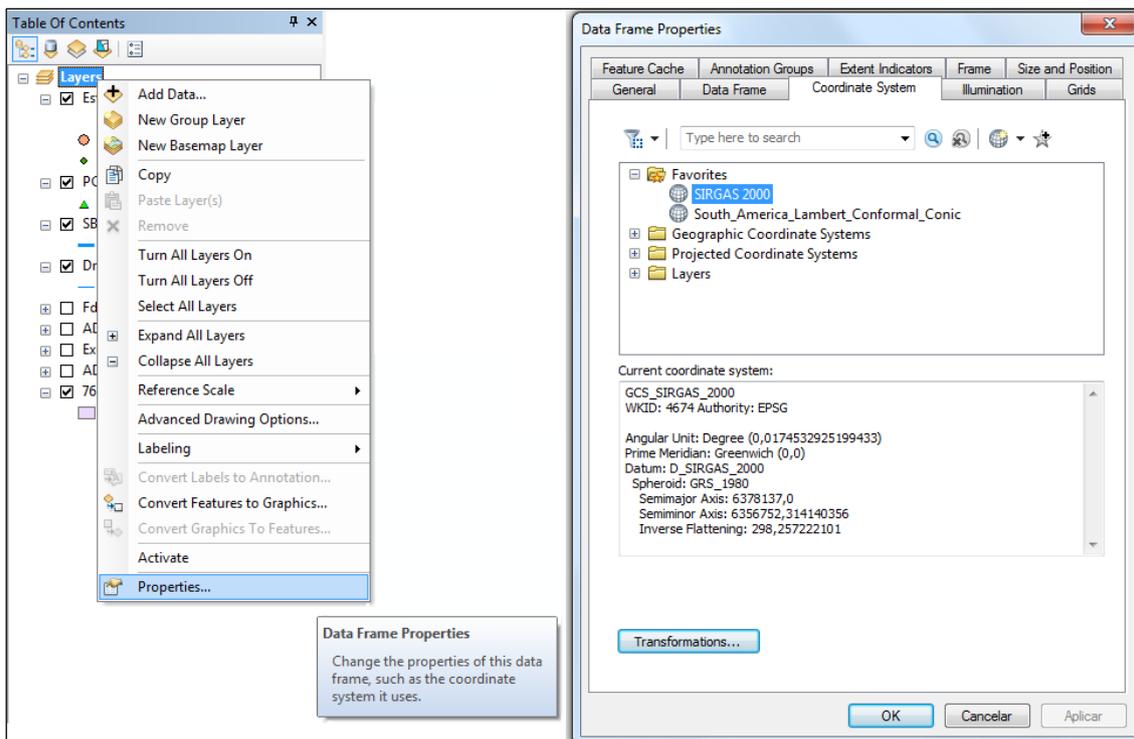
Definir o Rio Principal

O primeiro passo para montar o Diagrama Unifilar é definir o rio principal da sub-bacia em questão. Com base na Ottocodificação de bacias hidrográficas, define-se como rio principal aquele com maior área de drenagem. Sendo assim, a partir do exutório definido nos passos anteriores, deve-se percorrer o traçado de drenagem, de jusante a montante, optando-se sempre pelo curso d’água com maior área de drenagem.

Em caso de dúvida sobre qual das opções de traçado tem a maior área de drenagem, seguir este passo a passo:

- a. Definir um “*BatchPoint*” em cada um dos trechos e gerar a área de drenagem, como feito anteriormente, mas de preferência em um novo arquivo. Para isso, basta escolher novos nomes para os campos “*Watershed*” e “*Watershed Point*”.
- b. Para calcular a área, deve-se clicar com o botão direito do mouse no *shapefile* gerado com as áreas de drenagem e selecionar “*Abrir Tabela de Atributos*”.
- c. Em “*Opções da Tabela*” () selecionar “*Adicionar Campo...*”, nomeá-lo “*Area*” e definir como tipo “*Duplo*”.
- d. Clicar com o botão direito do mouse sobre o cabeçalho do novo campo criado e selecionar “*Calcular Geometria...*”.
 - No campo “*Propriedade*” definir como “*Área*”
 - Como “*Sistema de Coordenadas*”, utiliza-se a projeção Lambert com sistema de coordenadas, ou *datum horizontal*, referenciado ao Datum SIRGAS2000 (para isso basta definir este sistema de coordenadas para a estrutura de dados – como mostrado na figura abaixo – e marcar esta opção para o cálculo da área).
 - No campo “*Unidades*” é comumente adotado “*Quilômetros quadrados*”, mas neste caso qualquer uma das opções é válida, visto que o objetivo é somente comparar as duas opções e definir qual dos trechos do rio tem a maior área de drenagem e por isso segue como rio principal.

Este procedimento deve definir um rio principal, do exutório até a nascente.



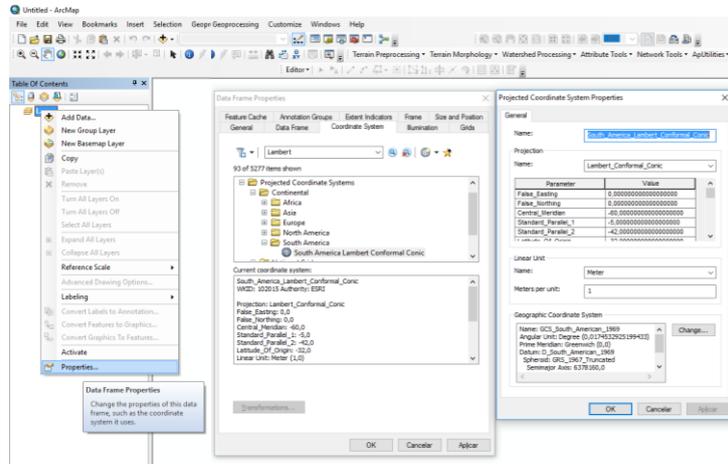
Recomenda-se a criação de um novo *shapefile* contendo apenas o rio principal. Este *shapefile* será utilizado mais adiante no cálculo das distâncias e facilitará a visualização durante a montagem do diagrama. É interessante representar este rio com destaque sobre o resto dos trechos de drenagem para facilitar. Para que esse rio seja representado por uma única linha, ao invés de diversos pequenos segmentos, basta utilizar a ferramenta *Dissolver* em “Ferramentas de Gerenciamento de Dados” > “Generalização” > “Dissolver”.

2.1.7. Projeção para cálculo de áreas (Cônica Conforme de Lambert)

Para o cálculo de área de polígonos de área de drenagem, pode-se utilizar diferentes projeções. A mais adequada para quando se trabalha com grandes bacias em médias latitudes é a projeção cônica conforme de Lambert. Utiliza-se essa por ser uma projeção também de cone secante (cone que corta o elipsoide, no caso, GRS80, em dois paralelos de referência, *standard parallels*). Isso minimiza distorções.

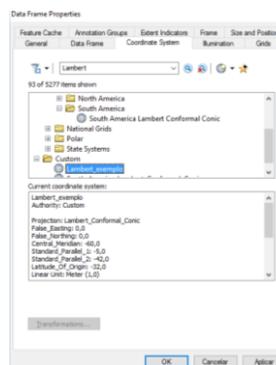
Para se adicionar esse sistema de coordenadas no ArcGIS, clica-se com botão direito em camadas, “Layers”, e abre-se propriedades, “Properties...”, clica-se em “Coordinate system”, clica-se em sistema de coordenadas, “Coordinate System”, procura-se por Lambert. Expande-se sistema de coordenadas projetadas, “Projected

Coordinate System”, Continental, “Continental”, América do Sul, “South America”, e clica-se duas vezes em “South America Lambert Conformal Conic”.



Na janela de “Projected Coordinate System Properties”, definem-se os parâmetros da projeção de Lambert. Os valores dos parâmetros que precisam ser necessariamente alterados encontram-se nesse [sítio](#).

Deve-se ainda alterar o sistema de coordenadas geográfico. Para tal clica-se em alterar, “Change...”, e seleciona-se o sistema SIRGAS2000, cujo código WKID é o 4674. Clica-se “OK”. Nota-se que a projeção criada, “Lambert_exemplo”, apareceu na pasta de projeções customizadas, “Custom”. Pode-se clicar em seguida em  para se adicionar aos favoritos. Por fim, clica-se em OK, e a projeção está definida, pode-se partir para o cálculo das áreas.



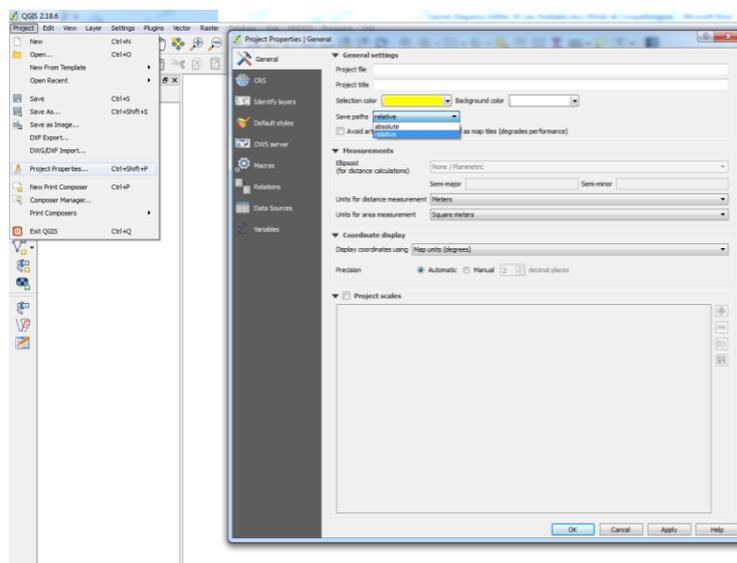
2.2. Utilizando o QGIS

O *software* ArcGIS é bastante utilizado para análises hidrológicas, porém esse requer licença. Esta licença é paga e necessita de internet para se manter válida. Acreditamos ser interessante ter em mãos um *software* alternativo porque dinheiro deve sempre ser poupado em ambas esferas privada e pública, e não se deve ficar dependendo sempre da disponibilidade de internet. É nessa conjectura que nasce esse tópico sobre utilização do QGIS para confecção de um Diagrama Unifilar.

O *software* QGIS, *Quantum Geographic Information System*, é semelhante ao ArcGIS, porém é um *software* livre sob a licença de *softwares* livres GNU GPL, fazendo parte do OSGF, *Open Source Geospatial Foundation*. Ele trabalha principalmente com a linguagem *Python*.

2.2.1. Caminhos relativos no QGIS

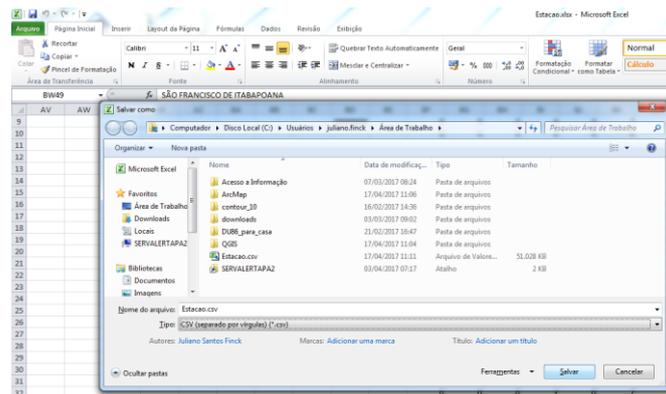
Semelhante ao ArcGIS, há a opção de utilizar caminhos relativos também no QGIS. Altera-se nas configurações de projeto, “*Project Properties...*”, o “*Save paths*” para “*relative*”, e clica-se “OK”, depois ainda se salva o projeto. Estará salvo então com caminhos relativos.



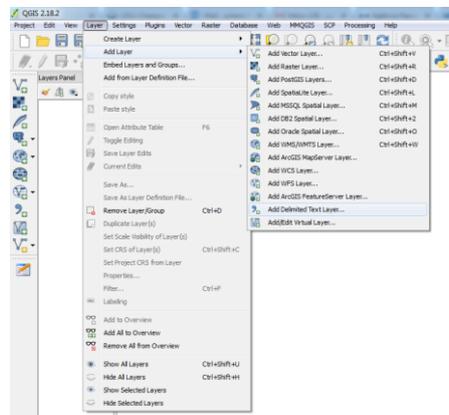
2.2.2. Importar Inventário ANA de formato .mdb para QGIS

Primeiramente se segue o enunciado do item “a.” até “d.” no item 2.1.2 desse mesmo tutorial.

Em seguida, deve-se abrir o arquivo Excel de estações exportado do Access depois das consistências feitas, e salvá-lo em formato “.csv” (i.e. “*CSV (separado por vírgulas)*”).



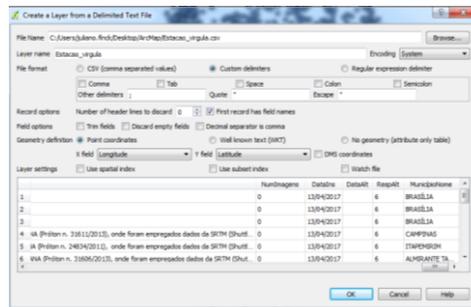
Depois, deve-se abrir o QGIS Desktop, clicar em “Layer”, “Add Layer”, “Add Delimited Text Layer...”, ou, clicar no ícone “”.



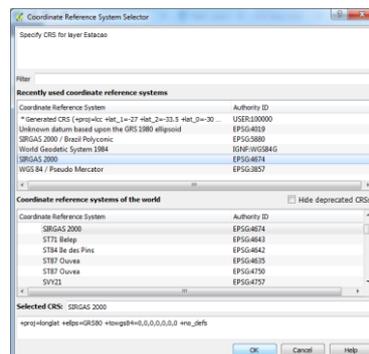
Feito isso uma janela abrirá. Nela, deve-se arrumar algumas configurações. Deve-se primeiro clicar em “Browse...”, selecionar o arquivo em formato “.csv”, e carregá-lo. Em seguida, ajusta-se o “Encoding” para “windows-1252” (esse passo é importante para o QGIS reconhecer os caracteres do arquivo, especialmente os acentos das palavras que não são comuns a língua inglesa).

Depois, seleciona-se “Custom delimiters” em “File format”, desmarca-se todos delimitadores, adiciona-se em “Other delimiters” o ponto e vírgula, “;”, mantem-se as

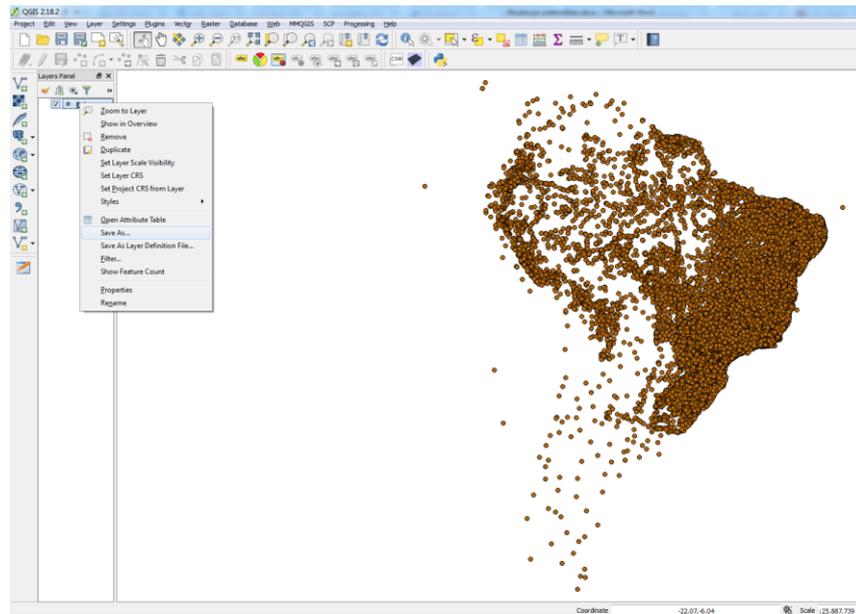
outras configurações como presentes na imagem abaixo e, por último, mas não menos importante, checka-se se os dados parecem estar corretos na tabela de pré-visualização (e.g. o que aparece escrito como título da coluna 0 combina com os dados da coluna); é sempre bom que se cheque. Finalmente, clica-se ok.



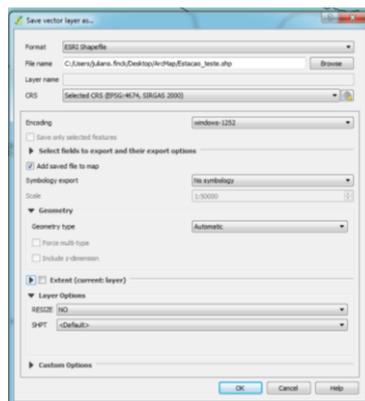
Em seguida, outra janela abrirá, perguntando qual o sistema de coordenadas de referência a ser utilizado pelo QGIS. Como comentado anteriormente nesse tutorial, utiliza-se o SIRGAS2000 como sistema oficial de coordenadas geográficas do Brasil. Assim, seleciona-se o SIRGAS 2000, de código EPSG: 4674, e clica-se em OK.



Pode-se já visualizar os dados na tela. Esses, porém ainda não estão salvos em formato *shapefile*. Logo então, clica-se com o botão direito no layer, e seleciona-se “Save As...”.



Outra janela abrirá na qual se especifica as configurações para exportação do arquivo para diferentes formatos e outros dados. Nesse caso, gostaríamos que o formato exportado seja *ESRI Shapefile*, pois talvez se venha a utilizá-lo no ArcGIS (*programa da ESRI que popularizou o formato shapefile, i.e., “.shp”*). É importante que em *Encoding* esteja “*windows-1252*”. Pode-se manter selecionado “*Add saved file to map*” caso se pretenda utilizar/visualizar o *shapefile* em seguida. Note que o CRS (Sistema de Coordenadas de Referência, *Coordinate Reference System*) escolhido é aquele oficial do Brasil, SIRGAS2000.



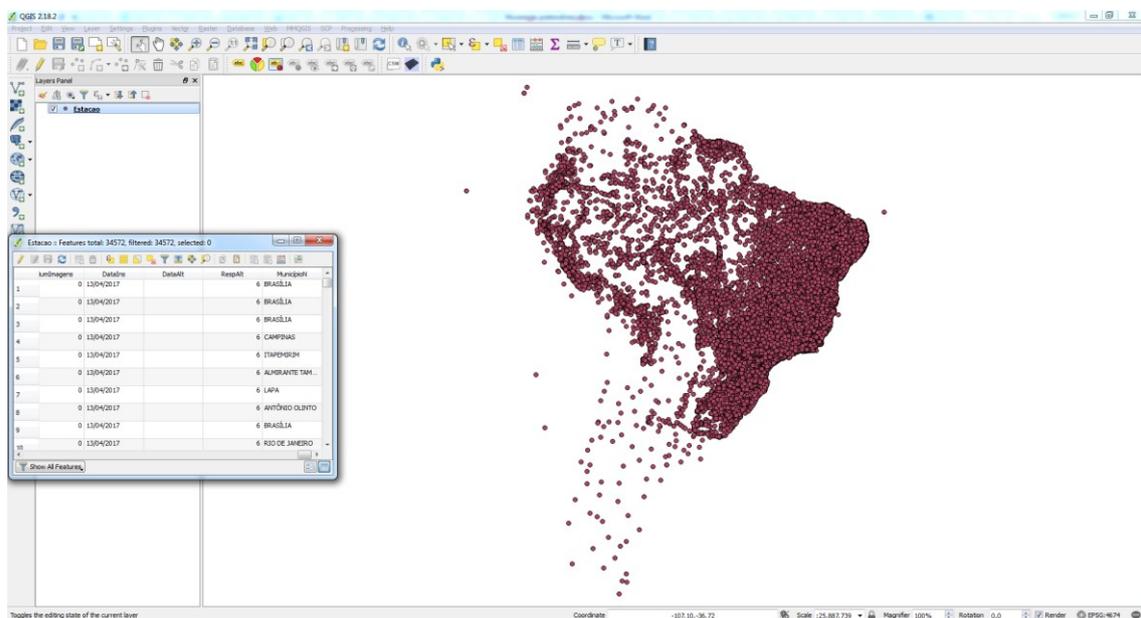
Caso não se tenha marcado a opção de adicionar o *shapefile* após exportação, pode-se ainda adicionar o arquivo *shapefile* exportado da seguinte maneira:

Clica-se em “Layer”, “Add Layer”, “Add Vector Layer...”.

Uma janela abrirá e nessa deve-se especificar que se adicionará um “File”, de Encoding “windows-1252”, clica-se em *Browse* e abre-se o *shapefile* salvo. Deve-se selecionar o arquivo de formato “.shp”.

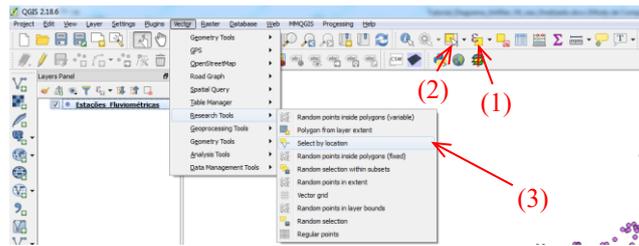


Voilà! Lá estará o *shapefile* pronto para ser utilizado, e com os caracteres portugueses devidamente interpretados.

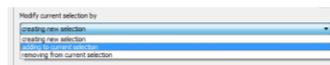


2.2.3. Seleção das estações de interesse

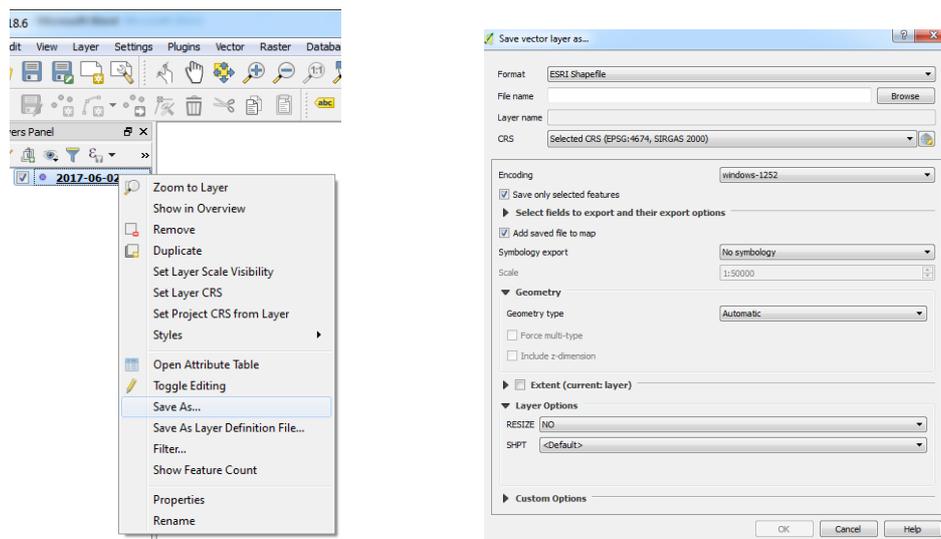
Após importar os dados, prossegue-se com o recorte dos dados realmente necessários para o estudo. No QGIS, pode utilizar as ferramentas seleção por figura por equação (1), geométrica (2), e por local, *Select by location* (3). Faz-se necessário apenas que ao utilizar (2) mantenha-se “shift” pressionado para somar à seleção, e que, no caso de fazer uso de mais de um método de seleção, usar sempre o de equação primeiro para iniciar a seleção porque apenas os outros apresentam opção de “somar a seleção existente”.



Ao utilizar a opção (3), atenta-se para opção “*adding to current selection*” para adicionar a seleção que está sendo usada.



Clicando-se com o botão direito na camada e em “*Save As...*”, define-se o local onde o arquivo será salvo em “*Browse*”, depois se marca “*Save only selected features*” como mostrado em imagem abaixo. Assim, serão salvas as feições selecionadas da camada em formato “*ESRI Shapefile*”.



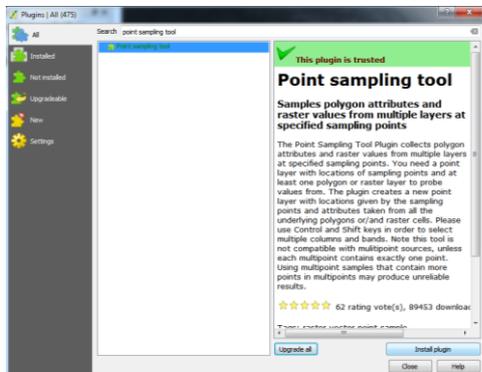
2.2.4. Estimar altitude de pontos de interesse via SRTM30 no QGIS

Faz-se necessário estarem abertos os pontos de interesse dos inventários ANA e ANEEL e o *raster* de MDE. Aqui, utilizaremos um *raster* derivado do SRTM30.

Normalmente, o QGIS não possui o *plug-in* para extrair valores de um *raster* para um *shapefile*. Para adicionar o *plug-in*, clica-se em “*Plugins*”, “*Manage and Install Plugins...*”,



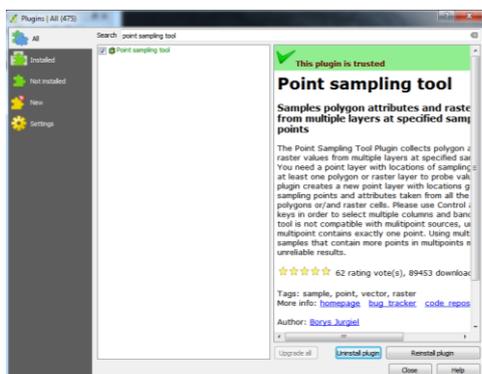
procura-se por “point sampling tool”, clica-se em “Install plugin”.



Uma janela abrirá e com ela o download iniciará



Alguns instantes depois, o *plugin* estará instalado, e a janela mudará, ficando assim:

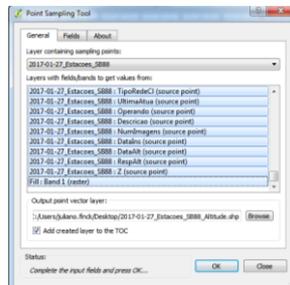


Em seguida, clica-se no ícone de “Point sampling tool”.

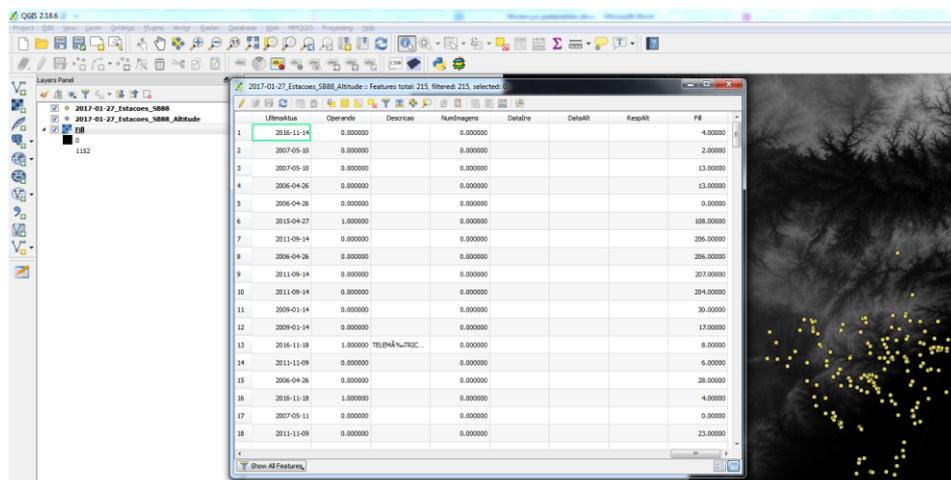


Uma janela abrirá. Nela, seleciona-se quais os campos que constarão no layer a ser criado. Normalmente, seleciona-se todos os campos do layer de estações, os quais estão todos com “(source point)” escrito, mais a banda do raster de que se pretende

extrair os valores de altitude. Também escolhe-se o nome do *shapefile* de saída. No caso, escolheu-se “2017-01-27_Estacoes_SB88_Altitude”. Note aqui que o nome tem mais de 13 letras, e embora isso pudesse ser um problema para o ArcGIS, não é deveras um impeditivo para o QGIS. Clica-se então em OK. Abaixo segue imagem:



Note que agora o *shapefile* de saída é idêntico ao de entrada, com a exceção de possuir uma última coluna com o nome do *raster* utilizado, e os respectivos valores extraídos.



Deve-se fazer um adendo aqui que as altitudes extraídas pelo ArcGIS são interpoladas, porém, no QGIS, utilizando-se esse método aqui mostrado, as altitudes extraídas são do pixel inteiro. Como contornar isso? Recortado o MDE da região, reprojeta-se ele com uma resolução maior, e refaz-se o processo de extração de altitudes por ponto.

O processo para extração de valores de um *raster* qualquer para uma camada de pontos qualquer é o mesmo. Sendo assim, para o caso dos barramentos, basta realizar o mesmo procedimento, alterando-se a camada para qual os valores do *raster* será extraído na lacuna de “*Layer containing sampling points*”.

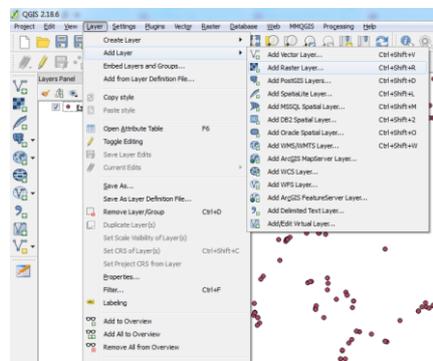
2.2.5. Processamento de MDE para análise espacial no QGIS

Para delimitar uma Bacia Hidrográfica no QGIS, é necessário primeiramente possuir um arquivo MDE. Para confecção dos diagramas unifilares, é de praxe utilizar os dados de elevação do SRTM30 como comentado acima. Nosso interesse costuma ser delimitar uma bacia hidrográfica para calcular a área de drenagem e comparar com o dado presente no inventário das estações fluvio e pluviométricas da ANA. O inventário de estações da ANA é composto de vários dados enviados por diferentes pessoas, que utilizaram diferentes métodos para estimar a altitude, a área de drenagem e a posição real de suas respectivas estações. Algumas estações são antigas, e por isso utilizaram métodos antigos. Hoje, com o artifício do SRTM30, pode-se aprimorar o processo de consistência de dados. Ainda, porém, é evidente que a resolução do SRTM30, e o fato desse ser um MDE e não um Modelo Digital de Terreno nos apresenta algumas limitações na análise.

Além do MDE, também se faz necessário possuir o inventário de estações da ANA em formato *shapefile*. No item 2.2.2 consta como importar dados de uma planilha Excel para o QGIS.

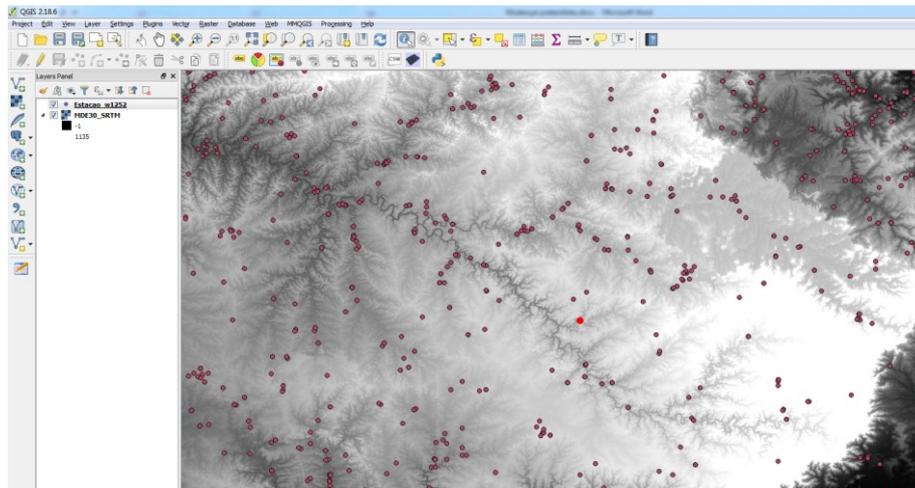
A maneira mais prática de demonstrar o processo é realizando um exemplo. Sendo assim, delimita-se em sequência a área de drenagem da estação 70600000, de nome UHE Barra Grande Vacas Gordas.

Adiciona-se, primeiramente, o *shapefile* das estações e o MDE do SRTM30. Para tal, usa-se o atalho “Ctrl+Shift+R”, ou clica-se em “Layer>Add Layer>Add Raster Layer...”.

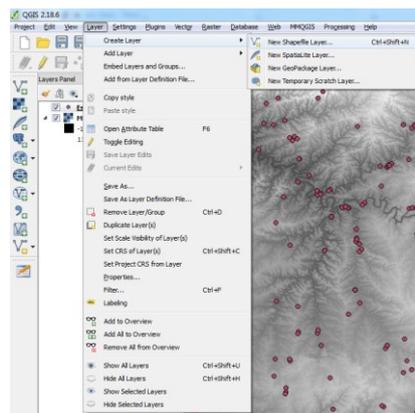


Uma janela abrirá e nela se deve selecionar o arquivo *raster* em formato “.tif” a ser utilizado. Em seguida, clica-se em abrir.

Caso se venha utilizar um recém formado mosaico derivado do SRTM30, haverá informação desnecessária para os subsequentes processos dispendiosos. Portanto, é sábio extrair apenas o espaço do MDE que será utilizado. Como saber que espaço será utilizado? Quando se pretende delimitar uma área de drenagem de uma estação, hidrólogos costumam ter uma intuição do quão grande essa pode ser e delimitam normalmente um espaço, ainda assim, bem exagerado no qual possivelmente consta toda a área de drenagem.



É necessário, porém, desenhar essa área a ser extraída no próprio QGIS. Portanto, criaremos na sequência um *shapefile*. Clica-se tanto “Ctrl+Shift+N”, ou “Layer>Create Layer>New Shapefile Layer...”.



Uma nova janela abrirá. Nela se define que o tipo de *shapefile* será um “Polygon”, de *Encoding* “windows-1252”, de coordenadas geográficas “SIRGAS-2000”, cujo código EPSG é 4674, e clica-se Ok.

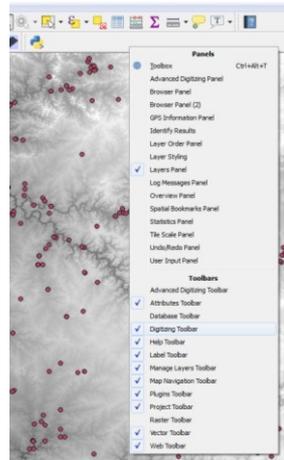


Em seguida, outra janela abrirá, perguntando em que local deve ser salvo esse novo *Shapefile*. Sugere-se salvar em algum local de fácil acesso, com algum nome como “para_extração” ou “extrair”. Esse *Shapefile* poderá ser depois de usado prontamente deletado. Escolhendo-se o nome e salvando-se ele, o mesmo aparecerá no canto esquerda em *Layers Panel*.

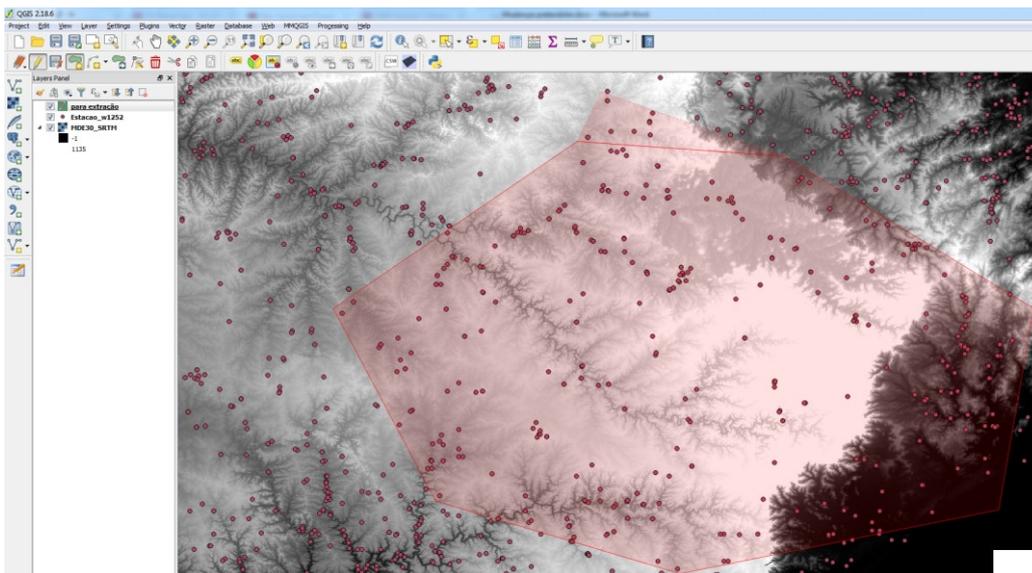
Para desenhar a feição, clica-se com botão direito no layer e seleciona-se “*Toggle Editing*”.



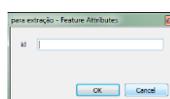
Depois, clica-se em *Add Feature*. Caso não conste essa opção na barra de ferramentas no topo da janela principal, deve-se clicar com o botão direito na parte cinza no topo e selecionar “*Digitizing Toolbar*”.

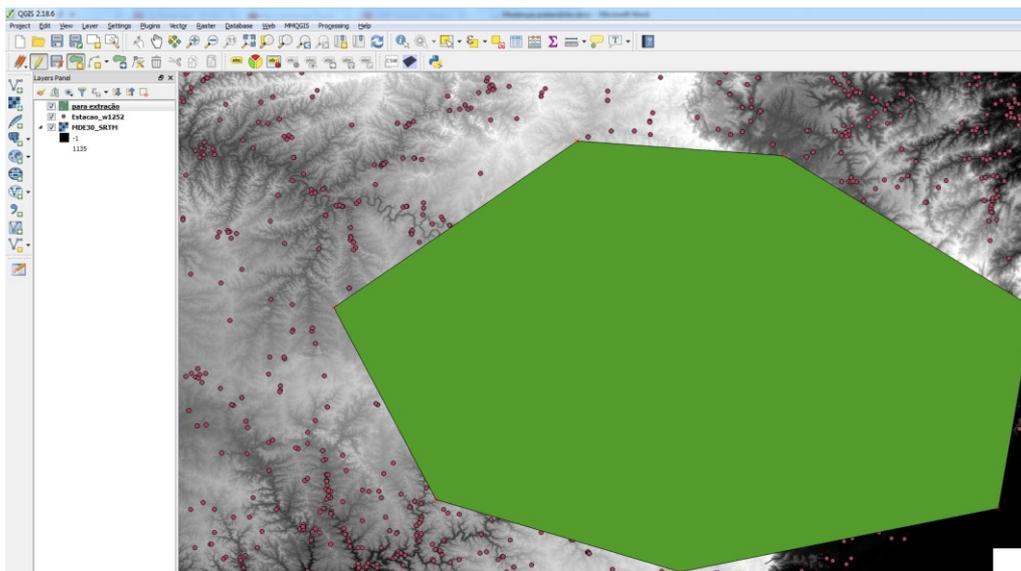


Clicando-se em *Add Feature*, deve-se agora desenhar a feição a ser extraída do MDE. Para desenhá-la, clica-se com o botão esquerdo um a um, adicionando-se vértices à feição. Completado o desenho, clica-se com o botão direito para o programa saber que a feição está desenhada.



Uma janela abrirá perguntando qual o “id” dessa feição. Quando se pretende desenhar mais feições, é importante adicionar um código para diferenciar as feições, examinando a tabela de atributos do *layer*. Dado que usaremos apenas uma feição para extração, pode-se tanto não escrever nada, como botar algum número.





Agora, deve-se salvar as edições feitas. Clica-se, portanto, em “*Save Layer Edits*”. Por fim, deve-se sair do modo de edição do *Layer*. Para tal se clica em “*Toggle Editing*” que está ao lado esquerdo de “*Save Layer Edits*”.

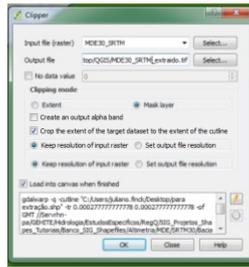


Prosegue-se com a extração do MDE pelo *Layer* criado. Clica-se em “*Raster>Extraction>Clipper...*”.

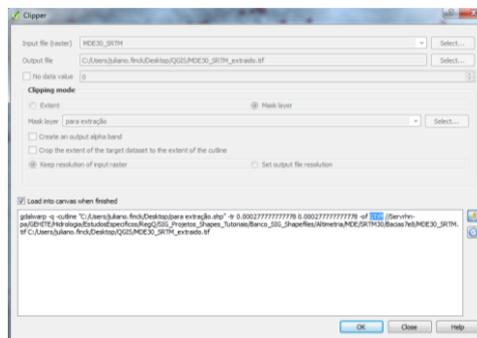


Abrirá uma janela, na qual se define qual o raster que sofrerá a extração, o local onde essa extração será salva, e se o modo de extração será dado por *Extent* ou *Mask layer*. Abaixo consta imagem. É bastante importante garantir que “*Crop the extent of the target dataset to the extent of the cutline*” esteja marcado, do contrário gerar-se-á um *raster* de mesma extensão que o original, com vários pontos “sem data”, *NoData*.

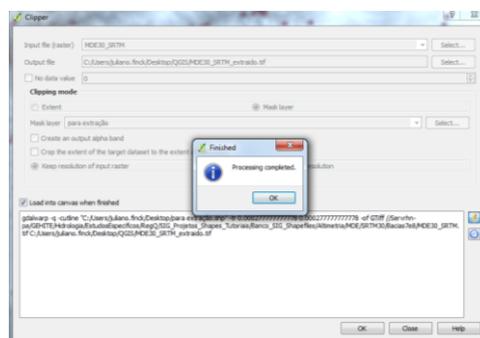
Deu-se o nome de “*MDE30_SRTM_extraido*” para o arquivo de saída. Clica-se em OK.



Caso apareça uma mensagem de erro com a notificação “*Output driver 'GMT' not recognised or does not support direct output file creation.*”, altera-se o código programacional. Para isso, depois de definir todas configurações do processo, clica-se no ícone de edição (*Edit*) de lápis laranja, e altera-se o código programacional de “-of GMT para “-of Gtiff”.



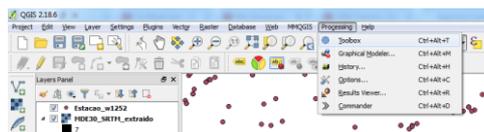
O processo costuma ocorrer de maneira bem rápida mesmo para bacias grandes, dependendo o tempo de processo do *raster* de entrada (tamanho do pixel, número de pixels, do tipo de data – string, float, double, integer) e do número de vértices do polígono usado como *Mask Layer*. Caso seu processo esteja demorando muito mais de 6 minutos, pode ser que tenha se esquecido de marcar “*Crop the extent of the target dataset to the extent of the cutline*”.



Assim como no ArcGIS, agora serão feitas diversas operações para criar *layers* de direção de escoamento e de acumulação de escoamento. Para tal, utilizar-se-á

algoritmos do SAGA, *System for Automated Geoscientific Analyses*, (2.1.2) e do GRASS, *Geographic Resources Analysis Support System*. Ambos são programas livres de GIS, cujos algoritmos foram adicionados na ferramenta de processo do QGIS (pode-se dizer que é um “*ArcToolBox* do QGIS”).

Primeiro, adiciona-se a *Processing Toolbox*, na qual se encontra os algoritmos dos SAGA e GRASS. Pode-se clicar também “*Ctrl+Alt+T*”, ou clica-se em “*Processing*” e depois em “*Toolbox*”.



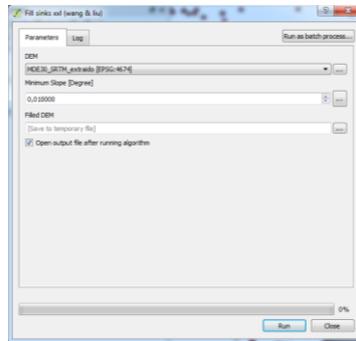
Feito isso, expande-se o “SAGA (2.3.2)”, “*Terrain Analysis – Hydrology*”, e depois duplo clique em “*Fill Sinks xxl (wang & liu)*”. Semelhante ao processo do *ArcHydroTools*, o “*Fill Sinks xxl (wang & liu)*” preencherá depressões. Se isto não fosse feito, os algoritmos, ou processos, posteriores interpretariam que a água ficaria estagnada eternamente nessas tais depressões.



Para mais informações sobre esse processo, desenvolvido por Wang & Liu, pode-se acessar este [sítio](#):

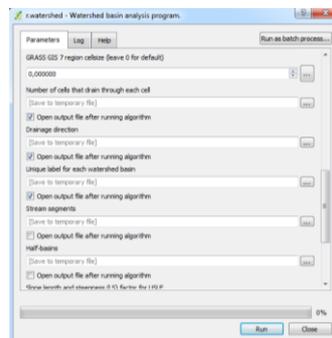
Esse processo é tipicamente utilizado para bacias maiores, por isso o nome de “xxl”. Caso queira-se trabalhar com bacias menores, pode-se empregar o “*Fill Sinks (wang & liu)*”, que é mais completo, apresentando como dados de saída não só o MDE sem depressões, como também um *raster* de direção de escoamento (*Flow directions*) e de bacias hidrográficas (*Watershed basin*). Mais informações no [sítio](#):

Dando-se duplo clique em “*Fill Sinks xxl (wang & liu)*”, abre-se uma janela na qual se define qual *raster* terá suas depressões preenchidas, e qual a mínima declividade que é considerada uma depressão. Utiliza-se o valor padrão de 0.01.



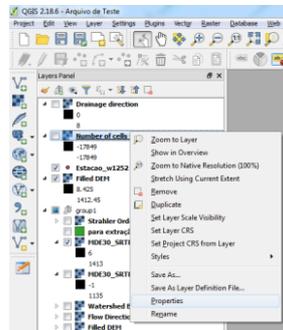
Em seguida, prossegue-se com os processos para obter a direção de escoamento e acumulação de escoamento. Para tal é usado o algoritmo “*r.watershed*”. O dado de entrada será o DEM com as depressões preenchidas que foi gerado pelo algoritmo anterior. Em “*minimum size of exterior watershed basin*”, utiliza-se um valor de 1000. Esse parâmetro determina o tamanho mínimo considerado pelo algoritmo como sendo uma bacia individual, mas já que não estamos interessados no dado de saída “*Basin*”, apenas queremos que o programa não tranque, e por isso o valor de 1000 é adequado. Às vezes pode ser necessário um valor maior para evitar que o algoritmo colapse.

Mantém-se marcado apenas “*Number of cells that drain through each cell*”, “*Drainage direction*” e “*Stream segments*”. O primeiro retorna a acumulação de escoamento, o segundo a direção do escoamento, e o terceiro os cursos de água. Sugere-se clicar nas reticências para salvar os arquivos gerados (*Save to file*). O “*Stream segments*” é especialmente importante que seja salvo. Clica-se, por fim em “*Run*”.



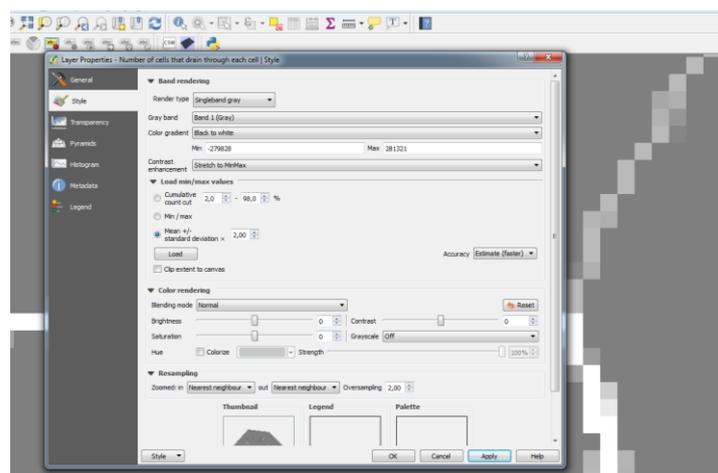
Esse processo não levou mais de 6 minutos. Normalmente, o *layer* de escoamento acumulado (“*Number of cells that drain through each cell*”) não é gerado com uma boa

simbologia, não sendo assim visualizável. Esse, porém, é bastante importante para definirmos corretamente o ponto do exutório referente à área de drenagem a ser calculado. Portanto, abre-se as propriedades do *raster* de escoamento acumulado.



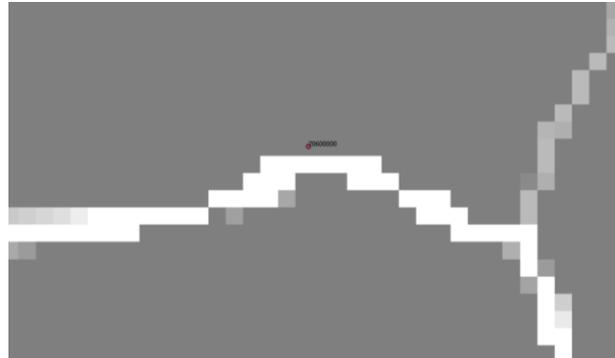
Em “*Style*”, expande-se em “*Load min/max values*”, seleciona-se “*Mean +/- standard deviation x 2,00*”. Esse processo define novos valores de mínimo (média dos valores de todas as células do *raster* menos dois desvios padrões) e máximo (média dos valores de todas as células do *raster* mais dois desvios padrões) para uma simbologia em gradiente de preto até branco, sendo mais escura a célula com baixo número de escoamento acumulado, e mais clara aquela com grande número de escoamento acumulado.

Clica-se logo abaixo em “*Load*”, e depois em “*Apply*”. Dessa maneira, o *raster* será mais bem visualizado.

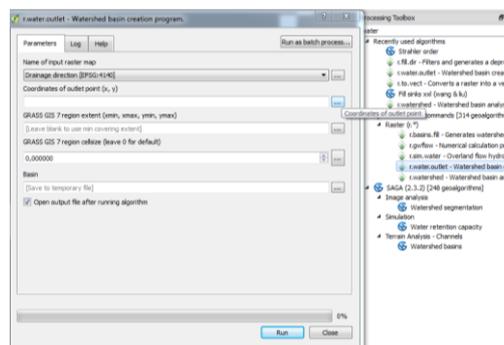


Em seguida, localiza-se a posição da estação de interesse. Nesse caso, a 70600000.

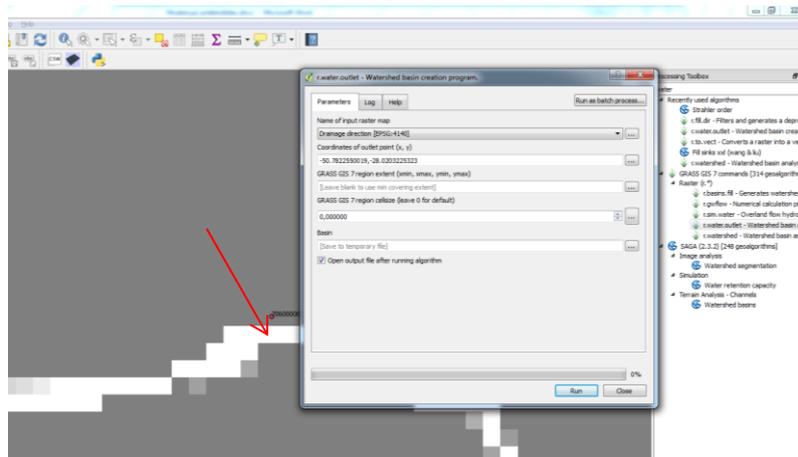
É notável que a estação não está exatamente sob a célula em que se concentra a drenagem (ou, no caso, onde “possivelmente” se encontra o curso d’água). Pode-se utilizar aqui também a camada salva de “*Stream Segments*”.



Em seguida, utiliza-se o “*r.water.outlet*”. Como dado de entrada, seleciona-se o *raster* de direção de escoamento (*Drainage direction*), o qual foi gerado no processo de “*r.watershed*”. É também necessário apontar qual ponto deverá ser considerado o exutório dessa área de drenagem. Há um recurso nesse processo que consiste em clicar na reticência à direita da lacuna de “*Coordinates of outlet point(x,y)*”. Clica-se na reticência.



A janela do algoritmo se minimiza. Em seguida, clica-se na célula do curso d’água mais próxima da estação. Porém, qual célula é essa? As vezes é facilmente possível ter uma ideia no simples olhar, mas em outras a ferramenta  pode ser bastante útil para medir a menor distância do ponto de interesse até a drenagem. Com essa ferramenta também é possível medir, a grosso modo, a área de drenagem da estação, dado que a projeção utilizada esteja em metros e seja condizente com a área (2.2.7). Escolhendo o ponto na drenagem, a mesma janela anterior aparece novamente.

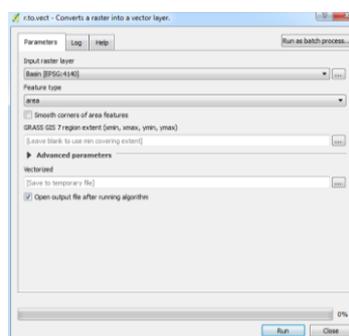


Note que agora a coordenada (x,y) já consta na lacuna. Clica-se então em “Run”. Pronto, em poucos segundos o *raster* da bacia é gerado.

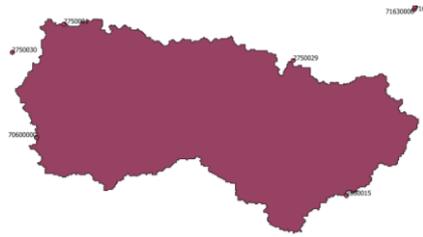
Porém, ainda falta transformar esse arquivo *raster* em formato *shapefile*. Felizmente, há um algoritmo chamado “*r.to.vect*” no próprio grupo de algoritmos do GRASS.

Abrindo o “*r.to.vect*”, adiciona-se como dado de entrada o *raster* da área de drenagem calculada como “*Input raster layer*”, define-se “*area*” como “*Feature type*”, e, dependendo da aplicação, seleciona-se “*Smooth corners of area features*”. Quando o objetivo for calcular a área segundo o SRTM30, considerando a resolução de 30 metros, sugere-se manter essa última opção desmarcada porque quando marcada essa tem caráter tão puramente estético (*i.e.* essa opção quando marcada suaviza o raster).

Clica-se então em “Run”. Esse processo é bastante rápido e não levou mais de 20 segundos. Abaixo segue imagem da janela já configurada.



Voilà! Pode-se visualizar a área de drenagem.



O usuário mais atento, deve ter notado desde o processo de “r.watershed” que gera os *layers* de direção de escoamento e acumulo de escoamento, os layers criados estavam em EPSG:4140, e o *shapefile* de área de drenagem gerado está em EPSG:4019. Já que pretendemos trabalhar com o SIRGAS2000, agora, por fim, exporta-se o *shapefile* no sistema de coordenadas SIRGAS2000.

Para tal, em “Layers Panel”, clica-se com o botão direito no *shapefile* gerado, seleciona-se “Save As...”.

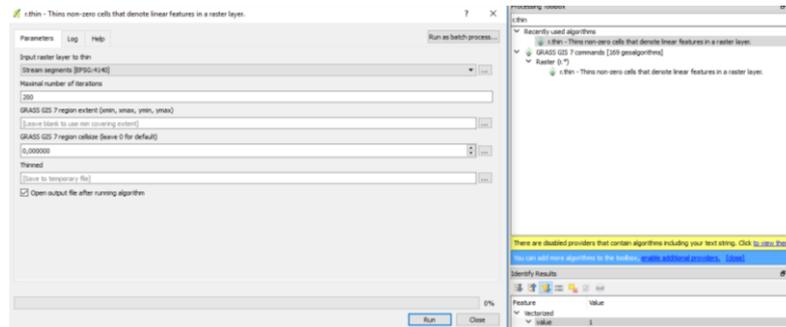


A seguinte janela abrirá, e nela deve-se especificar o “Format” como “ESRI Shapefile”, definir o endereço em que o arquivo será salvo (clicando-se em “Browse”), manter como “CRS” o “Project CRS (EPSG:4674 - SIRGAS 2000)”. Mantem-se o *Encoding* como “windows-1252” por ser esse bom para interpretar caracteres portugueses, e também seleciona-se “Add saved file to map”.



2.2.6. Detalhamento das Linhas de Drenagem

Abre-se o arquivo de cursos d'água, *Stream segments*, o qual foi gerado no item 2.2.5. Abre-se o algoritmo *r.thin* do GRASS, e, definindo-se um limite de 200 interações para o algoritmo, e salvando-se (reticências) na lacuna abaixo de “*Thinned*”, clica-se em *Run*.



Em seguida, utiliza-se novamente o *r.to.vect* do GRASS para vetorizar o *raster* gerado. Dessa vez, porém, seleciona-se “*line*” para *Feature type*, e escolhe-se um local seguro para salvar o vetor gerado (lacuna em baixo de *Vectorized*).

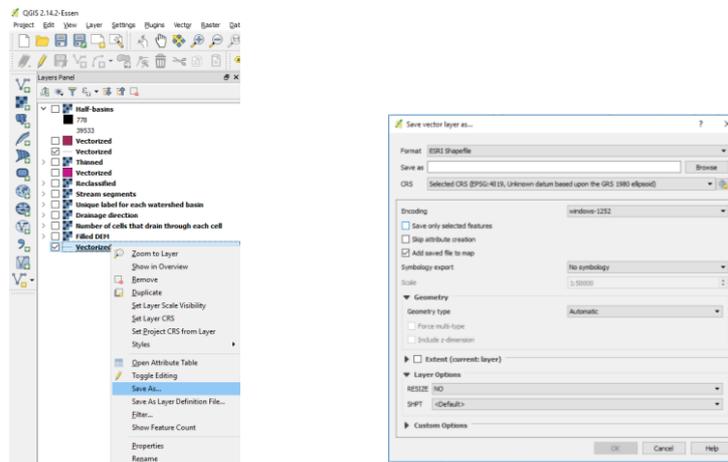
Definir o Rio Principal

O primeiro passo para montar o Diagrama Unifilar é definir o rio principal da sub-bacia em questão. Com base na Ottocodificação de bacias hidrográficas, define-se como rio principal aquele com maior área de drenagem. Sendo assim, a partir do exutório definido nos passos anteriores, deve-se percorrer o traçado de drenagem, de jusante a montante, optando-se sempre pelo curso d'água com maior área de drenagem, ou ainda, com maior acumulação de escoamento (pode-se utilizar simples o *raster* de acumulação de escoamento).

Em caso grandes dúvidas sobre qual das opções de traçado tem a maior área de drenagem, deve-se utilizar o *r.outlet* do GRASS, utilizando também o arquivo de direção de escoamento já gerado no item 2.2.5.

Seleciona-se de um em um os segmentos de rio até a nascente, utilizando a ferramenta identificar () e as ferramentas de seleção descritas em 2.2.3. Salienta-se aqui que se deve manter o botão *shift* durante o processo. Recomenda-se a criação de um novo *shapefile* contendo apenas o rio principal no final. Este *shapefile* será utilizado mais adiante no cálculo das distâncias e facilitará a visualização durante a montagem do diagrama. É interessante representar este rio com destaque sobre o resto dos trechos de

drenagem para facilitar. Para salvar o selecionado como *shapefile*, clica-se com o botão direito sobre a camada, seleciona-se “*Save as*” e marca-se “*Save only selected features*”.



2.2.7. Projção para cálculo de áreas (Cônica Conforme de Lambert)

Para o cálculo de área de polígonos de área de drenagem, pode-se utilizar diferentes projeções. A mais adequada para quando se trabalha com grandes bacias em médias latitudes é a projeção cônica conforme de Lambert. Utiliza-se essa por ser uma projeção também de cone secante (cone que corta o elipsoide, no caso, GRS80, em dois paralelos de referência, *standard parallels*).

Para se adicionar esse sistema de coordenadas no QGIS, é necessário criar um “*Custom CRS*”. Clica-se em “*Settings*”, “*Custom CRS...*”.



Uma janela abrirá. Nela, clica-se no símbolo de “+”. Define-se o nome da projeção (*Name*). Sugere-se digitar algo que inicie por “*Lambert_*” e acabe com a bacia que está se propondo a calcular a área de drenagem. Em *Parameters*, deve-se digitar o código referente à projeção Lambert daquela bacia.

Abaixo segue exemplo do código digitado para Sub-Bacia 85, e uma breve explicação de cada comando utilizado na linguagem *proj.4*.



```
+proj=lcc +lat_1=-28.584 +lat_2=-30.3640000000000004000
+lat_0=-9.2548333333333330000 +lon_0=-53,119999999999997000
+x_0=0 +y_0=0 +ellps=GRS80
+towgs84=0.48,0.49,-0.3,0,0,0
+units=m +no_defs
```

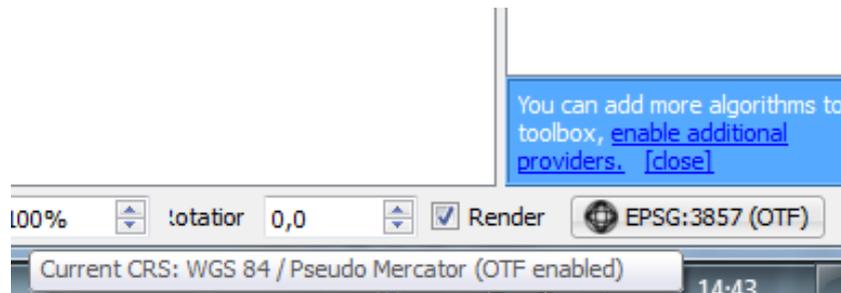
Segue explicação breve dos códigos:

- +proj=lcc (define que a projeção é Lambert Conformal Conic)
 - +lat_1= (define o primeiro paralelo)
 - +lat_2= (define o segundo paralelo)
 - +lat_0= (define a latitude de origem)
 - +lon_0= (define o meridiano central)
 - +x_0= (define o falso leste)
 - +y_0= (define o falso norte)
 - +ellps=GRS80 (define o elipsoide de origem)
 - +towgs84=0.48,0.49,-0.3,0,0,0 (define a relação com o DATUM wgs84)
 - +units=m (define que as unidades serão representadas em metros)
 - +no_defs (define que nenhuma opção “default” será lida dos arquivos “default”).
- Algumas vezes, a omissão desse comando pode causar erros surpreendentes como consta [aqui](#))

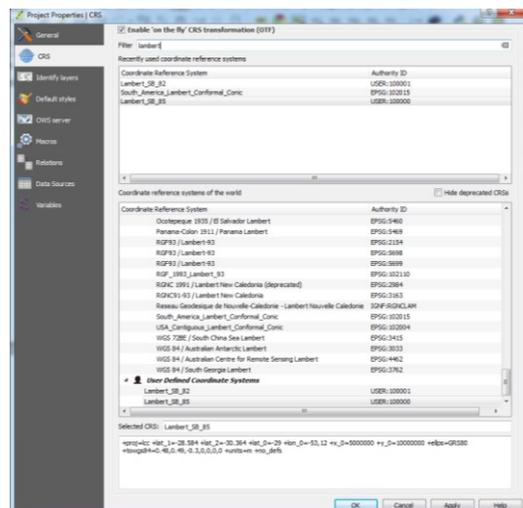
Os valores desses parâmetros para cada Sub-Bacia podem ser obtidos no seguinte [sítio](#). Nesse mesmo sítio também consta breve explicação para a estimativa desses parâmetros.

Mais informações sobre a projeção cônica conforme de Lambert podem ser obtidas na página 104 do *Map Projections – A working manual*, o qual está disponível nesse [sítio](#).

Depois de criada a projeção exata a ser utilizada para calcular a área com menor deformação, clica-se no canto inferior direito para alterar o sistema de projeção.



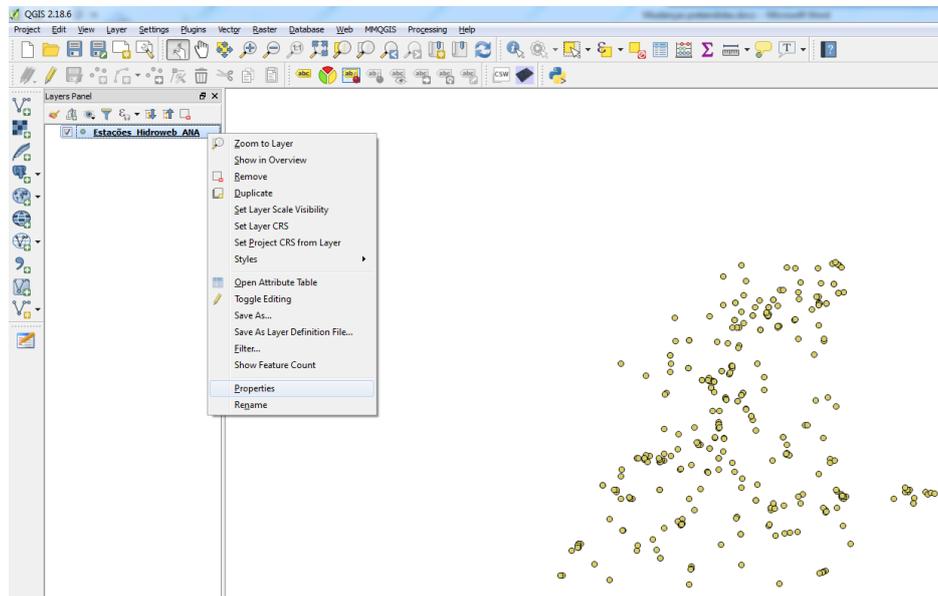
Uma janela abrirá. Nela, procura-se a nova projeção adicionada. Aqui, no caso, deu-se o nome de “Lamber_SB_85” porque com essa projeção calculou-se a área de drenagem não só da Sub-Bacia 85, como também de outras estações que nela encontravam. Para facilitar a busca, pode-se utilizar o “Filter”: esse consiste em localizar projeções segundo a palavra título. Projeções adicionadas pelo usuário aparecem na categoria “User defined Coordinate Systems”. Aqui se filtrou por “Lambert”. Seleciona-se a projeção, e clica-se em “Ok”. Segue imagem abaixo.



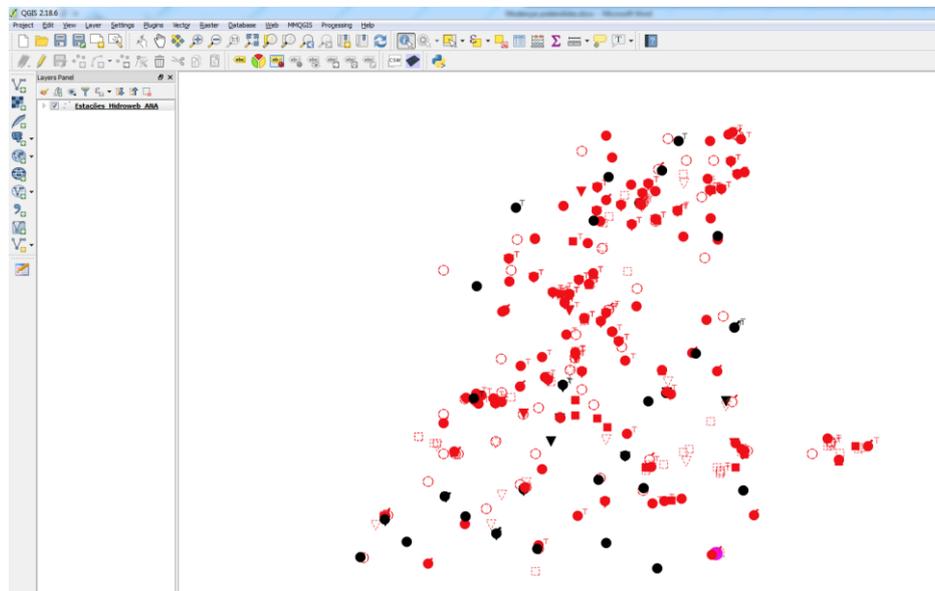
2.2.8. Simbologia no QGIS

Os autores desse trabalho desenvolveram uma simbologia para os diagramas unifilares também no QGIS. A simbologia foi salva em formato “.qml”, que é análogo ao formato “.lyr” do ArcGIS.

Sido adicionado o *shapefile* de estações, clica-se com o botão direito no *layer* e seleciona-se “*Properties*”.



Depois, em “*Style*”, clica-se em “*Load Style*” e deve-se localizar o arquivo “.qml”. Localizando-lo, abre-se esse e, clica-se então em OK. Essa simbologia pode ser um tanto pesada, e por isso demorar bastante para carregar. Depois de carregada, deve parecer semelhante a imagem abaixo:



Nessa simbologia, quando aparecer um ponto rosa, deve-se identificar esse ponto e entender o porque ele não foi lido pela simbologia. Pontos rosa são estações que não

medem nem chuva, nem nível de água, ou apresentam alguma categoria incompreendida pelo código de simbologia desenvolvido pelos autores desse tutorial.

As estações em questão são da Sub Bacia 85. A estação 03052015, de nome Encruzilhada do Sul – Ipagro, que está representada de rosa está marcada como desativada, e não possui de início e fim de série histórica, como todas estações desativadas normalmente apresentam. Sendo assim, não é possível definir qual o tipo dessa estação, e por isso ela é um ponto rosa no mapa, o qual pode ser excluído.

Semelhantemente, faz-se o mesmo para os dados da ANEEL.

Os arquivos “.qml” estão nos seguinte sítios abaixo:

Simbologia para Estações: [sítio](#).

Simbologia para PCH: [sítio](#).

Simbologia para UHE: [sítio](#).

Simbologia para CGH: [sítio](#).

Para a simbologia funcionar, é necessário que o QGIS esteja lendo as camadas no mesmo código que foram escritas. Camadas do Governo Federal costumam estar sempre escrita em código UTF-8. Pode-se checar o código que o QGIS está considerando para determinada camada simplesmente por acessar as propriedades, clicar em “*General*” e depois arrumar “*Data source encoding*” para UTF-8.

3. Diagrama

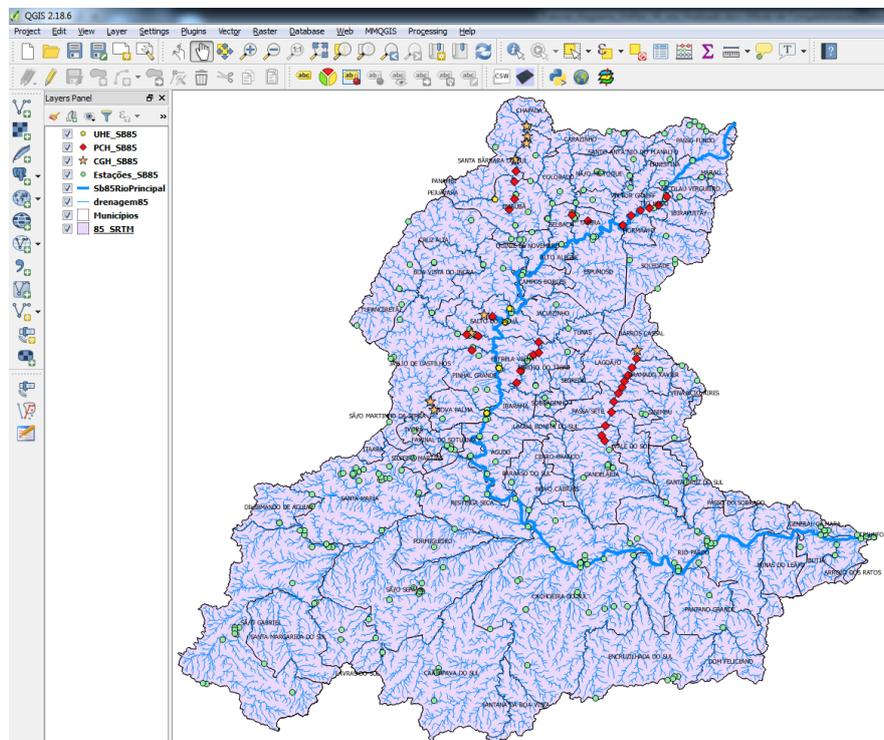
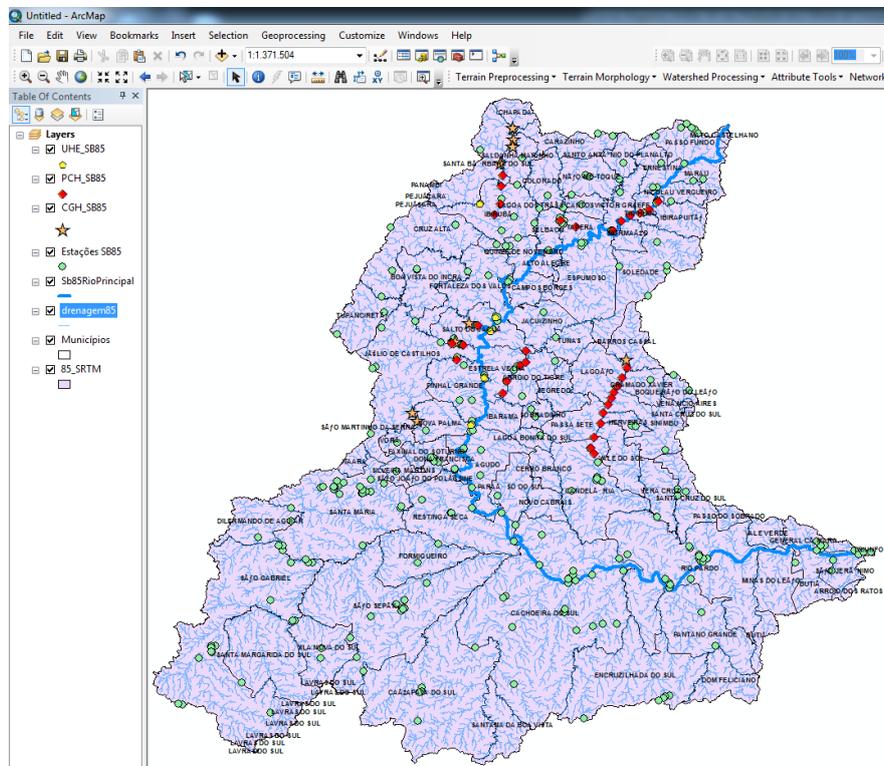
3.1 Visualização no SIG

Primeiramente, deve-se ativar no ArcGIS/QGIS as camadas:

- UHE
- PCH
- CGH
- Estações Hidrométricas
- Rio Principal
- Linha de Drenagem
- Municípios
- Camada da Sub-bacia

Para continuação do trabalho e eventuais atualizações, sugere-se salvar um arquivo .mxd, com o nome “DiagramaUnifilarSBXX”. Consoante figuras abaixo, pode-

se ter uma noção da quantidade de informação que deverá ser colocada no diagrama e quais possíveis divisões serão feitas. A primeira figura apresenta a visualização no ArcMap, a segunda, no QGIS.



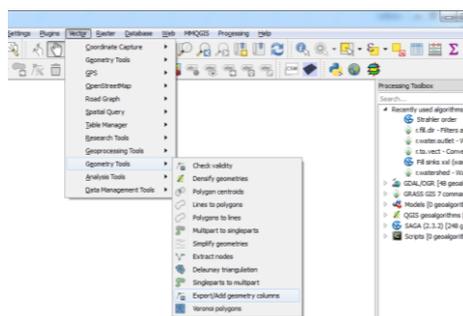
3.2 Estimar a área de drenagem das estações fluviométricas, UHE, PCH e CGH via SRTM30

Lembrando que as estações fluviométricas da ANA e as PCH, UHE e CGH da ANEEL devem estar todas sobre trechos de rio, começa-se no ArcMap a definir os “*Batch Point*”, utilizando o ArcHydro (2.1.5). A princípio os “*BatchPoint*” devem ser colocados no trecho de rio mais próximo dos pontos do inventário, e isso pode ser verificado utilizando a ferramenta “*Medida*” do ArcGIS, representada por este símbolo: . Este procedimento é bastante simples, porém vale lembrar que os nomes dados aos “*BatchPoint*” devem ser coerentes e representativos em relação a estação que correspondem.

Para evitar retrabalho, também auxilia muito observar a área de drenagem que a ANA ou ANEEL disponibilizam para as estações que estão sendo representadas pelos “*BatchPoint*”, pois estas podem indicar qual trecho de rio tem maior probabilidade de ser o correto local da estação. Utilizado , e valendo-se de um pouco de foto interpretação, pode-se medir uma “provável área de drenagem” da estação sobre o MDE.

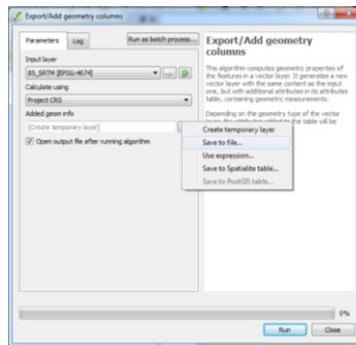
Prosegue-se depois com os passos 11 e 12 de 2.1.5 para estimar as áreas.

No QGIS, utilizando os processos descritos em 2.2.5, gera-se a camada de área de drenagem, em seguida se adiciona a projeção a ser utilizada, descrito em 2.2.7. Então, clica-se em “*Vector*”, “*Geometry Tools*” e “*Export/Add geometry columns*”.

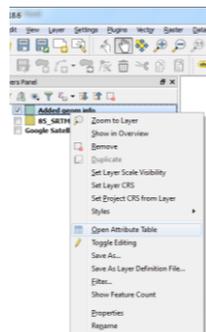


Uma janela abrirá. Nela se seleciona qual a feição, ou camada (*layer*), cuja área será calculada. Também se define qual sistema de projeção será utilizado. Aqui se usa “*Project CRS*”, que, no caso, é nada menos do que a projeção criada. Uma nova feição será gerada, e nessa estarão os dados de área. Essa, porém, não será salva a menos que o usuário clique nas reticências ao lado de “*Create temporary layer*”, e clique em “*Save*

to file”, definindo em sequência um local onde salvar essa feição a ser criada. Clica-se em “Run”.



Com o processo acabado, abre-se a tabela de atributos (*Open Attribute Table*) da feição gerada.



Podem-se notar duas novas colunas, as quais estão respectivamente em metros quadrados (Área) e metros (Perímetro). Aqui se utilizou a camada da bacia 85 como exemplo.

ID	Id	grid_code	Shape_Leng	Shape_Le_1	Shape_Area	Area_fm	area	perimeter
1	1	1	0	0.00314	0.00000	0.00516	5162.32541	328.55165
2	2	2	0	14.74716	3.93017	42170.54558	42170546411.43...	1524937.31295

Há um impasse, porém: impossibilidade de calcular a área de drenagem para vários pontos de uma só vez. Há a opção de se utilizar o “Batch Process” no algoritmo de “r.water.outlet”, porém é necessário saber de antemão todas coordenadas (x,y) dos postos já corrigidos para cima da linha de drenagem, e digitá-las uma a uma. Pode-se anotar uma a uma num documento de texto para auxiliar no processo, por exemplo.

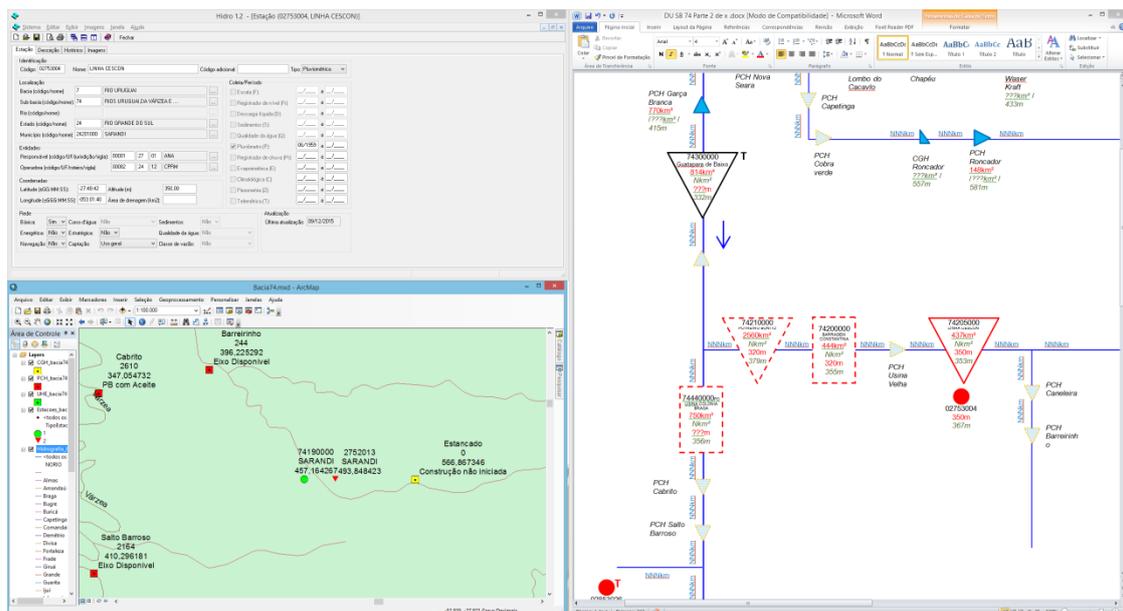
3.3 Montagem no Microsoft Word

O rio principal é representado no Diagrama Unifilar com uma linha azul (RGB: 0,0,255) de espessura igual a 1pt. Seus afluentes, de mesma cor, apresentam espessura de 0,75pt. Os afluentes destes corpos d'água também são representados com a mesma cor, mas com espessura de 0,5pt. Caso existam ainda outros afluentes nestes corpos d'água, a espessura não deve diminuir; continua com mesma cor e espessura igual a 0,5pt. Os corpos d'água devem ser identificados com seu respectivo nome e direção de fluxo, representada por uma flecha também. Os nomes podem ser encontrados no *shapefile* de hidrografia da ANA.

É interessante utilizar o Hidro para classificar as estações, já que este software apresenta as informações de forma mais simplificada. A legenda será explicada com base no layout do Hidro.

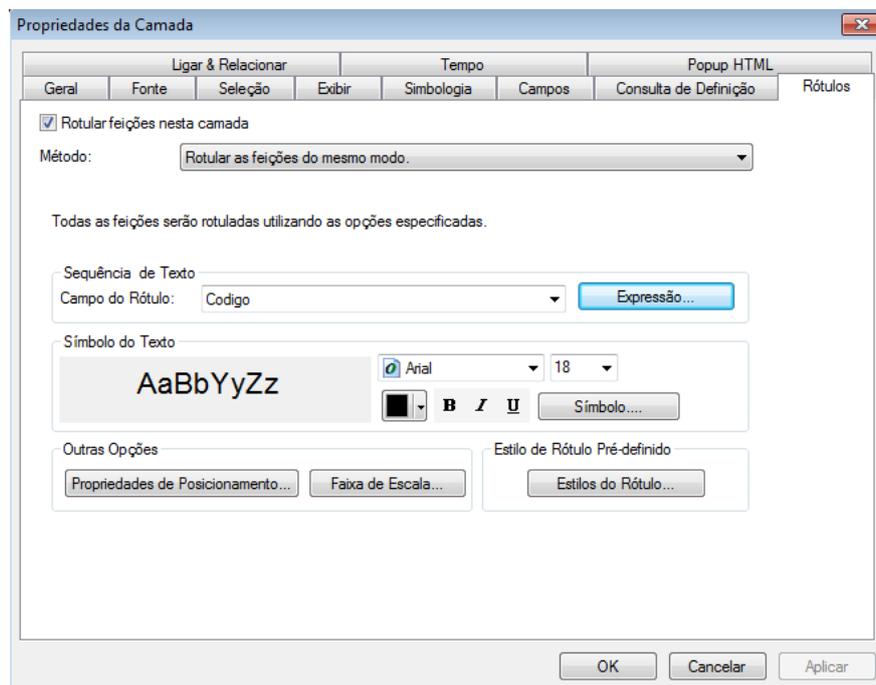
Durante a construção do diagrama, é aconselhável já colocar caixas de texto com o tamanho e cor de letra corretos para mais adiante acrescentar os valores de distância entre estações, entre nascente e afluente(s), entre afluentes, entre barramentos, etc. Estes valores serão calculados em uma etapa posterior e o processo de preenchimento fica mais simples quando já existem no diagrama os espaços necessários.

Durante a primeira parte da construção do diagrama ainda não se tem os valores de área de drenagem do SRTM30, mas convém deixar indicado dentro do símbolo das estações um espaço para acrescentar esta informação.

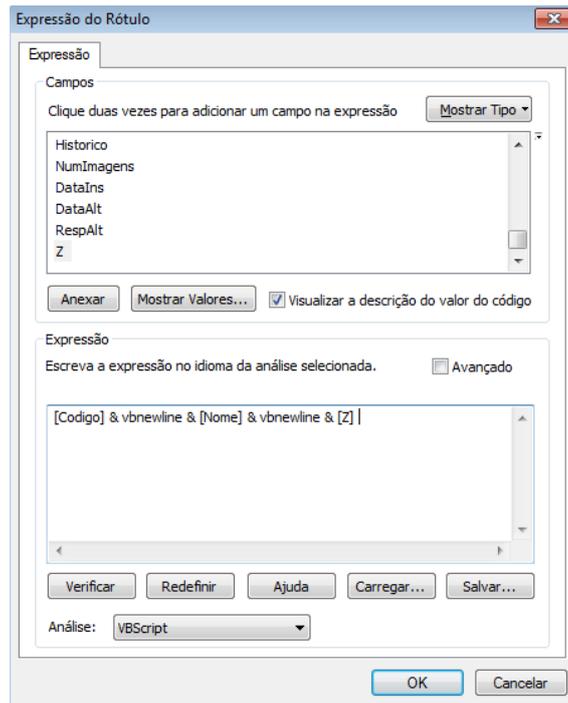


Com esta configuração e com estes dados, as únicas informações faltantes serão as distâncias entre os elementos e as áreas de drenagem das estações fluviométricas e barramentos.

Um ponto importante que se deve observar são os rótulos, *labels*. Esses podem auxiliar bastante para a montagem do diagrama. Pode-se configurar para que informações apareçam na própria tela de visualização, poupando assim a necessidade de abrir a tabela de atributos incessantemente para checar informações. Para tal, abrem-se as propriedades da camada, clica-se na aba Rótulos e depois em “*Expressão...*”



Escreve-se então a expressão desejada para que os campos que se quer visualizar apareçam no mapa. Entre cada campo usa-se a expressão “ **& vbnewline &**” para iniciar nova linha.



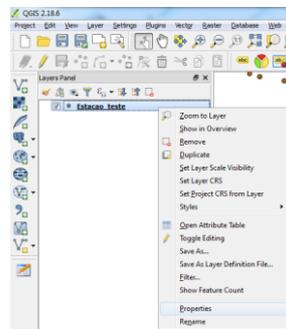
Exemplificando-se: para as estações da ANA (pluviométricas e fluviométricas) a expressão que exibe o código, o nome, a altitude do próprio inventário, e a altitude estimada via SRTM30 da estação é a seguinte:

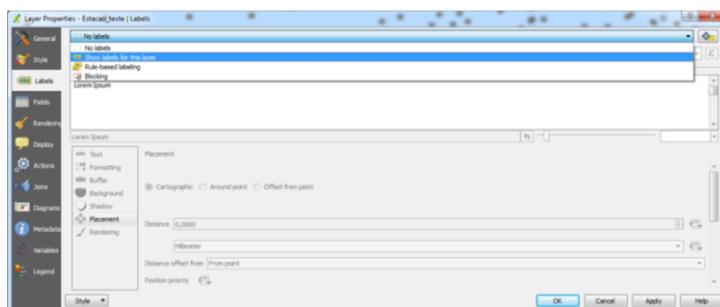
[Codigo] & vbnewline & [Nome] & vbnewline & [Altitude] & vbnewline & [Z]

Quanto as PCH, UHE e CGH, a expressão que exibe o nome da AHE, a área de drenagem, a altura estimada via SRTM30, e o estágio em que ela se encontra é:

[NOME] & vbnewline & [AREA_DREN] & vbnewline & [Z] & vbnewline & [ESTAGIO]

No QGIS, para exibir rótulos, *labels*, semelhante processo é seguido. Abaixo segue sequência de imagens.

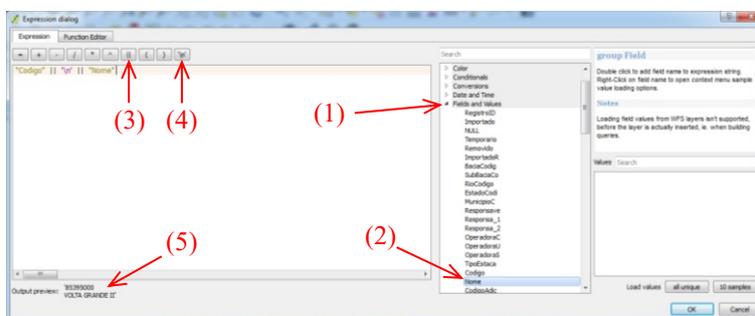




Clica-se no símbolo Épsilon (ϵ).

Ainda na imagem acima também se pode alterar outras configurações da legenda como a disposição dela (*Placement*), o formato do texto (*Formatting*), o estilo e tamanho do texto (*Text*) e outros.

Em seguida, seleciona-se então os campos que se pretende exibir na desejada ordem, sendo espaçados pelo comando “|| '\n' ||”. Em suma, o processo é praticamente o mesmo, mas a linguagem utilizada pelo QGIS é um pouco diferente. Auxilia bastante expandir em “*Fields and Values*” (1), realizar duplo-clique no campo desejado (2), e utilizar (3) e (4) para adicionar o “|| '\n' ||”. Em (5) se pode ter uma prévia da expressão que está se digitando.



3.4 Definição Legenda Diagrama

3.4.1 Dados da ANA

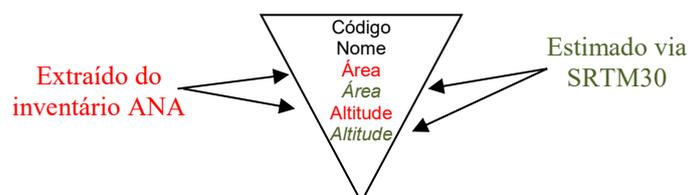
A simbologia do diagrama será explicada com base no formato Hidro, que auxilia na visualização das informações do inventário da ANA. Segue um exemplo do formato:

Optou-se por dar preferência às coletas de dados ativas, que são representadas no Hidro pelo preenchimento das caixinhas com este símbolo: . Quando a caixinha estiver preenchida, haverá somente a data de início de coleta do dado. Sempre que houver uma data de fim, significa que este tipo de medição foi desativado.

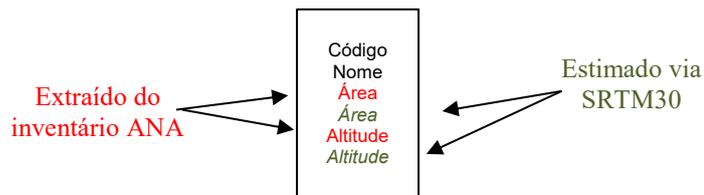
3.4.1.1 Estações Fluviométricas

1) Forma

- a. Estações fluviométricas que apresentem data de início no campo “Descarga Líquida (D)” são classificadas como “Estação Fluviométrica com Medição de Descarga (FD)” e são representadas por um triângulo:



- b. Estações fluviométricas que não apresentem data de início no campo “Descarga Líquida (D)”, mas somente no campo “Escala (F)”, são consideradas “Estação Fluviométrica Linimétrica (F)” e são representadas por um retângulo:

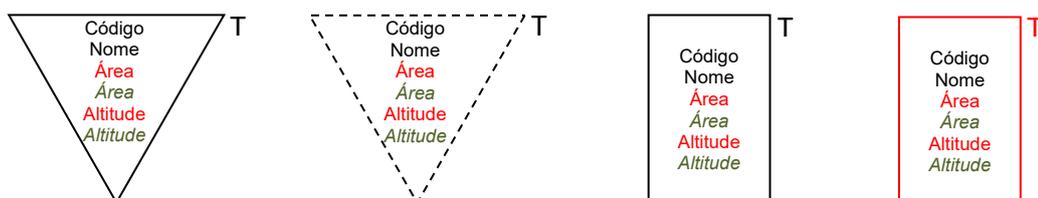


2) Contorno – linha

- a. Caso alguma das opções de medição em “Coleta/Período” apresente o símbolo , a estação deve estar ativa. Sendo assim, ao menos uma das características da estação terá apenas data de início. Estações ativas tem como traço do contorno uma linha contínua, de preferência com espessura 0,75pt: _____
- b. Caso nenhuma das opções de medição tenha o símbolo , significa que a estação está inativa. Sendo assim todos os campos que apresentam data de início, terão também data de fim. Estações inativas são representadas com traço pontilhado no contorno, de preferência com espessura de 0,75pt: -----

3) Telemetria:

Quando uma estação ativa for telemétrica (apresentando apenas data de início e o símbolo) ou quando uma estação inativa foi telemétrica (todas as medições da estação, inclusive a telemetria, têm data de fim e nenhuma tem o símbolo) acrescenta-se um T no canto direito superior do símbolo, com a mesma cor do contorno, como mostrado abaixo:



4) Registrador de nível:

Se uma estação ativa possuir Registrador de Nível (Fr) (tem o símbolo) e apenas data de início) ou se uma estação inativa apresentar Fr (todas as medições da estação, inclusive o Registrador de Nível, têm data de fim e nenhuma tem o símbolo) acrescenta-se uma linha diagonal por trás do símbolo, com a mesma cor do contorno, como mostrado abaixo:



5) Contorno – cor

- a. Quando a entidade operadora da estação for a CPRM, como o exemplo acima, o contorno do símbolo é colocado na cor **preta**. O código de operadora da CPRM é 00082.

Entidades					
Responsável (código/UF/jurisdição/sigla):	00001	27	01	ANA	...
Operadora (código/UF/roteiro/sigla):	00082	24	03	CPRM	...

- b. Quando a operadora da estação for qualquer outra entidade (código diferente de 00082) como em exemplo mostrado acima, o contorno do símbolo será da cor **vermelha**.

Entidades					
Responsável (código/UF/jurisdição/sigla):	00001	27	01	ANA	...
Operadora (código/UF/roteiro/sigla):	00001			ANA	...

3.4.1.2 Estações Pluviométricas

Tipo: Pluviométrica ▼

1) Ativas e Inativas

- a. Estações pluviométricas ativas (com ao menos uma das medições marcadas com o símbolo) são representadas por círculo totalmente preenchido da mesma cor do contorno:



- b. Estações pluviométricas inativas (sem medições marcadas com o símbolo) são representadas por um círculo com preenchimento branco e contorno com traço de ponto quadrado:



2) Registrador de Nível

- a. Estações pluviométricas ativas com Registrador de Chuva (Pr) também ativo recebem uma linha diagonal:



- b. Estações pluviométricas inativas com Registrador de Chuva (Pr), apresentando data de início e fim, recebem uma linha diagonal:



3) Telemetria

- a. Quando uma estação pluviométrica ativa for telemétrica, acrescenta-se um T à direita superior do círculo:



- b. Se uma estação pluviométrica ativa foi telemétrica, acrescenta-se também um T à direita do círculo:



4) Entidade operadora

- a. Quando a entidade operadora for a CPRM, a estação pluviométrica é representada na cor preta.

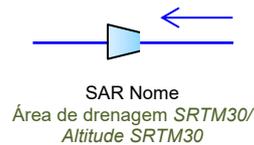
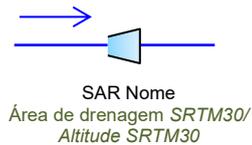


- b. Quando a entidade operadora não for a CPRM, a estação pluviométrica é representada na cor vermelha.



3.4.1.3 Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR)

O Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) da ANA compreende os reservatórios destinados a diferentes usos, incluindo a geração de energia. Contudo, nos diagramas unifilares construídos serão plotados com a simbologia abaixo apenas os reservatórios que não forem de uso do sistema elétrico (ANEEL/SIGEL). Esses reservatórios são representados no diagrama por um losango com a base menor aberta, cujo posicionamento depende da direção de fluxo do rio.



3.4.2 Dados SIGEL

A informação mais importante para a simbologia dos dados do SIGEL é o estágio em que os empreendimentos se encontram. É com base nestes estágios que a simbologia é definida.

Abaixo estão os estágios de AHE, Aproveitamentos Hidro Elétricos, (CGH, PCH, UHE) na ordem da implantação, construção e operação, considerando que não haja impasses durante o processo:

1.Eixo Inventariado	6.PB Aceito	11.Construção com Outorga
2.EVTE em Elaboração	7.PB Aprovado	12.Operação
3.EVTE Aceito	8.DRI	13.Revogado
4.EVTE Aprovado	9.DRS	14.Desativado
5.PB em Elaboração	10.Construção não iniciada	15.Extinta

Os estágios estão foram atualizados no dia 21 de Novembro de 2017 no tutorial quando a mudança foi notada pela equipe.

3.4.2.1 PCH

PCH (Pequena Central Hidrelétrica) são usinas hidrelétricas de pequeno porte, cuja capacidade instalada encontra-se entre 1MW (um megawatt) e 30MW (trinta megawatts) e cuja área de reservatório não ultrapassa 3 km² (300 ha), ou assim definidas pela ANEEL, conforme Resolução nº 652 de 09 de dezembro de 2003.

No Diagrama Unifilar elas são representadas por um triângulo cujo posicionamento depende da direção do rio. As cores e contornos dependem do estágio das PCH.

- a. Quando a PCH estiver entre os estágios 1 e 8, considera-se em “PCH em estudo para implantação” e representa-se assim:



- b. Quando a PCH estiver no estágio 9 ou 10, considera-se em “PCH com outorga para implantação” e representa-se assim:



- c. Quando uma PCH estiver entre os estágios 11 e 12, classifica-se como “PCH em Operação ou Construção – Reservatório Menor ou Igual a 3km²” e representa-se assim:



- d. Considera-se o estágio 13 (revogado) um retorno à etapa de estudo e, portanto, segue-se a mesma classificação do item a.
- e. Ainda há o estágio 14 que indica o estado desativado ou extinta. Esse, porém, é bastante raro e representa-se assim:

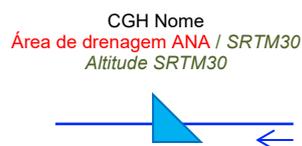


3.4.2.2 CGH

CGH (Central Geradora Hidrelétrica) são unidades geradoras de energia com potencial hidráulico igual ou inferior a 1 MW (um megawatt), normalmente com barragem somente de desvio, em rio com acidente natural que impede a subida de peixes.

No diagrama são representadas somente as CGH em fase de construção ou operação, na forma de um triângulo diferenciado que também terá posição definida pela direção do rio. Logo, a classificação é a seguinte:

- a. Quando a CGH estiver entre os estágios 11 e 12, classifica-se como “CGH em Operação ou Construção sem reservatório” e representa-se assim:



3.4.2.3 UHE

UHE (Usina Hidrelétrica de Energia) são usinas hidrelétrica cuja capacidade instalada seja superior a 30MW (trinta megawatts), que possuam reservatório maior que 3 km² (300 ha) ou assim definidas pela ANEEL.

No diagrama, as UHE são representadas por um losango e seguem a mesma classificação das PCH:

a. Quando a UHE estiver entre os estágios 1 e 8, considera-se “UHE em estudo para implantação” e representa-se assim:



b. Quando a UHE estiver no estágio 9 ou 10, considera-se “UHE com outorga para implantação” e representa-se assim:



c. Quando uma UHE estiver entre os estágios 11 e 12, classifica-se como “UHE em Operação ou Construção – Reservatório Menor ou Igual a 3 km²” e representa-se assim:



d. Considera-se o estágio 13 (revogado) um retorno à etapa de estudo e, portanto, segue-se a mesma classificação do item a.

e. Ainda há o estágio 14 que indica o estado desativado ou extinta. Este, porém é bastante raro e é representado assim:



3.4.2.4 Quadro Resumo

Abaixo segue quadro resumo das simbologias utilizadas para AHE.

Estágios		UHE	PCH	CGH*
AHE em Operação ou Construção	<ul style="list-style-type: none"> • Construção com outorga • Operação • Revogado 			
AHE com Outorga para Implantação	<ul style="list-style-type: none"> • DRS-PCH • Construção não iniciada 			
AHE em Estudo para Implantação	<ul style="list-style-type: none"> • Eixo Disponível • VB com Registro, com Aceite, ou VB Aprovado • PB com Registro, com Aceite, ou PB Aprovado • DRI-PCH 			
AHE Desativada ou Extinta				

*Escolheu-se apresentar apenas as CGH em Operação ou Construção por se tratar de uma AHE de veras pequena.

3.5 Verificação dos dados

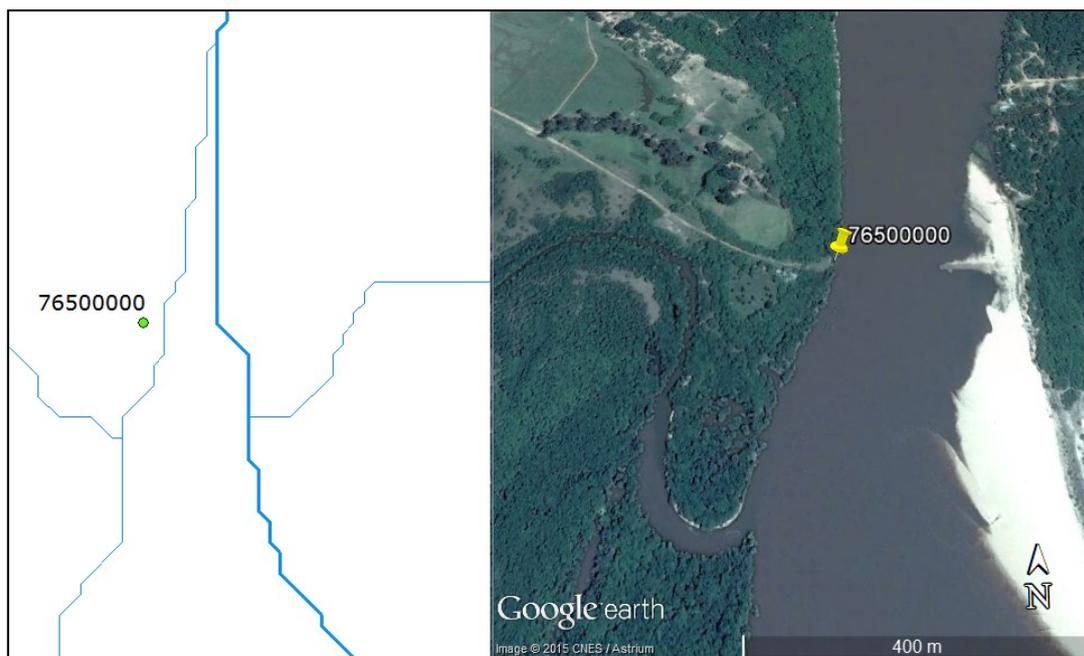
Com o diagrama esquematizado, e a área de drenagem das estações fluviométricas, UHE, PCH e CGH já geradas, parte-se para verificação dos dados. Essa é feita através da comparação dos valores de altitude e área de drenagem informados nos inventários e aqueles obtidos com base no MDE SRTM30.

No ArcGIS, os dados obtidos devem ser primeiramente exportados para planilhas de excel. Exporta-se estes *shapefiles*, abrindo a “*Tabela de Atributos*”, selecionando em  (Opções da Tabela) o ícone “*Exportar...*”. Salvar como arquivo de texto e abrí-lo no excel.

No QGIS, pode-se gerar a área de drenagem de cada ponto, culminando em “n” arquivos *raster*, os quais posteriormente são todos transformados em camadas, e podem por fim, então, ser unidas numa única camada. Por fim, pode-se clicar com o botão direito nessa camada-união e salvá-la, *Save as*, como arquivo formato excel, “*MS Office Open XML spreadsheet [XLSX]*”.

Todos os pontos que apresentarem diferenças significativas de área de drenagem devem ser verificados no ArcGIS. Deve-se fazer uma análise a respeito das diferenças encontradas com base nas possibilidades de posicionamento dos pontos. Caso for encontrada, nesta etapa, um local mais adequado para a marcação do “*BatchPoint*”, ou, no QGIS, “*Outlet point*”, este procedimento deve ser refeito e os dados devem ser substituídos. Todos os “*BatchPoint*” que ficarem muito distantes dos pontos cadastrados nos inventários devem ser informados à entidade responsável pela divulgação dos dados. Aqueles que gerarem dúvidas sobre a sua posição também serão informados.

Algumas dúvidas também podem e devem ser esclarecidas com o uso do Google Earth. Segue abaixo exemplo da diferença entre a representação no ArcGIS e no Google Earth da posição da estação 76500000 – Jacaqua. Na figura abaixo, verifica-se um erro na geração da drenagem pelo MDE SRTM30, constatado apenas pela verificação das imagens de satélite do Google Earth. A estação esta rio principal, em vez de estar no afluente sinuoso.



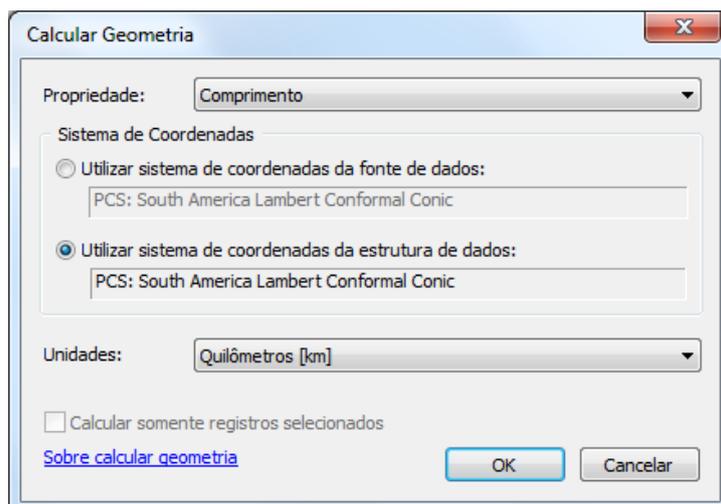
3.6 Distâncias

Após a verificação, análise e possível modificação do posicionamento das estações fluviométricas, UHE, PCH e CGH, pode-se então calcular as distâncias.

Todos os rios representados no Diagrama Unifilar devem ser isolados e a ferramenta “*Dissolver*” deve ser utilizada para que cada rio seja representado somente por um trecho. Esta ferramenta se encontra em “*ArcToolbox*” > “*Ferramentas de Gerenciamento de Dados*” > “*Generalização*” > “*Dissolver*”.

Cada rio então será dividido nos pontos onde existir algum aspecto de interesse: estações fluviométricas, UHE, PCH, CGH, afluentes, etc. Esta divisão é feita por meio da Barra de Ferramentas “*Editor*” e a ferramenta “*Dividir*” (🗑️).

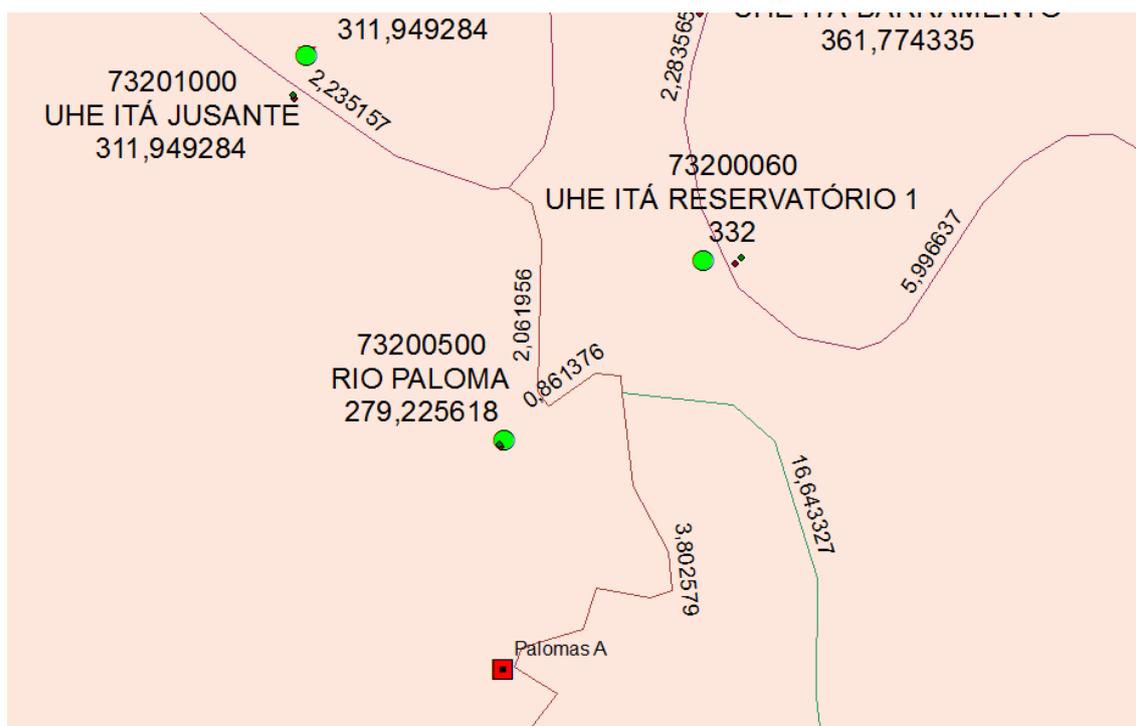
- Com o rio dividido em trechos, abre-se a “*Tabela de Atributos*”.
- Em “*Opções de Tabela*” selecionar “*Adicionar Campo...*”.
- Nomear o campo “*Distancia*” e definir como tipo “*Duplo*”.
- Antes de seguir para os próximos passos, deve-se garantir que o sistema de coordenadas da estrutura de dados seja o Lambert e que as coordenadas sejam referenciadas ao Datum SIRGAS2000.
- Clicar com o botão direito do mouse sobre o cabeçalho da nova coluna na Tabela de Atributos e selecionar “*Calcular Geometria...*”.
- A seguinte caixa de diálogo será aberta:



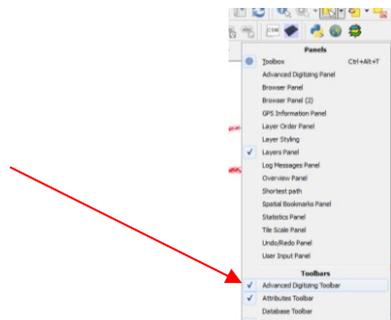
- Definir a propriedade “Comprimento”, selecionar o sistema de coordenadas da estrutura de dados e utilizar como unidade “Quilômetros [km]”.
- Após este procedimento, na coluna “Distância” estará o comprimento de cada um dos trechos que foram divididos. Estes dados podem ser então acrescentados no Diagrama Unifilar.

Este procedimento será repetido para cada um dos rios representados no diagrama unifilar.

Para facilitar a visualização e montagem do diagrama, aconselha-se utilizar o rótulo da distância para agilizar a montagem.



No QGIS, o processo é semelhante. Usando-se o vetor de drenagem derivado do raster de *Stream segments*, obtido no item 2.2.6, basta realizar processos de “*Advanced Digitizing*” (Figura abaixo). Deve-se tornar a camada editável, clicando em *Toggle Editing* . Usa-se as ferramentas de corte de feições , *Split Features*, união de feições , *Merge Selected Features*, seleção de feições , *Select Features by area or single click*, e deselegionar , *Deselect Features from All Layers*. Quando se pretende cortar duas vezes o mesmo segmento, é necessário cortar uma vez, salvar a edição, e abrir novamente o modo de edição. Para tal, basta clicar em , “*Save for Selected Layers(s)*”.



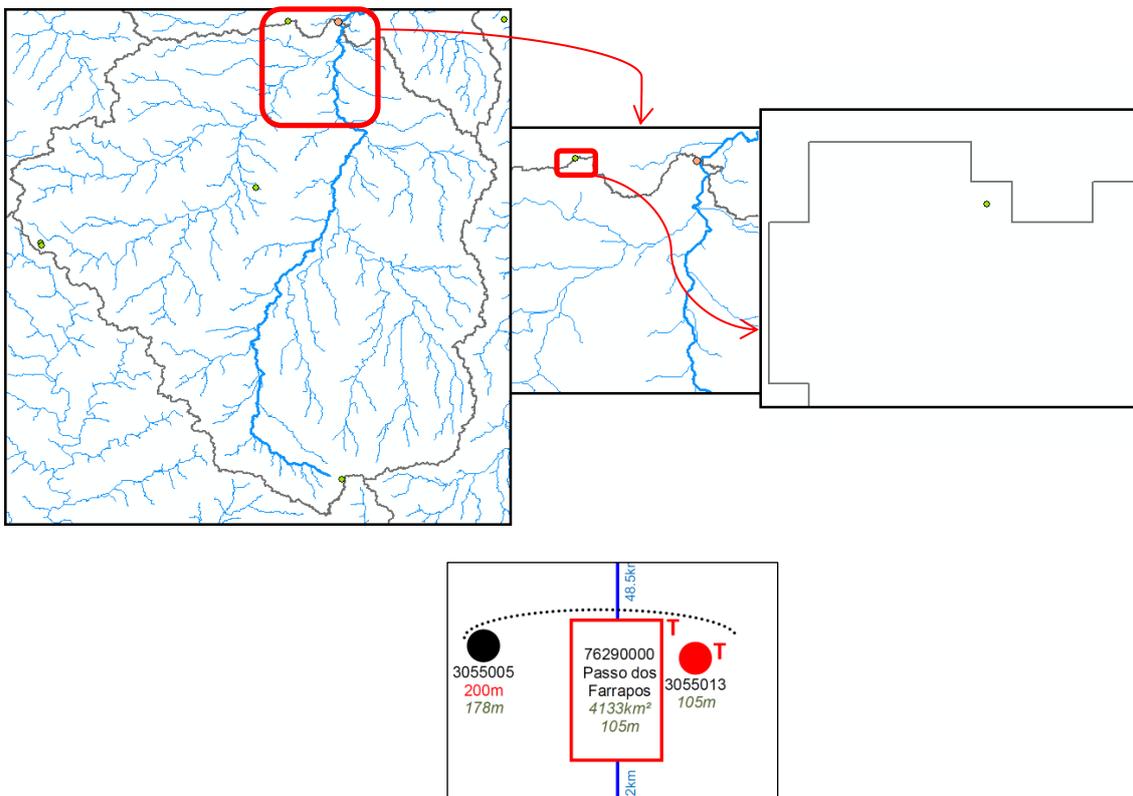
Salienta-se aqui ainda que para calcular as distâncias no QGIS, deve-se utilizar a devida projeção de maneira descrita nos 2.1.7, para o ArcGIS, e 2.2.7, para o QGIS. Depois usando “*Export/Add geometry columns*”, extrai-se o valor de distância da camada como descrito no item 3.2.

3.7 Áreas de Drenagem

Uma das informações de relevância que pode ser extraída de um Diagrama Unifilar é a definição dos pontos para os quais a precipitação medida nas estações pluviométricas vai drenar. Em consequência disso, também se define quais dados de vazão são influenciados por estes dados de precipitação. Estas informações devem ficar bastante claras quando se analisa um diagrama Unifilar. Por isso, em áreas onde surgirem dúvidas a respeito destas informações, deve-se verificar a situação no ArcGIS e esclarecer no diagrama.

O exemplo abaixo mostra uma situação no ArcGIS e como ela foi representada no diagrama. O ponto laranja representa a estação fluviométrica 76290000 – Passo dos

Farrapos enquanto o ponto verde representa a estação pluviométrica 3055005 – Santa Rita.



4. Consistência de dados inventariais para construção do Diagrama Unifilar

Os dados inventariais de estações da ANA e/ou UHE, PCH e CGH da ANEEL deverão ser consistidos (verificados) para serem, com segurança, colocados no diagrama unifilar a ser construído. A localização geográfica das estações fluviométricas, pluviométricas e dos barramentos deve ser via SIG confrontada com camada de bacias hidrográficas, área territorial dos municípios, etc., para conferência com os dados registrados. Incongruências nestes dados são indicativos que podem apontar para algum equívoco de localização (coordenadas) do item a ser representado no diagrama unifilar.

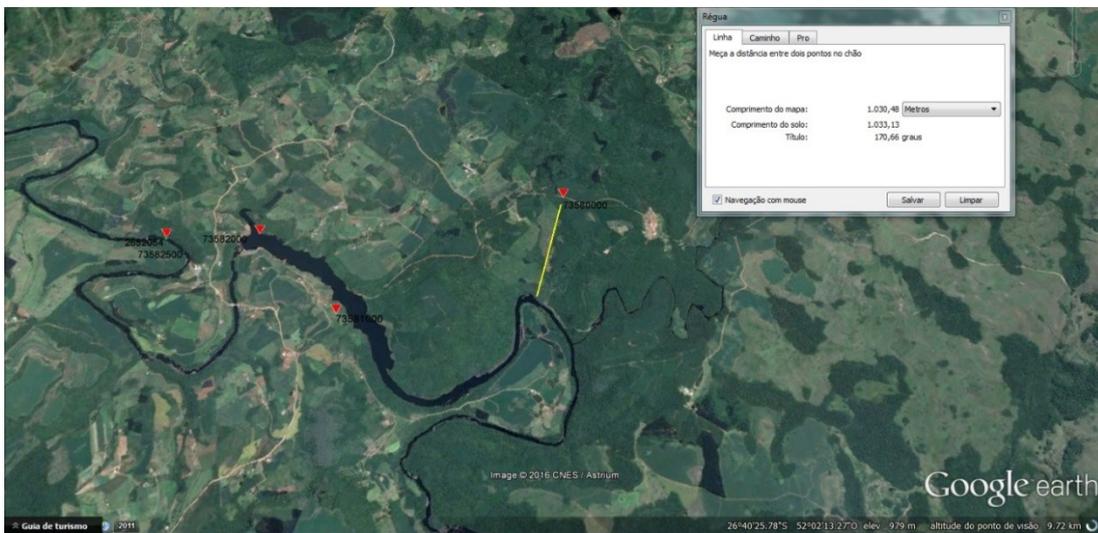
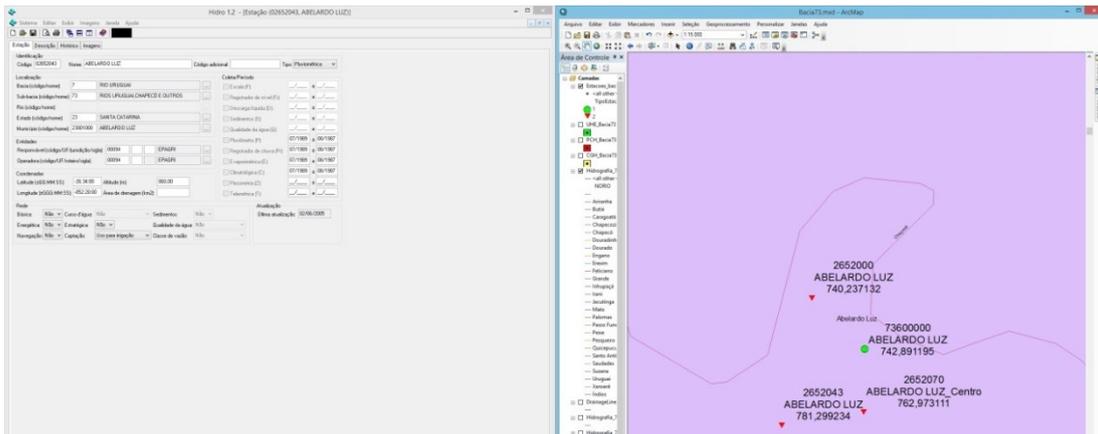
A delimitação automática do perímetro e o consecutivo cálculo da área de drenagem de estações fluviométricas, utilizando algum MDE, para posterior conferência com os dados disponibilizados no inventário da ANA e/ou ANEEL, fornece um bom indicativo que a localização geográfica (coordenadas) da estação e/ou empreendimento hidrelétrico pode estar errada. Para tanto, sugere-se adotar como hipótese de equívoco da coordenada geográfica quando uma diferença igual ou maior de 1% entre a área

obtida pelo MDE e a que consta nos inventários (estação F ou FD, ou CGH ou PCH ou UHE) apresentar-se. Deve-se então entrar em contato com a ANA e/ou ANEEL para solicitar uma verificação dos dados disponibilizados de tais estações no inventário. É importante enunciar no e-mail a data do inventário em questão.

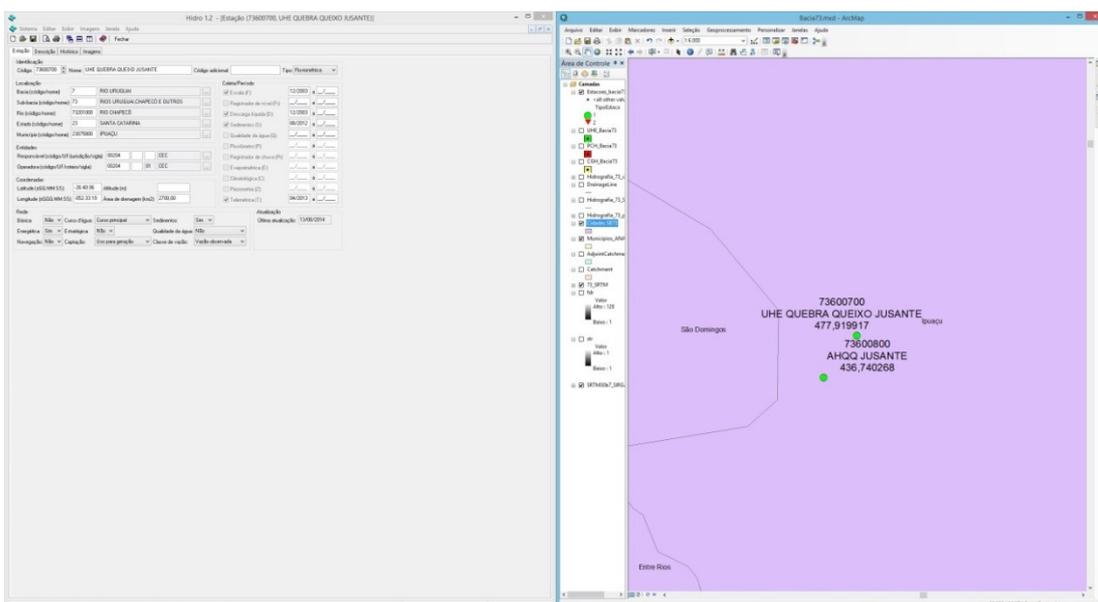
O mesmo procedimento de verificação de área de drenagem também pode ser feito para altitude de estações fluviométricas ou pluviométricas. Extraíndo a altitude do MDE para cada estação, compara-se com os dados de inventário, levando a um indicativo de equívoco na localização geográfica estação. Com relação à altitude, sugere-se que o analista adote como hipótese de equívoco nos dados fornecidos quando a diferença entre a altitude no inventário e a altitude segundo o *raster* do SRTM30 for maior que 30m de diferença. Semelhantemente, nesse caso, deve-se contatar a ANA.

Uma maneira prática de realizar essa verificação da altitude, que é um indicativo de posicionamento geográfico equivocado da estação, é por exportar a camada referente às estações pluviométricas e fluviométricas para o Excel após adicionar os dados de cota do STRM30 já mencionados no item 2.1.4/2.2.4. Após isso, deve-se deletar as colunas indesejadas no *excel* e criar uma nova coluna para calcular o módulo da diferença de altitude medida em campo com a extraída pelo SRTM 30. Por fim, aplica-se uma formatação condicional a fim de modificar o preenchimento das células que necessitam ser revisadas e encaminhadas para a ANA. Um modelo desse arquivo de *excel* pode ser encontrado nesse [sítio](#).

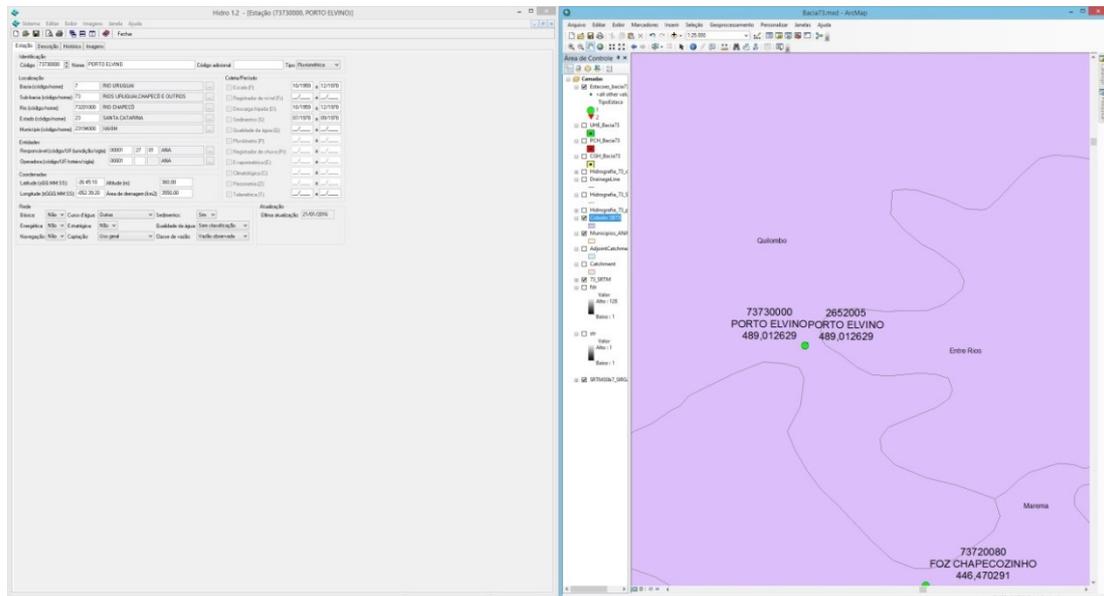
Devem ser averiguadas situações em que a localização de estações fluviométricas, PCH, UHE ou CGH estiver muito distante de cursos d'água, ou quando houver dúvidas quanto à correta localização do ponto. Abaixo segue imagem em que há quatro estações todas com o mesmo nome, mas em locais ligeiramente diferentes. Pode ser que todas tenham sido instaladas no mesmo local, porém mediu-se a posição de maneira equivocada; cabe serem conferidas.



Caso algum dos dados esteja ausente no hidro da ANA deve-se marcar a estação para posteriormente tirar as dúvidas.

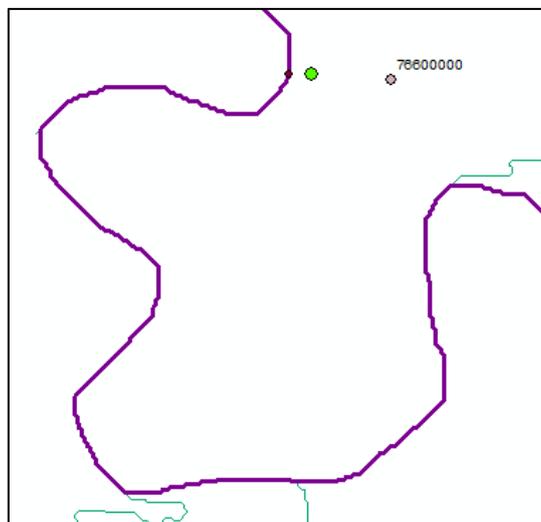


Por fim pode-se também confrontar os dados com o arquivo *shapefile* (.shp) dos municípios do IBGE: se a cidade não for a mesma, é sinal que pode haver algum erro.



Exemplos de erros verificados

Abaixo segue um exemplo de dúvida que surgiu durante a construção de um diagrama unifilar. O inventário da ANA de 10 de julho de 2015 colocava a estação 76600000 – Passo do Itaum entre dois meandros do rio Ibicuí. Foi enviado um pedido pelo site de Acesso a Informação e a ANA respondeu informando coordenadas mais precisas para a estação. As novas coordenadas colocavam a estação no ponto verde, representado abaixo, não deixando dúvidas quanto o meandro ao qual a estação realmente pertence.



Todas as estações F a jusante em um curso d'água devem possuir cota menor e área de drenagem maior em relação as de montante. Caso isso não esteja de acordo na construção do diagrama, há inconsistência. A seguir disponibiliza-se um modelo e exemplos de verificação dos dados de coordenadas geográficas das estações junto a ANA. O mesmo deve ser realizado para os barramentos (UHE, PCH e CGH) e caso haja inconsistências elas devem ser encaminhadas para ANEEL. Um exemplo disso é disponibilizado junto com os outros sítios abaixo.

Sítio para acessar o modelo de verificação das coordenadas geográficas das estações pluviométricas e fluviométricas:

<https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLR05QEcthLdHltQTY0cXM>

Sítio para acessar a verificação das coordenadas geográficas das sub-bacias 80 a 84:

<https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLR05QEckxUZzEtZHZDazg> (Sub-Bacia 80)

<https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLR05QEdIUta2cycnN5UkU> (Sub-Bacia 81)

<https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLR05QEdmZtcFpPeEN0Smc> (Sub-Bacia 82)

<https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLR05QEV2NFNEIxy045aEE> (Sub-Bacia 83)

<https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLR05QEOHRkRIM4NDR1YU0> (Sub-Bacia 84)

Sítio para acessar a verificação das coordenadas geográficas dos barramentos da bacia 8: <https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLR05QEb2ZfVGM5YU9hSmM>

4.1 Acesso à informação do governo federal

Dúvidas ou erros verificados ao longo do processo de construção do Diagrama Unifilar devem ser informados a entidade responsável pela divulgação dos dados (no nosso caso, ANA ou ANEEL). Caso o dado não possa ser obtido pela entidade, deve-se tentar com a entidade responsável pela estação ou barramento.

Em último caso isto pode ser feito através do portal de Acesso a Informação em <http://www.acessoainformacao.gov.br/>. Deve-se criar um login e fazer um pedido no site. A seguir, um modelo de "carta" para se mandar para a ANA pedindo a verificação de dados inventariais:

Título: Conferência altitude / coordenadas geodésicas de estações da sub-bacia xx

Caro(a) responsável da ANA,

Pedimos a verificação da altitude e coordenadas geodésicas de xx estações, em anexo, da rede hidrometeorológica nacional, cujos dados foram disponibilizados no sistema hidroweb no inventário datado de x de xxx de 20xx.

No anexo verificaram que há diferenças significativas da altitude registrada no inventário de 3 de julho de 2015 em relação a extração das altitudes pelo MDE de 30 m

(disponível em:<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Este fato nos alerta para um possível equívoco de localização geográfica destas estações.

Estamos construindo um diagrama unifilar das sub-bacias da bacia x visando estudos hidrológicos e a correta localização geográfica dos dados é essencial para não produzirmos informações erradas.

Cordialmente,

Se nenhuma dessas medidas surtir efeito, os dados devem ser deixados em branco no diagrama, mas lembre-se que para uma maior confiabilidade, deixar o dado em branco é a última opção. O ideal é ter o máximo de dados possíveis no diagrama com certeza dos valores.

4.2 Outra abordagem para se consistir os dados

Há também outra maneira para se consistirem os dados inventariados. Nela não se usa o Hidro, apenas o próprio programa de SIG. Porém, para usá-la, faz-se necessário preparar a tabela Excel. No item [2.1.2/2.2.2](#) constam os passos para se adicionar uma coluna nova de município aos dados inventariados. A função dessa coluna é tão somente interpretar os códigos da ANA, e retornar em texto (*string*) o nome do município. Na consistência de dados se costuma consistir os tais cinco itens:

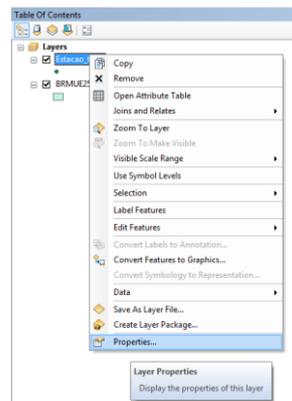
- Altitude
- Área de Drenagem
- Código
- Município
- Nome do Rio

Sendo assim, pode-se criar também uma coluna para nome do rio no *excel* das estações, e em processo semelhante ao item [2.1.2/2.2.2](#), importar a relação de “nome do rio”-“código ANA de nome do rio”. Depois, importa-se essa tabela *excel* para o programa de SIG, e extrai-se do MDE (SRTM30) a altitude de cada ponto, e, por fim, adiciona-se o cálculo de área de drenagem para cada estação. Assim, torna-se capaz trabalhar apenas com o programa de SIG para fazer a consistência de dados. Costuma-se então manipular os rótulos que aparecerão no programa de SIG. Pode-se definir um rótulo que apresente: código da estação, altitude_ANA, área de drenagem_ANA, altitude_SRTM, área de drenagem_SRTM, município_ANA e nome do rio_ANA. Adiciona-se também o rótulo para a camada de municípios e drenagem. Embora essa abordagem seja mais trabalhosa no início, ela facilita bastante para visualizar os dados.

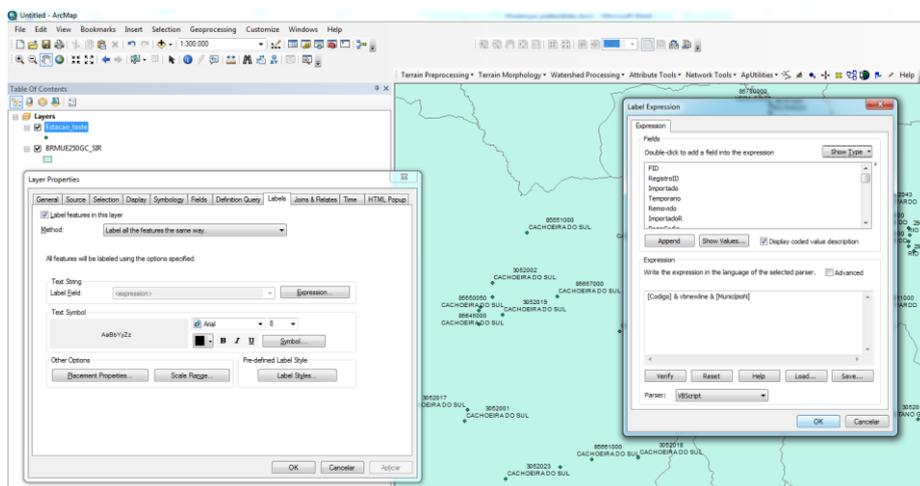
Como exemplo, apresenta-se em seguida uma consistência de municípios. A primeira parte que consiste em criar coluna de município onde o nome esteja em texto (*string*) consta no item 1.1.g.

Para checagem de municípios se compara o campo MunicípioNome (criado no item 2.1.2/2.2.2) do *shapefile* criado a partir do inventário ANA com a camada de municípios mais atual que pode ser obtida pelo site do IBGE (<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>).

Uma abordagem é adicionar à legenda da camada de **estações** o campo “*MunicípioNome*”, e adicionar à legenda da camada de **municípios do IBGE** o campo “*Nome*”. Clica-se em propriedades da camada de estações,



Clica-se em “*Label*”, ou rótulo, seleciona-se “*Label features in this layer*”, clica-se em “*Expression...*”, digita-se “[Codigo] & vbnewline & [MunicípioN]”, clica-se ok e ok.



Para a camada de municípios do IBGE, segue-se processo semelhante, porém digita-se “[NM_MUNICIP]”. Sugere-se que em “*Text Symbol*”, utilize-se uma fonte diferente daquela da utilizada para as estações.

Por fim, pode-se checar uma por uma conforme o diagrama unifilar é produzido. Abaixo segue imagem de exemplo. Optou-se por um tamanho maior e em negrito para os rótulos dos municípios, possibilitando a melhor visualização do Usuário.



Deve-se notar que algumas estações estão em divisa de municípios, e não se deve considerar errôneo caso o nome apontado pelo inventário ANA seja do município ligeiramente vizinho. Deve-se atentar não por menos quando os municípios não possuírem divisa.

Processo semelhante também é sugerido para consistir dados de localização do inventário da ANEEL (AHE: UHE, PCH, CGH). Nesses a expressão utilizada é “[NOME] & \bnewline & [MUNIC_1] & \bnewline & [MUNIC_2]”. O inventário ANEEL apresenta dois campos de municípios porque os AHE costumam se encontrar na divisa de municípios.

Exemplo

A seguir mostra-se um exemplo de diagrama Unifilar feito com base nesta metodologia. A divisão das sub-bacias apresentada foi baseada na metodologia desenvolvida por Otto Pfafstetter. O diagrama unifilar apresentado a seguir pode ser observado em detalhes no trabalho de Koefender (2015).

5. Modelo padrão e demais materiais para construção do diagrama unifilar proposto neste tutorial

No Quadro 1, mostram-se os endereços (“sítios”) para baixar o modelo padrão inicial para construção do diagrama unifilar segundo a metodologia e a semiologia cartográfica (legenda) propostas neste tutorial. Este material também pode ser solicitado pelos *emails* dos autores (amalia.koe@gmail.com; francisco.marcuzzo@cprm.gov.br; gmguimaraess@gmail.com; juliano.finck@gmail.com).

Quadro 1 – Material para baixar da internet para construção de diagrama unifilar.

Material	Endereços (“sítios”) Para Baixar o Material Visando a Construção de Diagrama Unifilar de Bacia Hidrográfica Para Estudos Hidrológicos
Modelo Padrão Inicial (.docx) Para Construção de Diagrama Unifilar	https://onedrive.live.com/view.aspx?cid=f3e4c2a1ea29981a&page=view&resid=F3E4C2A1EA29981A!238&parId=F3E4C2A1EA29981A!220&app=Word&wacqt=undefined
Tutorial: CONCEPÇÃO DE DIAGRAMA UNIFILAR DE BACIA HIDROGRÁFICA PARA ESTUDOS DE INTERESSE HIDROLÓGICO: O passo a passo de como obter as informações, como montar o diagrama unifilar e como verificar e corrigir seus dados inventariais básicos	https://onedrive.live.com/view.aspx?cid=f3e4c2a1ea29981a&page=view&resid=F3E4C2A1EA29981A!236&parId=F3E4C2A1EA29981A!220&app=WordPdf&wacqt=undefined
Tutorial: Como Baixar Imagens SRTM30 (2014), Mosaicar, Calcular Área de Drenagem, Extrair Altitude, Gerar MDE e Criar Mapa de Declividade Versão 2	https://onedrive.live.com/view.aspx?cid=F3E4C2A1EA29981A&resid=f3e4c2a1ea29981a%21222&app=WordPdf&wdo=1
Ottocodificação de Bacias Hidrográficas	https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgObEhKLWdDZVIXaGM/view?usp=sharing

6. Como referenciar, em referências bibliográficas, este tutorial visando citar a utilização do modelo e dos procedimentos aqui exemplificados

KOEFENDER, A.; SOUZA, C. J. R.; ALMEIDA, D. B.; GUIMARÃES, G. M.; FINCK, J. S.; MARCUZZO, F. F. N. **A CONCEPÇÃO DE DIAGRAMA UNIFILAR DE BACIA HIDROGRÁFICA PARA ESTUDOS DE INTERESSE HIDROLÓGICO: O passo a passo de como obter as informações, como montar o diagrama unifilar e como verificar e corrigir seus dados inventariais básicos.** 2017. 90p. versão 4.1. Tutorial. Manual desenvolvido durante estágio no projeto de regionalização de vazões na CPRM-PA/GEHITE. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0B5VdVLRtE05QEeGw4MHN3b2V6b2s/view?usp=sharing>>. Acesso em:...

7. Referências bibliográficas

ALMEIDA, D. B.; KOEFENDER, A.; SOUZA, C. J. R.; MARCUZZO, F. F. N. Diagramas unifilares e mapeamento das estações F, FD, P, Pr e barramentos das sub-bacias 70 a 74 no Rio Uruguai. In: Simpósio Dos Recursos Hídricos Do Nordeste, 13., 2016, Aracaju. **Anais...** Aracaju: ABRH, 2016. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17189>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

ANEEL. **SIGEL - Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico.** 2015. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Hidroweb. Sistema de informações hidrológicas. 2013. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

Department of Commerce, US Coast and Geodetic Survey. **The Lambert Conformal Conic Projection with two standard parallels, including a comparison of the lambert projection with the bonne and polyconic projections.** By Charles H Deetz, Washington, Government Printing Office. 1918. Disponível em: <https://docs.lib.noaa.gov/rescue/cgs_specpubs/QB275U35no47.pdf>. Acesso em: 05 de jun. 2017.

GOOGLE EARTH. **Programa de mapas para visualização da superfície terrestre.** Versão: 7.1.2.2041, de 10/07/2013. 2013. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: 07 fev. 2015.

EARTH explorer. Desenvolvido por U.S. Department of the InteriorU.S. Geological Survey, 2014. Permit your search in area: type in an address or place name, enter coordinates or click the map to define your search area (for advanced map tools,

view the [help documentation](#)), and/or choose a date range. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 6 abr. 2015.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. ArcGIS. **Sistema de Informação Geográfica para área de trabalho de computador**, versão 10.3. 2015.

KOEFENDER, A. **Como Baixar Imagens SRTM30 (2014), Mosaicar, Calcular Área de Drenagem, Extrair Altitude, Gerar MDE e Criar Mapa de Declividade**. 2015. 29 p. Tutorial. Manual desenvolvido durante o estágio no projeto de regionalização de vazões na CPRM-PA/GEHITE. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://onedrive.live.com/view.aspx?cid=F3E4C2A1EA29981A&resid=f3e4c2a1ea29981a%21222&app=WordPdf&wdo=1>>. Acesso em: 01 set. 2015.

KOEFENDER, A. **Regionalização das vazões Q95%, Q50% e Q7,10 da bacia hidrográfica do Rio Ibicuí**. 2015. 120 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, UFRGS/IPH, Porto Alegre, 2015. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgObWItM3I1UEMzOGc/view?usp=sharing>. Acesso em: 01 set. 2016.

GUIMARÃES, G. M.; ALMEIDA, D. B.; MARCUZZO, F. F. N. SIG na construção de diagramas unifilares das estações F, FD, P, Pr além das UHE, PCH, CGH das sub-bacias 80 a 84 na bacia hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 7 – 10 de abril de 2017, **Anais...** INPE, v. 1, 2017. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgONIBPSENTQWtqSzQ/view?usp=sharing>. Acesso em: 16 abr. 2017.

KOEFENDER, A.; MARCUZZO, F. F. N. Análise de diferentes MDE no cálculo de área de drenagem e perímetro de estações fluviométricas na sub-bacia 76. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21, 2015, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2015. p. 1-8. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgOZIN4UF9WdVFHSWc/view?usp=sharing>. Acesso em: 2015.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D. Delimitação e estudo das otobacias da sub-bacia 63 utilizando MDE de imagens de radar ASTER GDEM. **Revista Georaguaia**, v. 3, p. 50-60, 2013. Disponível em: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4340755>>. Acesso: 14 out. 2014.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; VEIGA, A. M. Estudo da Delimitação por MDE de Otobacias de Cursos de Água da Sub-Bacia 63 Visando o Cálculo de Perímetro e Área de Drenagem. In: II Simpósio Internacional Caminhos Atuais da Cartografia na Geografia, 2010, São Paulo. **Anais do II Simpósio Internacional Caminhos Atuais da Cartografia na Geografia**. São Paulo: EDUSP, 2010. v. 1. p. 72-72. Disponível em:

<http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_delimitacao_Marcuzzo.pdf>. Acesso: 25 ag. 14.

MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. A concepção e mapeamento dos diagramas unifilares das estações fluviométricas nas sub-bacias pertencentes à bacia hidrográfica do atlântico – trecho sudeste. In: Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 26. (AESABESP), 2015, São Paulo, PR. **Anais...** São Paulo: SABESP, 2015a. P 1-20. 1 DVD. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/aesabesp/detalhes-676_a-concepcao-e-mapeamento-dos-diagramas-unifilares-das-estacoes-fluviometricas-nas-sub-bacias-pertencentes-a-bacia-hidrografica-do-atlantico-trecho-sudeste>. Acesso em: 26 ago. 2015.

MELATI, M. D. **Regionalização das vazões Q95%, Q50% e Q7,10 para a sub-bacia do Taquari-Antas**. 2015. 120 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, UFRGS/IPH, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/40514>>. Acesso em: 2015.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Modelos digitais de elevação na delimitação automática das sub-bacias do rio Taquari-Antas no Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. 1 DVD. Disponível: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0075.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2015.

PFAFSTETTER, O. **Classificação de bacias hidrográficas**: metodologia de codificação. Rio de Janeiro, RJ: Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 1989. (Manuscrito não publicado). Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgObEhkLWdDZVIXaGM/view?usp=sharing>. Acesso em 01 set. 2015.

QUEIROZ, D. R. E. A semiologia e a cartografia temática. **Boletim de Geografia**. v. 18, n. 1. 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v18i1.12866>. Disponível em: <<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/12866/7295>>. Acesso em> 01 set. 2015.

TSCHIEDEL, A. da F.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. Análise hidromorfológica da sub-bacia 87. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 11, 2012, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2012. p. 1-20. CD-ROM. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Analise_Marcuzzo.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2014.

USGS. Map projections – A working manual. By John P. Snyder, United States Government Printing Office, Washington, 1987). Professional paper 1395. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/pp/1395/report.pdf>>. Acesso em 05 de jun. 2017.