

Nota Técnica

MANUAL DE ELABORAÇÃO DA REDE E UTILIZAÇÃO DA
FERRAMENTA DE SUPORTE À DECISÃO PARA
OUTORGA DO USO DO RECURSO HÍDRICO
SUPERFICIAL: OUTORGA LS.

Cristiane Araújo Amaro
Maíra Hilgemberg Alves



SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO	3
2. INTRODUÇÃO	5
3. O SOFTWARE OutorgaLS	7
3.1. Componentes	9
3.1.1. <i>Menu Principal</i>	9
3.1.2. <i>Barra de Botões</i>	17
3.1.3. <i>Mapa Principal</i>	25
3.1.4. <i>Legenda</i>	26
3.1.5. <i>Escala Gráfica</i>	27
3.1.6. <i>Mini Mapa</i>	27
3.1.7. <i>Barra de Status (Barra Inferior de Informações)</i>	27
3.2. Algoritmo de Cálculo	27
4. PROCEDIMENTOS PARA A ELABORAÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO NO OutorgaLS	30
4.1. Bases cartográfica, hidrográfica e dos usuários de água	30
4.2. Definição dos dados de demanda hídrica	31
4.2.1. <i>Consistência, correção e importação dos dados de demanda hídrica</i>	31
4.2.2. <i>Seleção dos usuários de captação hídrica superficial inseridos na bacia hidrográfica do rio Machado</i>	34
4.3. Consistência e adequação dos dados de disponibilidade hídrica	36
4.3.1. <i>Consistência dos dados de disponibilidade hídrica</i>	36
4.3.2. <i>Adequação dos dados de disponibilidade hídrica para outorga</i>	54
4.4. Esquematização para a montagem da rede de simulação	60
4.4.1. <i>Montagem topológica de uma rede de simulação no OutorgaLS</i>	61
4.4.2. <i>Identificação dos elementos da rede de simulação</i>	66
4.4.3. <i>Definição das vazões de referência nos links da rede de simulação</i>	71
4.4.4. <i>Determinação da vazão de regularização dos reservatórios</i>	74
4.5. Importação dos dados de disponibilidade e de demanda hídricas no OutorgaLS	76
4.6. Problemas comumente encontrados durante a montagem de uma rede de simulação	80
4.7. Resumo de montagem de uma rede de simulação	81
5. METODOLOGIA DE EMPREGO DA FERRAMENTA OutorgaLS NO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS	89
5.1. Procedimentos para inserção de novo ponto de captação hídrica na rede OutorgaLS	89
5.2. Gerenciamento e análise do balanço hídrico no OutorgaLS	91
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

NOTA TÉCNICA DO SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO AOS PROCESSOS DE OUTORGA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS PARA O ESTADO DE RONDÔNIA

PROCEDIMENTOS PARA MONTAGEM DA REDE DE SIMULAÇÃO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A água é uma fonte natural e limitada, imprescindível para a vida dos seres vivos, visto que o seu consumo tende a aumentar com o passar dos anos, devido ao desenvolvimento da sociedade, tanto no aspecto de densidade populacional como de atividade econômica. No entanto, o desenvolvimento das atividades econômicas que necessitam de água deve estar atrelado à disponibilidade hídrica, para que não haja conflitos por água no presente e no futuro.

De acordo com o Conjuntura (ANA, 2017), em 2016, no Brasil a atividade de irrigação (46,6%) indicou uma maior retirada de água, seguida pelas demais atividades, como abastecimento urbano (23,3%), indústria (9,2%), abastecimento rural (1,6%), mineração (1,6%), termelétrica (10,3%) e uso animal (7,9%). Para este mesmo ano, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia – PERH/RO (RHA, 2018), o estado de Rondônia apresentou um maior consumo de água para a atividade de dessedentação animal (42%), em relação às outras atividades, como abastecimento urbano (29%), termelétrica (12%), irrigação (10%), indústria (5%), e abastecimento rural (2%).

Para suprir esta demanda hídrica, o estado de Rondônia tem uma disponibilidade hídrica proveniente de uma extensa rede hidrográfica, a qual é compartimentada em 7 bacias hidrográficas (rio Abunã, rio Guaporé, rio Jamari, rio Machado, rio Madeira, rio Mamoré e rio Roosevelt). E para facilitar a gestão dos recursos hídricos no estado de Rondônia, estas bacias hidrográficas foram subdivididas em 19 Unidades Hidrográficas de Gestão (UHG), denominadas Alto Rio Madeira, Margem Esquerda do Rio Madeira, Médio Rio Madeira, Baixo Rio Madeira, Alto Rio Machado, Médio Rio Machado, Rio Jaru, Baixo Rio Machado, Alto Rio Jamari, Margem Direita do Rio Jamari, Margem Esquerda do Rio Jamari, Baixo Rio Jamari, Rio Roosevelt, Baixo Rio Guaporé, Médio Rio Guaporé, Rios Branco e Colorado, Alto Rio Guaporé, Rio Mamoré e Rio Abunã. Conforme sugerido pelo PERH/RO (RHA, 2018), a disponibilidade hídrica do estado deve corresponder a $Q_{95\%}$ (vazão que em 95% do tempo é igualada ou superada), porém, o percentual da real disponibilidade hídrica passível de outorga depende das características de cada UHG, a qual pode variar de 60% a 80% da $Q_{95\%}$ (RHA, 2018).

Diante deste panorama, a quantificação do balanço hídrico, ou seja, a determinação da diferença entre a disponibilidade hídrica e a demanda hídrica torna-se um parâmetro essencial na

gestão dos recursos hídricos, principalmente diante da tomada de decisão para outorga de direito de uso da água superficial.

Com o objetivo de fornecer uma ferramenta que auxilie os gestores da SEDAM no suporte à decisão para outorga do uso do recurso hídrico superficial, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA), possibilitaram o desenvolvimento de uma pesquisa aplicada na área de sistemas da informação de recursos hídricos, que visa o desenvolvimento de ferramentas para auxiliar na gestão dos recursos hídricos.

Desta forma, a pesquisa aplicada convergiu para a seleção de um *software* de uso livre capaz de aperfeiçoar a decisão dos pedidos de concessão de outorgas de águas superficiais no estado de Rondônia. Depois de pesquisas sobre a existência de opções com as características desejadas, optou-se pelo Sistema de Suporte à Decisão - SSD OutorgaLS, programa composto por algoritmos capazes de realizar a alocação da água de forma otimizada, o qual depende da elaboração de uma rede de simulação composta por um banco de dados personalizado que incluem, dentre outras informações, os valores de disponibilidade e demanda hídricas superficiais, inseridos de acordo com a disposição espacial da rede hidrográfica e com os critérios definidos na legislação de recursos hídricos do estado de Rondônia.

2. INTRODUÇÃO

Esta Nota Técnica apresenta a descrição do SSD Outorga LS, mais especificamente, da interface Windows “usuário – sistema” que utiliza tecnologia SIG para consulta e manipulação das informações necessárias para as simulações.

Além da interface Windows, este documento também apresenta a descrição de um dos principais módulos do sistema, o módulo ALOCAÇÃO que é o foco desta Nota Técnica, pois o objetivo é a análise dos processos de outorga de águas superficiais na questão de disponibilidade hídrica no aspecto quantitativo.

Também são apresentados os procedimentos e requisitos necessários para a montagem de uma rede de simulação no OutorgaLS, tendo como área de aplicação a bacia hidrográfica do rio Machado, no estado de Rondônia.

Os procedimentos dizem respeito principalmente à criação de um banco de dados que contém as informações hidrológicas (disponibilidade hídrica) e dos usuários (demandas) existentes na bacia hidrográfica em estudo, o qual foi integrado a um sistema de informações geográficas e atrelado à rede de simulação.

Já os requisitos constam de uma série de condições que precisam ser atendidas para que as informações geradas e posteriormente inseridas no programa sejam adequadas ao propósito de analisar as condições hidrológicas da bacia hidrográfica frente às demandas solicitadas, tornando a tomada de decisão mais consciente da realidade local.

Os valores de disponibilidade hídrica da bacia do rio Machado foram obtidos mediante uma consistência e análise criteriosa das vazões de referência estipulados no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia (PERH/RO) frente aos valores de vazão observados nos postos existentes na bacia em questão.

Esta Nota Técnica mostra a metodologia aplicada para a montagem de uma rede de simulação do “zero” (do início) usando o OutorgaLS, tendo como estudo de caso, a bacia do rio Machado, levando em consideração a hidrografia da região juntamente com as informações de disponibilidade hídrica e de demandas dos usuários de água da região.

Portanto, este documento servirá como um guia para a elaboração de outras redes de simulação, caso essa ferramenta seja aplicada para as outras bacias hidrográficas do estado de Rondônia.

A primeira parte da Nota Técnica visa a apresentação das funcionalidades do programa OutorgaLS, a segunda parte apresenta os procedimentos para a obtenção das informações que

serviram como dado de entrada para a rede de simulação, finalizando com a aplicação das funcionalidades e procedimentos na montagem da rede de simulação para a bacia do rio Machado.

A Nota Técnica finaliza com algumas diretrizes para o emprego da ferramenta no dia a dia do analista técnico, no que se refere à inserção de um novo pedido de outorga (novo usuário), bem como às questões relacionadas à análise e ao gerenciamento do balanço hídrico.

3. O SOFTWARE OutorgaLS

O *software* escolhido como ferramenta de suporte à decisão para a concessão de outorga do uso da água superficial para o estado de Rondônia foi o aplicativo denominado OutorgaLS (Plataforma Generalizada para Análise de Concessão de Outorga para Captação de Água e para Lançamento de Efluentes), cuja tela de inicialização é apresentada na FIGURA 1.

O OutorgaLS é uma ferramenta de SSD (Sistema de Suporte à Decisão) utilizada para solucionar problemas relacionados à outorga por meio do cálculo do balanço hídrico. O OutorgaLS é uma adaptação do AcquaNet desenvolvido pelo LabSid da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, o qual adota o modelo de rede de fluxo composta por reservatórios, demandas e trechos de canais para a simulação de bacias hidrográficas (EPUSP, 2012).

O modelo armazena todos os dados de entrada e resultados em Bancos de Dados no formato do Microsoft Access, aproveitando a estrutura e a funcionalidade possibilitada pela utilização de arquivos neste formato.

FIGURA 1

Tela de inicialização do OutorgaLS

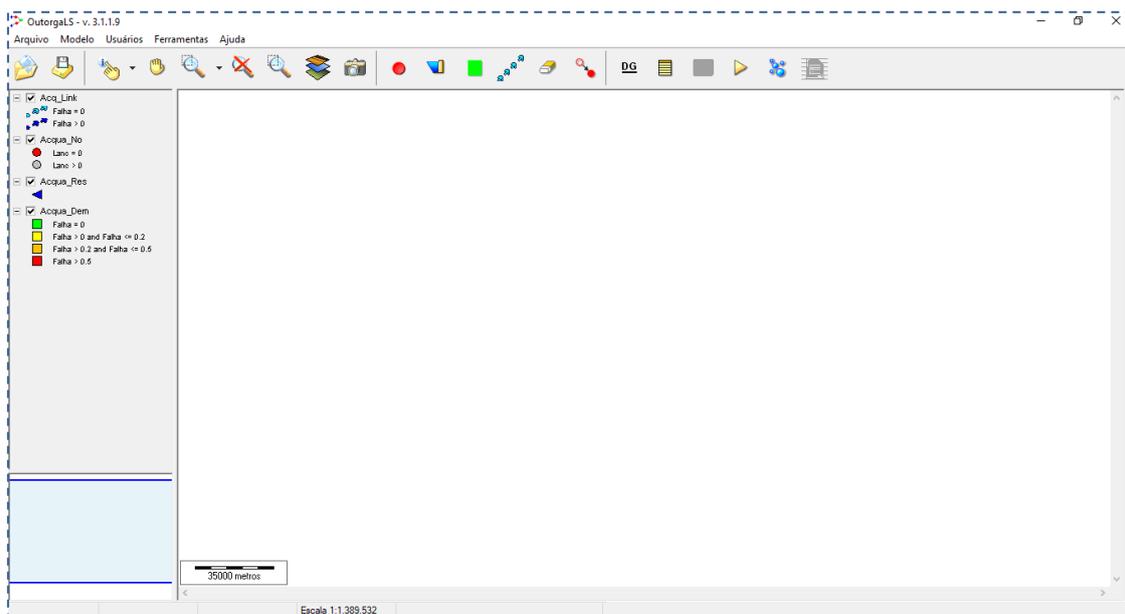


Elaboração do autor.

O OutorgaLS possui uma interface gráfica (FIGURA 2), o modelo de alocação de água (módulo ALOCAÇÃO) e o modelo de qualidade da água (módulo QUALIDADE). A interface gráfica é composta por um sistema de informações geográficas (SIG), onde é possível inserir *layers* elaborados previamente em outros *softwares*, e por uma topologia, que deve ser elaborada pelo usuário no próprio programa, a qual é composta de reservatórios, demandas, nós e links (FIGURA 3).

FIGURA 2

Tela principal do OutorgaLS



Elaboração do autor.

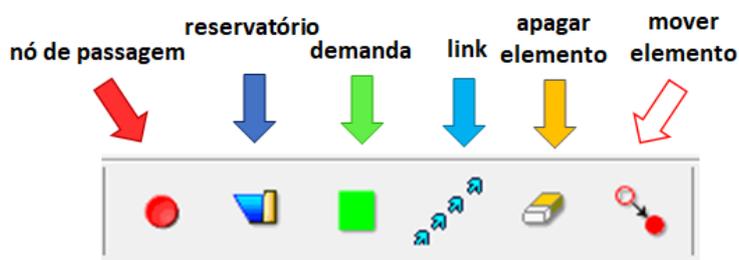
A principal vantagem desse modelo é o seu fácil manuseio, pois é simples, objetivo e amigável com o usuário, além da vantagem do emprego da otimização nos cálculos de alocação da água, ao invés de utilizar o processo montante-jusante (Ravanello, 2007).

A interface do sistema permite que o usuário avalie os resultados da simulação na tela, por meio da identificação das demandas que não foram atendidas (falha no nó de demanda).

O banco de dados do *software* pode ser manipulado, no qual os dados são organizados e armazenados em tabelas, além disso, algumas das informações contidas nele podem ser solicitadas através das feições geográficas chamadas *layers*, e que são visualizadas na tela (FCTH, 2007).

FIGURA 3

Botões do programa para desenhar a topologia



Fonte: adaptado EPUSP (2012).

Algumas das partes integrantes desta Nota Técnica que descrevem as características e funcionalidades do OutorgaLS (itens seguintes) foram retiradas do Manual original do programa (EPUSP, 2012), disponível em <http://www.labsid.eng.br/software.aspx?id=11>.

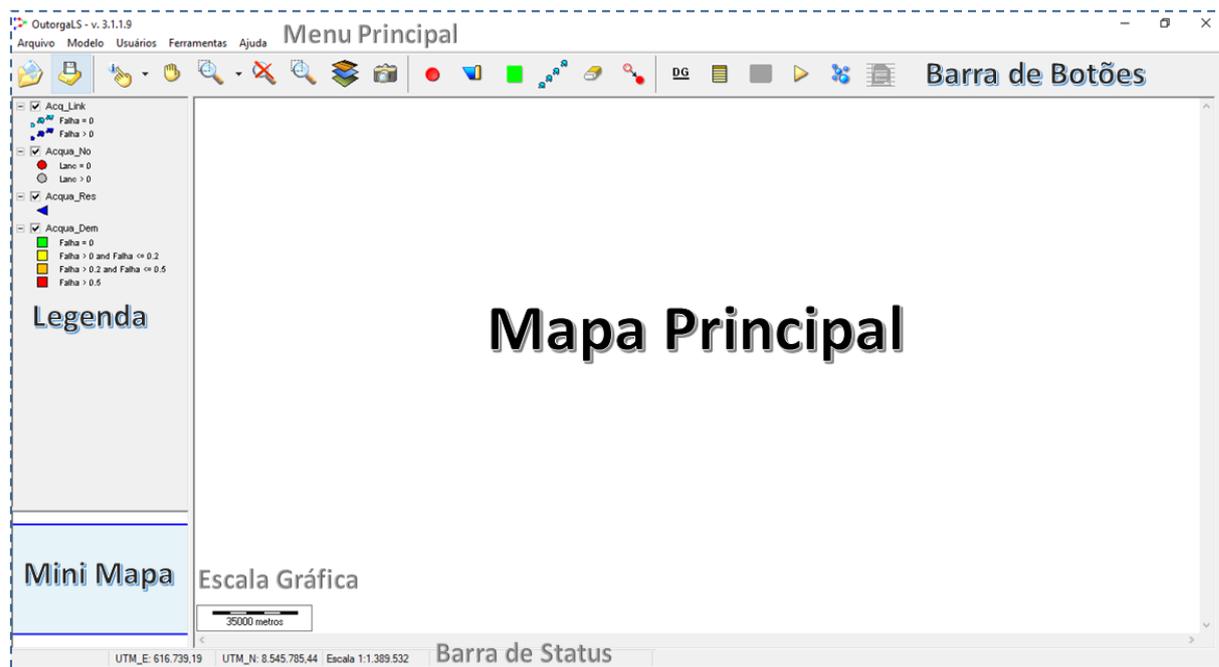
3.1. Componentes

A interface usuário-sistema do SSD OutorgaLS (FIGURA 4) é composta por um Menu Principal, uma Barra de Botões, uma barra inferior de informações (Barra de Status) e três quadros de dimensões ajustáveis (área da legenda, mapa principal e mini mapa).

A FIGURA 4 mostra a tela principal na sua configuração padrão: o quadro maior contém o Mapa Principal e a Escala Gráfica, o quadro no canto superior esquerdo contém a relação dos *layers* carregados (Legenda) e o quadro no canto inferior esquerdo mostra um Mini-Mapa, que serve de referência ao que está sendo mostrado no mapa principal. Estes três quadros podem ser redimensionados clicando e arrastando as suas molduras.

FIGURA 4

Interface usuário-sistema



Elaboração do autor.

3.1.1. Menu Principal

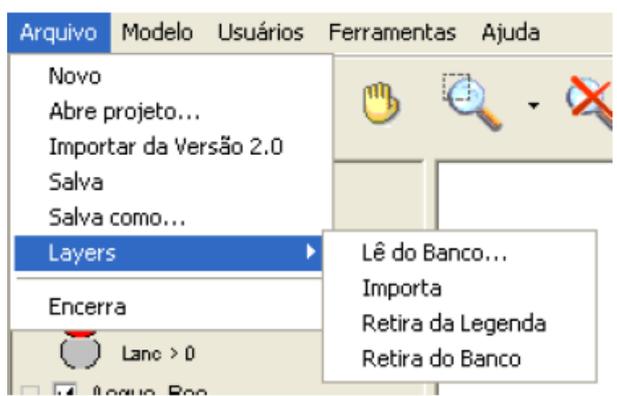
Situado na parte superior da tela, disponibiliza a maioria das funções e opções existentes no SSD, é composto por quatro itens: Arquivos, Usuários, Ferramentas e Topologia:

A) ARQUIVOS

Este menu permite abrir um projeto, carregar *layers*, salvar projetos e encerrar o sistema (FIGURA 5).

FIGURA 5

Menu Principal - Arquivos



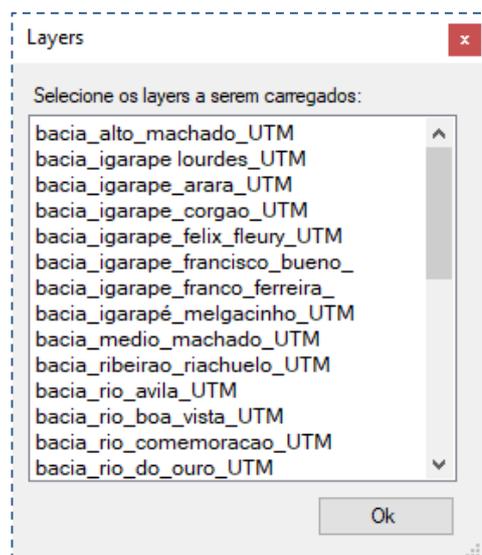
Fonte: EPUSP (2012).

As funcionalidades encontram-se descritas abaixo:

- a. *Novo*: permite criar uma nova rede;
- b. *Abre projeto*: permite abrir um projeto existente;
- c. *Importar da Versão 2.0*: importa uma rede da versão anterior do OutorgaLS;
- d. *Salva e Salva como...*: permite salvar um projeto;
- e. *Layers*: utilizado para a manipulação dos layers existentes no banco de dados:
 - *Lê do banco*: lê um layer (shape) que já foi importado anteriormente e já está no banco do OutorgaLS. Todos os layers do sistema estão gravados no banco de dados. Para que um layer possa ser visualizado, é necessário que ele seja lido ou “carregado” do banco. Ao se escolher esta opção do menu, uma lista com todos os layers é mostrada (FIGURA 6).

FIGURA 6

“Carregamento” de layer

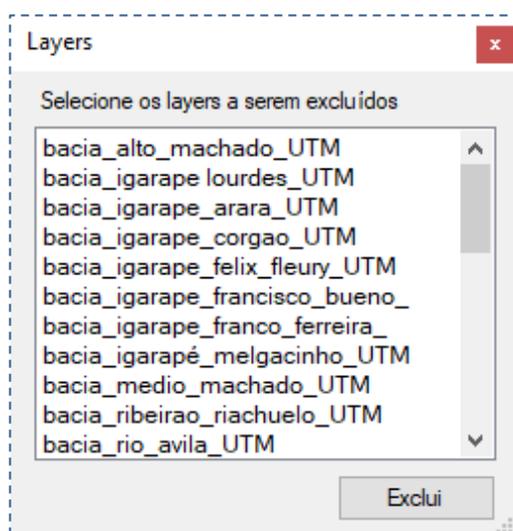


Elaboração do autor.

- Importa: Permite importar um *layer* nos formatos *shapefile* (*.shp), MapInfo TAB (*.Tab) e AutoCad DXF (*.dxf);
 - Retira da legenda: remove o *layer* da legenda, mas o mantém salvo no banco de dados;
 - Retira do banco: remove o *layer* do banco de dados e, conseqüentemente, da legenda. Essa opção permite excluir um ou mais *layers* do banco de dados. O botão “Exclui” permite tirar um ou mais *layers* selecionados (mantendo a tecla *shift* pressionada é possível selecionar mais de um *layer*). Muita atenção com o uso desta ferramenta, porque, uma vez retirado do banco, não há como recuperar o *layer* excluído (FIGURA 7).
- f. *Encerra*: fecha o OutorgaLS.

FIGURA 7

Remoção de layer do banco de dados



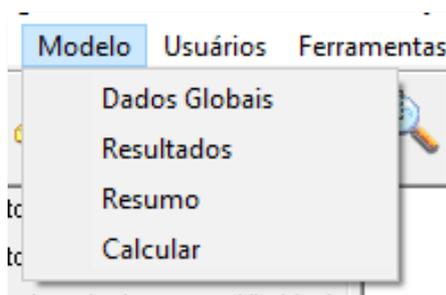
Elaboração do autor.

B) MODELO

Este menu permite manipular dados e resultados dos componentes da topologia da rede (FIGURA 8).

FIGURA 8

Menu Principal – Modelo



Elaboração do autor.

- a. *Dados Globais*: ferramenta que consiste em uma tela onde estarão todos os dados e onde será possível alterar os dados de entrada (sem ter que clicar em cada item da topologia);
- b. *Resultados*: abre a tela dos resultados;
- c. *Resumo*: apresenta uma tabela com o resumo dos resultados da simulação (FIGURA 9). Permite uma visualização geral da situação da rede;
- d. *Calcular*: roda o modelo.

FIGURA 9

Tabela de resumo

Nome	Valor
Número total de demandas:	73
Número de demandas não atendidas:	1
Número de demandas com 50% ou mais de déficit:	0
Número de demandas com 20% ou mais de déficit:	1
Vazão total solicitada (m³/s):	0,380
Vazão total outorgada (m³/s):	0,260
Número total de trechos:	7219
Número de trechos que não atendem a vazão de restrição:	0

Fechar

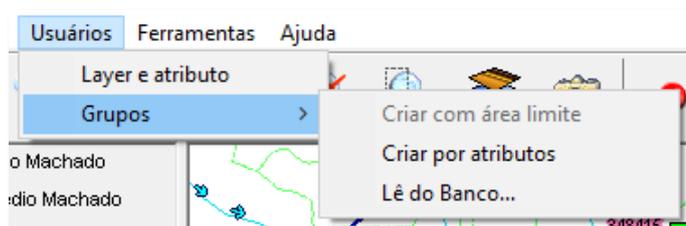
Elaboração do autor.

C) USUÁRIOS

Por meio deste menu (FIGURA 10) é possível gerenciar grupos de usuários.

FIGURA 10

Menu Principal – Usuários

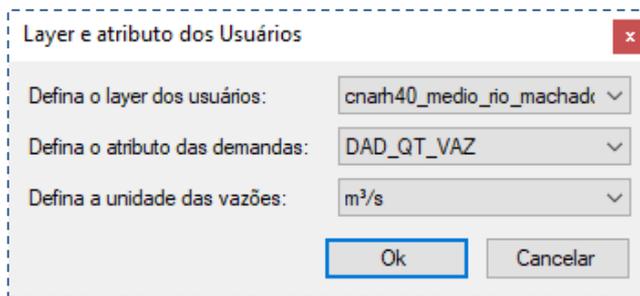


Elaboração do autor.

- a. *Layer e atributo*: caso tenha sido inserido um shape com pontos de usuários contendo atributos e vazões, os usuários devem ser posteriormente definidos no sub-menu (FIGURA 11);

FIGURA 11

Tabela de layer e atributos



Elaboração do autor.

b. Grupos:

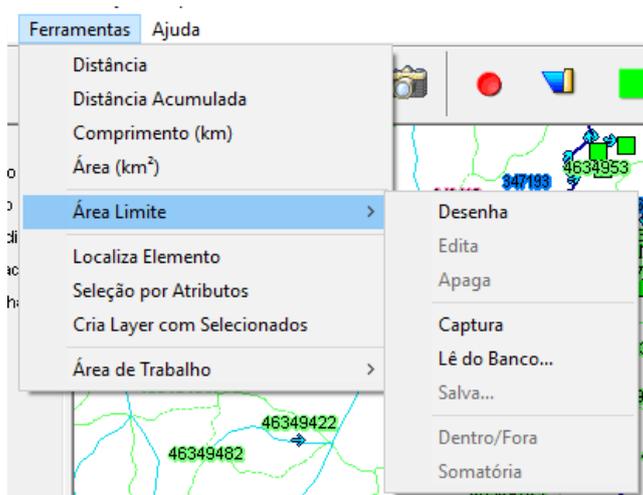
- Criar por Área Limite: cria um grupo de usuários de acordo com sua área limite, definida no menu Ferramentas – Área Limite;
- Criar por Atributo: cria um grupo de usuários conforme a semelhança de seus atributos;
- Lê do Banco: essa opção existe para o caso de ser gravado previamente um grupo de usuários com as opções Criar por Área Limite ou Criar por Atributo no banco do OutorgaLS.

D) FERRAMENTAS

O menu ferramentas tem como finalidade ajudar na obtenção de informações dos componentes da rede (FIGURA 12).

FIGURA 12

Menu Principal – Ferramentas



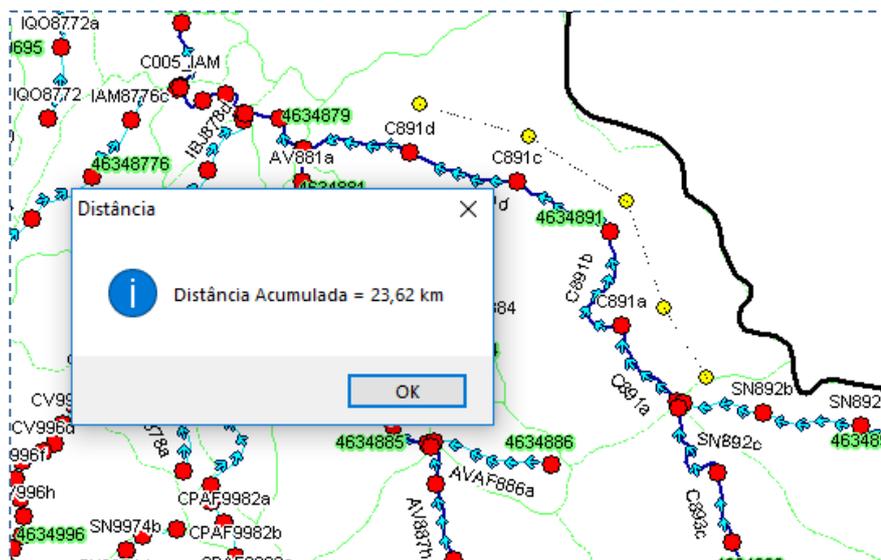
Elaboração do autor.

- a. *Distância*: com esta ferramenta, é possível obter a distância em km entre dois pontos definidos pelo usuário no Mapa Principal.

- b. *Distância Acumulada*: esta ferramenta funciona praticamente da mesma forma que Distância, porém, ao ser habilitada, a função continua sendo executada a cada clique, acumulando os valores da distância em km a cada ponto clicado, conforme mostra a FIGURA 13 a seguir.

FIGURA 13

Ferramenta Distância Acumulada (detalhe para os vários pontos clicados em amarelo)



Elaboração do autor.

O resultado vai sendo mostrado na Barra de Status, mas a caixa com o resultado final só aparece quando a função for finalizada através de um clique com o botão direito.

Ao clicar no botão “OK” para fechar a caixa de resultado, a ferramenta permanece habilitada para reiniciar a função. Para encerrá-la definitivamente, deve-se clicar novamente com o botão direito do *mouse*.

E) COMPRIMENTO

Esta ferramenta só funciona para *layer* com feição Linha e que esteja ativo, por exemplo, a Hidrografia. Ao clicar nesta ferramenta, o cursor fica habilitado para selecionar no Mapa Principal a linha da qual se deseja saber o comprimento e na Barra de Status aparece a mensagem “Clique numa linha”. Com um clique sobre a linha, ela fica piscando por aproximadamente um segundo, para que seja identificada, e então se abre uma janela com o resultado do comprimento.

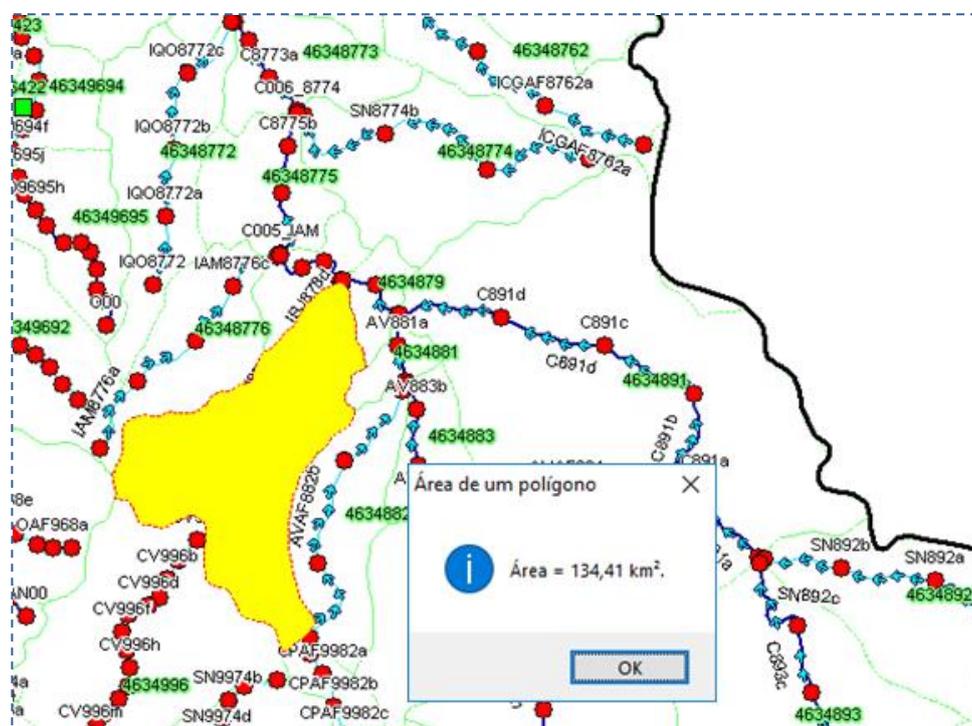
F) ÁREA

Com esta ferramenta é possível obter a área de um polígono mostrado no Mapa Principal (FIGURA 14). Ao clicar nesta ferramenta, o cursor fica habilitado para selecionar o polígono do qual se deseja obter a área e na Barra de Status aparece a mensagem “Clique num polígono”. Com um clique sobre o polígono escolhido, ele fica piscando por aproximadamente um segundo, para que

seja identificado, e então se abre uma caixa com o resultado da área. Clique no botão "OK" para fechar a caixa de resultado e clique com o botão direito do *mouse* para encerrar esta ferramenta.

FIGURA 14

Exemplo de resultado da Área para um polígono selecionado



Elaboração do autor.

G) ÁREA LIMITE

Permite criar uma área delimitada e manipulá-la (desenhar, editar, apagar, etc.). É importante para a questão do agrupamento de usuários (dentro de uma Área Limite). O elemento criado passa a ser um *layer*.

Ao clicar nesta ferramenta, o cursor fica habilitado para definir o primeiro ponto e, na Barra de Status, é indicado que o comando termina quando se clica com o botão direito do *mouse*.

Para a criação e manipulação das áreas limites, são utilizados os seguintes comandos:

- Desenha*: são necessários pelo menos três pontos para a criação de uma área (FIGURA 15);
- Edita*: permite a edição dos pontos; ao escolher esta opção, o cursor torna-se uma "mãozinha" e aparecem os pontos guias, os quais podem ser arrastados mudando assim a área delimitada;
- Apaga*: apaga uma Área Limite, com a opção de salvar ou não a área no banco de dados;
- Captura*: este comando permite criar uma Área Limite, por meio da seleção de polígonos;
- Lê do banco....*: possibilita recuperar uma área já salva no banco de dados;

shape). Primeiramente, é preciso escolher o *layer* ao qual pertence o elemento, depois um atributo e, ao se selecionar este, é possível saber quantos elementos existem para este atributo, e escolhido o qual se quer, o resultado apresenta-se em uma planilha com todas as características deste elemento. Por fim, clica-se em “Localiza” e o elemento em questão fica selecionado, permitindo enxergar a sua localização na rede. **A visualização do elemento é facilitada quanto mais perto estiver o zoom da tela e ele se apresenta selecionado por um retângulo na cor vermelha de modo bem discreto.**

I) SELEÇÃO POR ATRIBUTOS

Esta ferramenta permite que um dado elemento seja selecionado através de seus atributos, submetidos a uma, duas e/ou três condições, conforme a escolha do usuário.

J) CRIA LAYER COM SELECIONADOS

Esta opção permite que seja criado um *layer* a partir de elementos previamente selecionados em *layers* já existentes. Ao se clicar nesta opção, uma janela para fornecer o nome do novo *layer* será aberta. O novo *layer* contendo os elementos selecionados será inserido no banco de dados do sistema e na legenda.

K) ÁREA DE TRABALHO

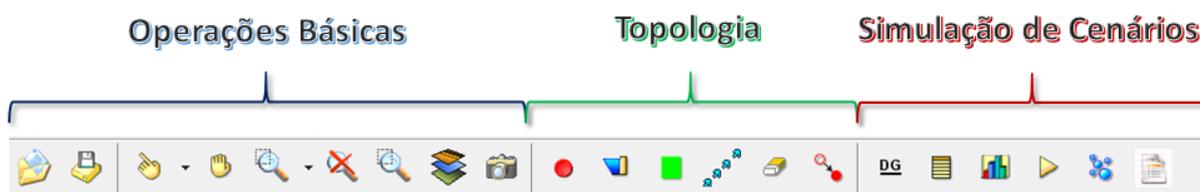
Este comando permite aproximar ou afastar a rede do usuário, através dos comandos Aumenta (aproxima) e Diminui (afasta). Também é possível ajustar o zoom do mapa à rede.

3.1.2. Barra de Botões

A Barra de Botões, localizada logo abaixo do Menu Principal, possui os botões necessários para as operações básicas, desenho de topologias e simulação de cenários (FIGURA 17).

FIGURA 17

Barra de Botões



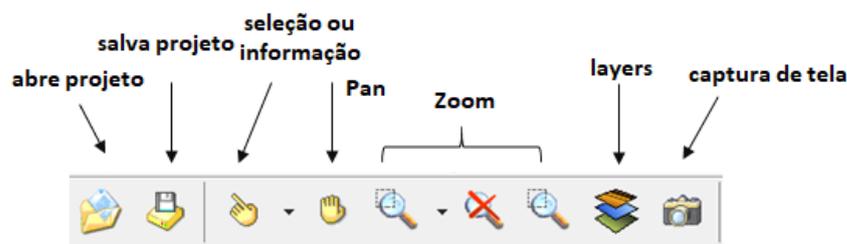
Elaboração do autor.

A) OPERAÇÕES BÁSICAS

As operações básicas consistem nos procedimentos necessários para o usuário iniciar a utilização do programa, posicionar na tela os elementos desejados, visualizar as informações existentes, escolher a função do cursor e etc. (FIGURA 18). Envolve os comandos de deslocamento do mapa (ferramenta *pan*), a escolha do nível de detalhe (ferramenta *zoom*) e a escolha do elemento desejado (clique com cursor do *mouse*).

FIGURA 18

Barra de botões – Operações básicas



Elaboração do autor.

Na sequência estão descritos os comandos.

- a. *Abre projeto*: abre um projeto existente;
- b. *Salva projeto*: grava um projeto;
- c. *Seleção/Informação*: seleciona ou fornece informações sobre componentes;
- d. *Pan*: serve para fazer a translação do mapa em qualquer direção. Não é possível deslocar a imagem quando ela está na posição de mínimo *zoom*, isto é, quando ela está inteira na tela. É preciso que exista algum grau de *zoom* para que a imagem possa ser deslocada;
- e. *Nível de detalhes (zoom)*: serve para “afastar” ou “aproximar” a imagem mostrada no mapa principal. Algumas opções de zoom permanecem ativas quando selecionadas. Nestes casos, este botão muda a sua imagem de forma a refletir a opção de zoom escolhida com quatro opções:
 - Ajustar à janela: mostra a imagem toda na tela. É a posição de início do programa. Esta é a posição de mínimo *zoom*, isto é, não é possível diminuir a imagem além deste ponto;
 - Zoom-Área: mostra uma área delimitada pelo usuário. Para acionar esta ferramenta clique no botão ou tecle a letra “Z”. Uma vez acionada, clique num ponto da tela e arraste. Enquanto o cursor do *mouse* é arrastado, um retângulo vai sendo desenhado indicando a área que será mostrada na tela. Quando o retângulo estiver no tamanho desejado, solta-se o botão do *mouse*. Arrastando o retângulo para a direita, amplia-se (aproxima-se) a imagem e, para a esquerda, afasta-se. Quando esta ferramenta é acionada, o cursor assume a forma de uma lupa e ela permanece ativa para que a operação possa ser repetida. Para voltar ao cursor normal, clique com o botão direito do *mouse*. Além das opções disponibilizadas pelos botões, a ferramenta Zoom ainda pode ser acionada pelas teclas “+” (aproxima), “-” (afasta) e pelo *scroll* do *mouse*: para frente aproxima e para trás afasta;
 - Zoom Arraste: Para acionar esta ferramenta, clique no botão. Arrastando o *mouse* para baixo amplia-se (aproxima-se) a imagem e para cima afasta-se;

- Zoom Anterior: mostra a última visualização disponível, isto é, retorna a tela gráfica ao zoom anterior.
- f. *Adicionar layers*: permite adicionar layers ao projeto.
- g. *Captura de Imagens da Tela*: a imagem do mapa principal é copiada para a área de transferência do Windows e fica disponível para ser colada em documentos de texto, em planilhas eletrônicas, etc. através do comando “Colar” destes aplicativos.

FUNÇÃO DO BOTÃO DIREITO DO MOUSE (NA ÁREA DO MAPA PRINCIPAL)

Clicando-se com o botão direito do mouse na área do mapa principal podem ser acessadas as seguintes funções:

- *Área Limite*: manipula uma Área Limite;
- *Deseleciona*: desativa a função seleciona;
- *Encerra traçado*: finaliza o traçado da rede;
- *Zoom*: ativa a função de aproximação da tela;
- *Pan*: ativa a função de deslocamento da tela.

Clicando-se com o botão direito do mouse sobre uma topologia da rede de simulação, ela é selecionada e abre-se uma janela para a edição das informações do elemento.

FUNÇÃO DO BOTÃO ESQUERDO DO MOUSE (NA ÁREA DO MAPA PRINCIPAL)

Clicando-se com o botão esquerdo do mouse sobre uma feição geográfica, ela é selecionada e abre-se uma janela com informações sobre o elemento.

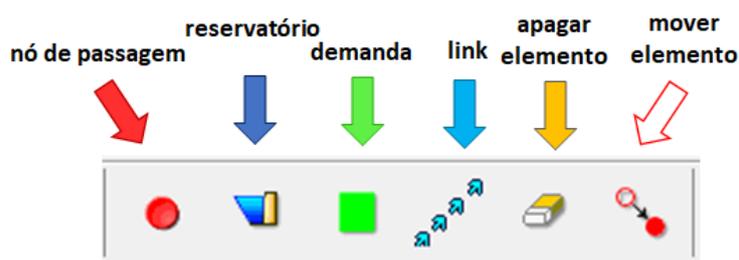
B) TOPOLOGIA

DESENHO E EDIÇÃO

O software OutorgaLS permite a criação e edição de elementos que compõem uma rede de simulação. Para desenhar e editar a topologia da rede de simulação, a barra de botões disponibiliza as opções indicadas na FIGURA 19.

FIGURA 19

Barra de botões – Desenho da topologia



Elaboração do autor.

- a. **nó de passagem**: cria um nó de passagem que deve ser colocado no início e nas confluências de rios;
- b. **reservatório**: cria um reservatório e pelo menos um deve ser colocado (obrigatoriamente) no início da rede de simulação, com sua respectiva vazão de regularização;
- c. **demanda**: cria um nó de demanda que deve ser ligado, a partir de um nó de passagem, por meio de um *link*;
- d. **link**: cria um *link*, o qual tem a função de ligar um nó a outro (de passagem, de demanda ou reservatório);
- e. **apaga elementos**: apaga qualquer elemento, caso seja um nó ou uma demanda, o *link* correspondente também é removido;
- f. **move elementos**: desloca nós (de passagem, de demanda ou reservatório), juntamente com o *link* correspondente.

A FIGURA 20 mostra um exemplo de traçado de uma rede de simulação.

FIGURA 20
Exemplo de traçado



Elaboração do autor.

Algumas observações devem ser levadas em consideração no momento da elaboração da topologia:

- **Demanda no final da rede (Dreno)**: deve ser colocada para evitar que as demandas anteriores recebam mais do que precisam. Esta demanda deve ser de ordem de grandeza bem acima das demais, com prioridade 99 (pior);

- **A vazão de restrição (vazão mínima):** não entra no cálculo. No resultado do modelo é que aparece se ela foi ou não atendida. Isso acontece porque o algoritmo utilizado (Out-Of-Kilter) não roda se a vazão de restrição for definida como obrigatória;
- **É necessário colocar pelo menos um reservatório na topologia no início de rede, com a vazão regularizada igual a zero, caso contrário o Out-Of-Kilter não roda.**

C) SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

Construída a topologia, é necessário determinar as informações sobre seus componentes e simular o seu comportamento e obter resultados (FIGURA 21).

FIGURA 21

Barra de botões – Simulação da topologia



Elaboração do autor.

- Definições gerais:** para o módulo QUALIDADE permite definir as condições naturais para as variáveis de qualidade da água, bem como selecionar quais serão simuladas e também decidir se a velocidade de escoamento será dada manualmente ou calculada mediante as características do canal. É possível também visualizar as classes de enquadramento com os seus respectivos limites mínimo e máximo de cada parâmetro de qualidade da água utilizado na simulação para cada classe, segundo a Resolução CONAMA Nº 357/2005 (*lembrando que essa Nota Técnica se refere somente às análises quantitativas*);
- Dados globais:** ferramenta que acessa uma tela onde estarão todos os dados dos elementos presentes na rede e que serão utilizados nas simulações tanto para os módulos ALOCAÇÃO como de QUALIDADE, no qual será possível alterar os dados de entrada (sem ter que clicar em cada item da topologia):
 - **Reservatórios:** permite a visualização ou alteração das condições iniciais dos reservatórios para diversas variáveis de qualidade da água, para o módulo QUALIDADE;
 - **Demandas:**
 - no módulo QUALIDADE permite a visualização ou alteração dos dados de concentração das variáveis de qualidade da água presentes no lançamento e no tratamento;
 - no módulo ALOCAÇÃO permite a visualização ou alteração dos seguintes dados:
 - Demanda (m^3/s): valor da demanda;

- Prioridade: prioridade de atendimento da demanda;
 - Lançamento (m^3/s): valor da vazão de lançamento;
 - Ponto de lançamento: ponto da rede aonde ocorre o lançamento.
- *Nós de Passagem*: permite a visualização ou alteração dos dados de lançamento e tratamento (%) das variáveis de qualidade da água nos nós de passagem; os nós de passagem mudam de cor, segundo seus respectivos lançamentos. As cores são apresentadas na legenda (FIGURA 22).

FIGURA 22

Representação dos nós de passagem na legenda

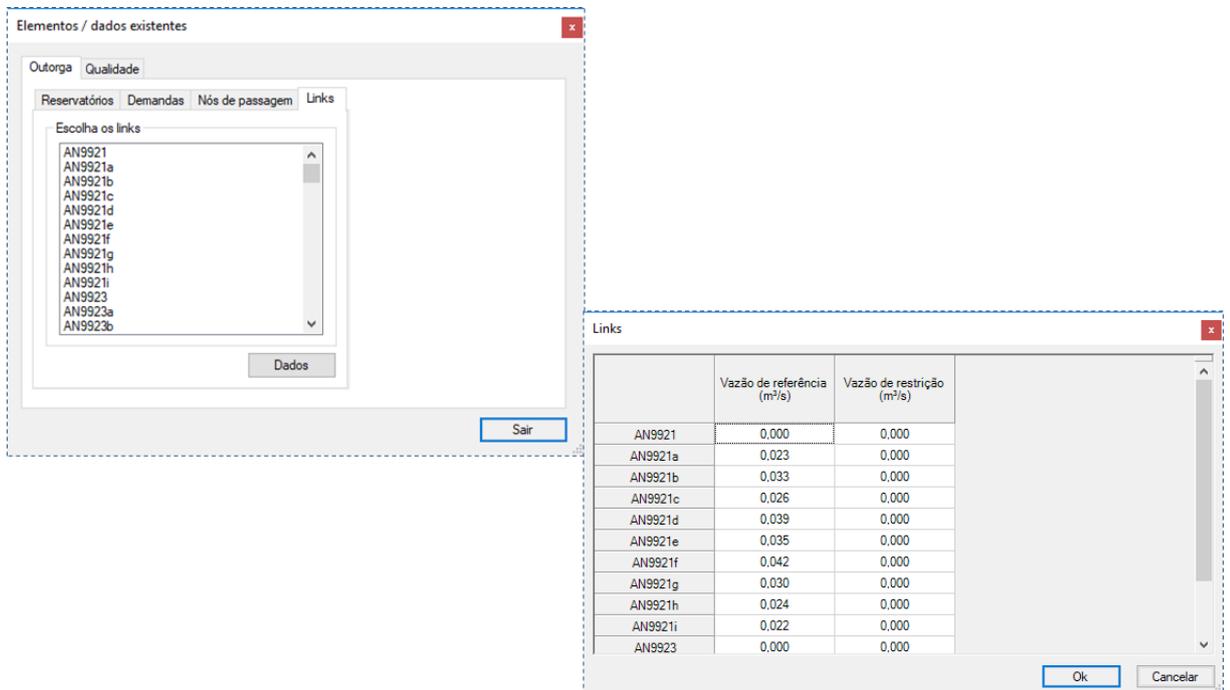


Elaboração do autor.

- *Links*: permite a visualização ou alteração dos dados característicos e de cálculo dos *links* (FIGURA 23).

FIGURA 23

Dados Globais



Elaboração do autor.

- c. *Resultados*: permite acessar os resultados da simulação. Este botão só é habilitado após executada a simulação;

- d. *Calcular*: permite executar a simulação e após executada a simulação, as opções de resultados ficam habilitadas;
- e. *Qualidade*: ativa a simulação no modo QUALIDADE;
- f. *Resumo*: exibe a tabela de resumo dos resultados. Esta função só é habilitada após a execução dos cálculos (vide FIGURA 9, página 12).

D) RESULTADOS

- a. *Resultados de demandas*: permite acessar os resultados da simulação para as demandas;

No modo ALOCAÇÃO, são disponibilizados os seguintes resultados:

- Vazão incremental (m^3/s): representa a vazão adicionada que chega à demanda, isto é, vazão de referência do link anterior à demanda (dado de entrada); é a contribuição do trecho;
- Vazão de montante (m^3/s): representa a vazão que entra a montante de uma demanda, consiste na vazão que está chegando à demanda, já retirados os usos anteriores (calculada pelo programa);
- Vazão total afluyente (m^3/s): vazão que chega à demanda, que é a soma da vazão incremental e vazão de montante (calculada pelo programa);
- Vazão efluente (m^3/s): vazão que sai da demanda. Consiste na vazão que está saindo da demanda, já retirados os usos anteriores (calculada pelo programa);
- Lançamento desejado (m^3/s): vazão que se pretende lançar (dado de entrada);
- Lançamento efetuado (m^3/s): vazão efetivamente lançada por ocasião dos cálculos. Caso a captação requerida não seja atingida totalmente, o lançamento vai ser proporcional ao que foi captado;
- Ponto de lançamento: nó onde será descarregado o lançamento (dado de entrada);
- Déficit: ocorre quando a demanda é maior que a vazão de montante, isto é, a vazão não é suficiente para atender à demanda; demanda com falha é demanda com déficit (calculado pelo programa).

No canto inferior direito de cada planilha existem três opções (FIGURA 24), que permitem escolher os tipos de resultados a serem apresentados: aqueles que falharam, aqueles que não falharam, ou ambos.

FIGURA 24

Resultados para Demandas (ALOCAÇÃO)

Nome	Vazão incremental (m³/s)	Vazão de montante (m³/s)	Vazão total afluyente (m³/s)
Dreno	0,000	142,110	142,110
Z307789	0,000	0,000	0,000
Z307837	0,000	0,000	0,000
Z342229	0,000	0,000	0,000
Z342250	0,000	0,000	0,000
Z342686	0,000	0,000	0,000
Z342736	0,000	0,000	0,000
Z342751	0,000	0,000	0,000
Z342756	0,000	0,000	0,000
Z342790	0,000	0,000	0,000

Elaboração do autor.

Os nós de demanda mudam de cor segundo suas respectivas falhas. As cores são apresentadas na legenda (FIGURA 25).

FIGURA 25

Resultados dos nós de demanda

Cor	Descrição
Verde	Falha = 0
Amarelo	Falha > 0 and Falha <= 0.2
Laranja	Falha > 0.2 and Falha <= 0.5
Vermelho	Falha > 0.5

Elaboração do autor.

b. *Resultados de links*: permite acessar os resultados da simulação para os *links*. No modo ALOCAÇÃO, é apresentada para cada *link* uma planilha com os seguintes elementos:

- Vazão no *link* (m³/s): vazão no início do trecho;
- Vazão de restrição (m³/s): dado de entrada;
- Falha no link: quando a vazão no início do *link* é menor que a vazão de restrição;
- Vazão de referência (m³/s): dado de entrada;
- Vazão no ponto de jusante (m³/s): vazão no final do *link*, vazão no início do *link* mais vazão de referência.

Os *links* mudam de cor segundo suas respectivas falhas. As cores são apresentadas na legenda (FIGURA 26).

FIGURA 26

Representação dos links na legenda



Elaboração do autor.

- c. *Resultados de reservatórios*: permite acessar os resultados da simulação para os reservatórios. No modo ALOCAÇÃO, para cada reservatório, é apresentada uma planilha com os seguintes resultados:
- Vazão regularizada (m^3/s): dado de entrada;
 - Vazão de montante (m^3/s): vazão que chega ao reservatório;
 - Vazão total afluente (m^3/s): vazão regularizada incremental mais vazão de montante;
 - Vazão efluente (m^3/s): vazão que sai do reservatório.
- d. *Resultados de nós de passagem*: permite acessar os resultados da simulação para os nós de passagem. No modo ALOCAÇÃO, para cada nó de passagem, é apresentada uma planilha com os seguintes resultados:
- Vazão incremental (m^3/s): vazão de referência do *link* anterior ao nó (dado de entrada);
 - Vazão de montante (m^3/s): vazão que chega ao nó do *link* anterior;
 - Vazão transferida (m^3/s): lançamento que chega ao nó;
 - Vazão total afluente (m^3/s): vazão que chega ao nó, é a soma da vazão de montante e a vazão transferida;
 - Lançamento próprio (m^3/s): lançamento gerado no nó;
 - Vazão efluente (m^3/s): vazão total afluente mais lançamentos próprios, é a vazão que sai do nó.

3.1.3. Mapa Principal

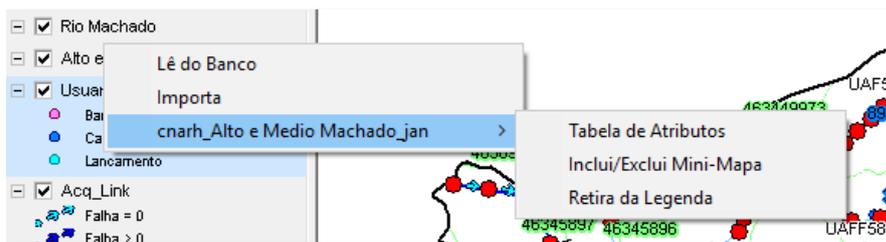
Neste quadro, são mostrados os layers escolhidos pelo usuário. No banco de dados, estão os layers que constituem a base geográfica (municípios, áreas de contribuição, hidrografia do modelo, entre outros).

3.1.4. Legenda

Para um *layer* que está no banco de dados ser mostrado, ele precisa ser lido do banco. Uma vez lido, seu nome passa a ser mostrado na listagem na legenda situada no canto esquerdo superior. Um *layer* que foi lido do banco de dados pode ser ou não visualizado na tela; a escolha é feita clicando-se no quadro de seleção à esquerda do nome. Quando se clica com o botão direito sobre o nome de um *layer*, é disponibilizado um *menu- popup* (FIGURA 27), com as seguintes opções:

FIGURA 27

Menu-Popup



Elaboração do autor.

- *Lê do Banco*: permite que se leiam do banco um ou mais *layers* que lá se encontram;
- *Importa*: carrega um *layer* que se encontra em outro local ou em outro aplicativo;
- *Nome do Layer* com os seguintes comandos:
 - *Tabela de Atributos*: mostra a tabela com os atributos de todos os elementos deste *layer*;
 - *Inclui/Exclui Mini-Mapa*: opção de visualizar ou não o mini-mapa;
 - *Retira da Legenda*: retira o *layer* da lista, liberando a memória utilizada por ele e melhorando a performance de visualização do programa, ao contrário, de quando somente é controlada a sua visualização (quadro de seleção à esquerda do nome).

O quadro da legenda ainda tem mais duas funções:

- *Ordem*: a ordem em que os *layers* são desenhados é a ordem em que eles aparecem nesta lista, isto é, o desenho do mapa começa com o *layer* no topo da lista e vai desenhando os outros na sequência. Alterar a ordem é importante para controlar a superposição de imagens, evitando que um *layer* possa encobrir informações de outro, para isto clique e arraste o nome de um *layer* para a posição desejada;
- *Características visuais*: altera as características com um duplo clique no nome do *layer* disponibilizando uma janela onde as características de cada *layer* e seus componentes podem ser ajustados.

3.1.5. Escala Gráfica

Situada na parte inferior do quadro principal, a escala gráfica é uma forma visual de se ter uma ideia das dimensões mostradas na tela. Ela funciona de modo automático, se adequando à medida que o usuário altera o nível do zoom.

3.1.6. Mini Mapa

O quadro localizado no canto inferior esquerdo contém um mini mapa que serve como uma referência do que está sendo mostrado no mapa principal. Neste mini mapa, existe um retângulo de bordas azuis, que representa a área sendo mostrada no mapa principal, seu tamanho é ajustado automaticamente em função do nível de zoom e do deslocamento dado pelo usuário no mapa principal; também é possível arrastá-lo até a posição desejada e o mapa principal também se deslocará, ou clicando numa posição específica.

3.1.7. Barra de Status (Barra Inferior de Informações)

Na parte inferior da tela existe uma Barra de Status (informações) com quatro campos:

- *Campos 1 e 2*: mostram a posição corrente do cursor no mapa, a partir das coordenadas UTM E (leste) e UTM N (norte);
- *Campo 3*: mostra a escala numérica na qual o mapa está sendo visualizado;
- *Campo 4*: este campo normalmente fica vazio, fornece informações específicas para determinadas ferramentas ou operações realizadas no programa.

3.2. Algoritmo de Cálculo

O OutorgaLS é um modelo de rede de fluxo, o qual é matematicamente representado por nós e arcos, em que os nós são os pontos da rede para onde convergem ou de onde saem os fluxos e os arcos são as ligações entre os nós que transportam os fluxos. No caso do OutorgaLS os fluxos são as vazões, que são as variáveis de decisão do modelo. A FIGURA 28 ilustra esquematicamente a rede fluxo.

FIGURA 28

Representação de uma rede de fluxo com nós e arcos



Fonte: Carvalho et al. (2009)

O modelo considera que os arcos são limitados por uma capacidade de transporte mínima e máxima, que a soma dos quantitativos dos fluxos que chegam a um nó é igual à soma dos

quantitativos dos fluxos que saem deste nó, e, ainda, que cada arco pode ser associado a um custo pelo transporte do fluxo. Para isso o SSD OutorgaLS utiliza para a solução da alocação de água o algoritmo Out-of-Kilter, devido à sua grande eficiência para a solução eficiente de problemas de minimização de custos em várias áreas, nos quais os processos podem ser representados por arcos e nós, por exemplo, na área de transportes.

O modelo Out-of-Kilter é um algoritmo de programação linear primal-dual, formulado da seguinte maneira:

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{ij} q_{ij} \quad \text{Equação 1}$$

$$\sum_{i \in I_j} q_{ij} - \sum_{k \in O_j} q_{ik} = 0 \quad \text{Equação 2}$$

$$l_{ij} \leq q_{ij} \leq u_{ij} \quad \text{Equação 3}$$

onde:

- q_{ij} é a vazão de referência no arco (i, j) definido pelo nó inicial i e o nó terminal j ;
- c_{ij} é o custo unitário associado à vazão q_{ij} , que pode ser um custo monetário ou um fator de ponderação que represente preferências estabelecidas pelo usuário, direitos de uso de água ou prioridades operacionais (um custo negativo é tratado como um benefício ou prioridade, e um custo positivo pode representar uma penalidade ou necessidade de racionamento);
- I_j é o conjunto de todos os nós com arcos que terminam no nó j ($i \in I_j$ significa que todos os nós i que sejam elementos do conjunto I_j);
- O_j é o conjunto de todos os nós com arcos que se originam no nó j ;
- l_{ij} é a vazão mínima no arco (i, j) ;
- u_{ij} é a vazão máxima no arco (i, j) .

A Eq. 1 representa a função objetivo que minimiza o custo do transporte do fluxo pelos arcos, a Eq. 2 representa a restrição de conservação de massa e a Eq. 3 se refere à restrição de capacidade da rede.

A função objetivo (Eq. 4) utilizada pelo modelo é relacionada ao custo c_{ij} e às prioridades P . Portanto, para cada nó, tem-se:

$$c_{ij} = 10P - 1000 \quad \text{Equação 4}$$

Neste modelo as demandas podem ser consuntivas ou não, e o atendimento a uma determinada demanda é feito de acordo com um valor de prioridade atribuída pelo usuário, que pode variar de 1 a 99, sendo o valor 1 a maior prioridade.

Conforme a Eq. 4, os valores de c_{ij} são sempre negativos, logo ao atender a uma prioridade, o modelo diminui os custos da rede de um valor c_{ij} por unidade de vazão fornecida. O usuário deve selecionar as prioridades relativas às demandas e quando ocorrem déficits, as demandas com maior prioridade (valores de P menores) são atendidas em primeiro lugar.

4. PROCEDIMENTOS PARA A ELABORAÇÃO DA REDE DE SIMULAÇÃO NO OutorgaLS

Este item apresenta os procedimentos necessários para a elaboração de uma rede de simulação no OutorgaLS, na qual são realizados os cálculos do balanço hídrico, tendo como área de aplicação a bacia do rio Machado.

Como o OutorgaLS é um programa que permite a consulta de informações por meio de feições geográficas (*layers*), a montagem da rede de simulação é iniciada pela organização de arquivos tipo *shapes* (.shp) que servem como “pano de fundo” para o traçado da topologia (nós e links).

Esses *shapes* também contêm informações imprescindíveis para a determinação, por exemplo, da disponibilidade hídrica como o *shape* das ottobacias, além dos *shapes* dos trechos de drenagem, do cadastro de usuários, da delimitação das bacias hidrográficas e das Unidades Hidrográficas de Gestão.

4.1. Bases cartográfica, hidrográfica e dos usuários de água

Primeiramente é preciso que os arquivos em formato *shape* a serem inseridos no OutorgaLS estejam no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) para que o programa consiga detectar os comprimentos dos cursos d’água desenhados na rede de simulação e apresentar os resultados corretos para as funcionalidades do programa que exigem cálculo de medição.

Os *shapes* necessários para a montagem da topologia da rede de simulação foram levantados do site da ANA (<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>), mais especificamente a *BASE HIDROGRÁFICA OTTOCODIFICADA MULTIESCALAS 2017 5K (BHO5K)*, na qual foram utilizadas os seguintes arquivos:

- Trechos de Drenagem (gpkg): utilizados para o traçado da rede (nós de passagem e links) e cálculo da disponibilidade hídrica;
- Áreas de Contribuição Hidrográfica (gpkg): base ottocodificada 1:1.000.000 (nível 6), são as ottobacias que serviram para a definição dos nomes dos elementos da rede de simulação e para o cálculo da disponibilidade hídrica.

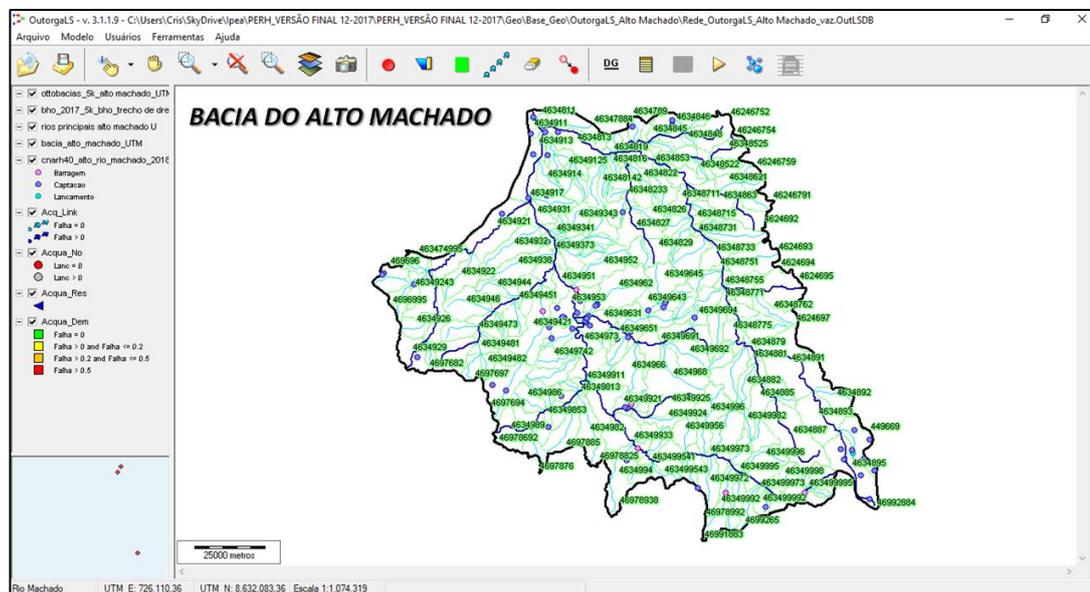
As informações para a inserção das demandas foram provenientes da base de dados do CNARH40.

Além dos arquivos para desenhar a rede, foi também utilizada a delimitação das Unidades Hidrográficas de Gestão (UHG), mais especificamente da bacia do rio Machado, proveniente do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia (PERH/RO).

Todas essas informações foram trabalhadas em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), no caso o QGIS®, e inseridas posteriormente no OutorgaLS. A FIGURA 29 mostra a base de dados para a bacia do Alto Machado inserida no OutorgaLS.

FIGURA 29

Base de arquivos *shape* para a montagem da rede de simulação



Elaboração do autor.

Os itens a seguir têm por objetivo mostrar com mais detalhes a determinação dos dados de entrada no SSD OutorgaLS, mais especificamente os valores das demandas (usuários) e da disponibilidade hídrica.

4.2. Definição dos dados de demanda hídrica

Os dados de demanda hídrica foram provenientes do Cadastro Nacional de Recursos Hídricos (CNAHR), o qual pertence ao Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH) gerenciado pela Agência Nacional de Águas (ANA).

4.2.1. Consistência, correção e importação dos dados de demanda hídrica

Os dados de demanda hídrica, os quais compõem o banco de dados que alimenta o *software* OutorgaLS, devem ser importados da base de dados do CNAHR40 (ANA), tanto no âmbito federal quanto estadual, no formato csv, considerando o estado de Rondônia. Contudo, antes da importação em um ambiente SIG (QGIS®, ArcGIS® e etc.) é necessário fazer algumas análises e adaptações dos dados em planilha eletrônica (Microsoft Excel®, LibreOffice Calc® e etc.).

Consistência e correção dos dados de demanda

A consistência dos dados de demanda constitui na identificação de incoerências entre os valores de vazão média declarados e os calculados mediante os valores de volume de captação

mensal cadastrados durante o tempo (quantidade de horas e dias mensal), além da conferência da vazão declarada no termo de outorga em relação à inserida no CNARH40.

Na planilha eletrônica, identificam-se as vazões médias iguais a zero ou que tenham a vazão média declarada diferente da calculada, caso ocorra uma destas opções, é necessário corrigir os valores de vazão (criando uma coluna nova na planilha), de acordo com as seguintes situações de outorga:

- Em análise, indeferido e inválido: desconsiderar o usuário;
- Outorgado: considerar a vazão calculada em m³/s ou m³/h;
- Uso Insignificante: adotar a vazão calculada em m³/s ou m³/h.

Importação dos dados de demanda hídrica da planilha eletrônica no SIG

- No sistema *Operacional*, deve-se definir a vírgula “,” como separador decimal, pois isso implicaria em erro na hora de importar a tabela no SIG;
- Na planilha eletrônica, deve-se excluir os usuários de água subterrânea, pois a análise de concessão da outorga é somente para águas superficiais;
- Na planilha eletrônica é necessário retirar o símbolo “#” localizado na frente das coordenadas geográficas, pois ele implica em erro na hora de importar a tabela no SIG;
- A pasta de trabalho deve ser salva no tipo *Comma Separated Values (.csv)*, separado por vírgula, na planilha eletrônica.

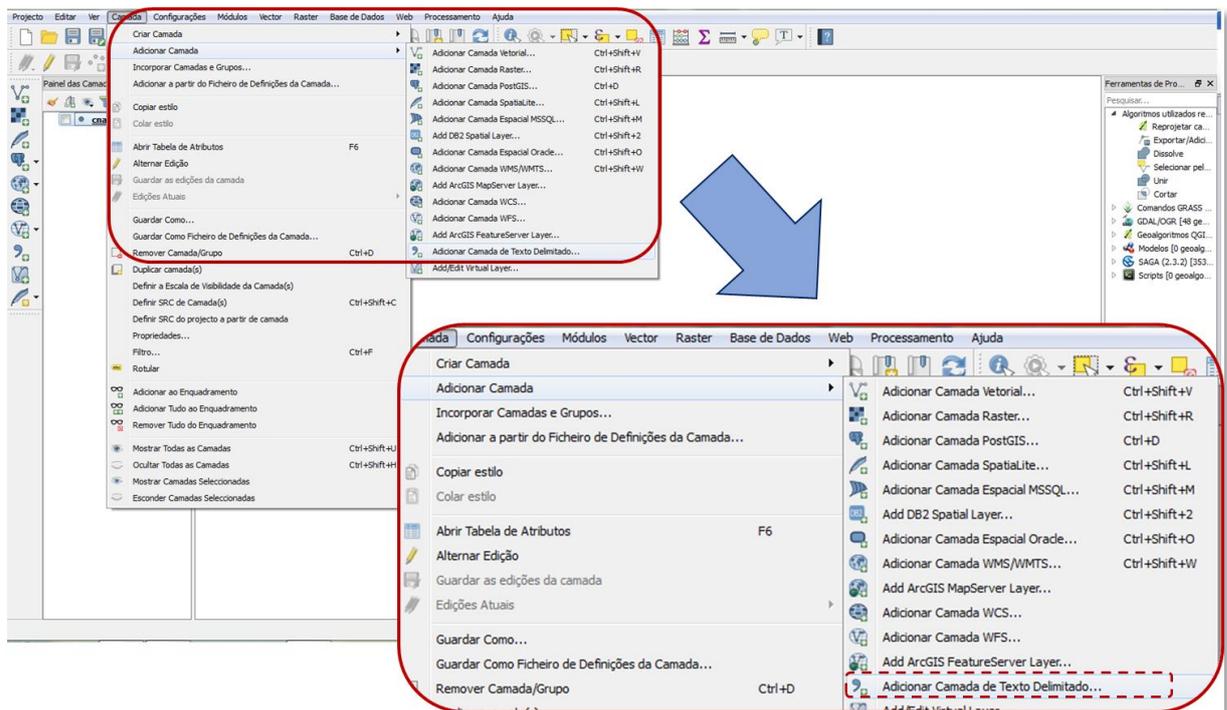
Após essas alterações, a tabela poderá ser importada em um *software* de SIG a fim de criar o arquivo no formato de *shape (.shp)* referente aos usuários de recursos hídricos superficiais, obedecendo às seguintes alterações, necessárias para importação do arquivo no OutorgaLS.

Desta forma, devem ser efetuados os seguintes passos no *software* SIG:

- Definir o sistema de referência de coordenadas (SRC) original proveniente do CNARH, representado pelo sistema de coordenadas geográfico, em graus decimais e datum horizontal, SIRGAS 2000;
- Criar o *shape (.shp)* de pontos referente aos usuários de recursos hídricos superficiais. Exemplo: no QGIS®, ir ao comando: Camada → Adicionar camada → Adicionar camada de texto delimitado (FIGURA 30);

FIGURA 30

Criação de shape dos usuários – Adicionar Camada

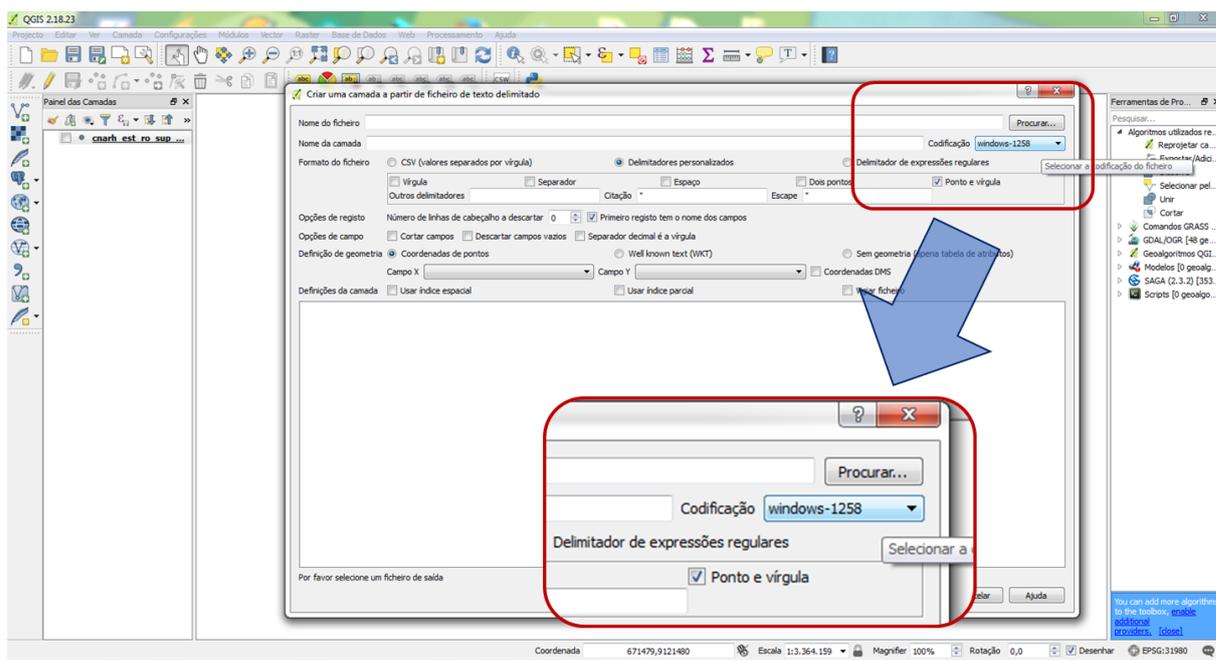


Elaboração do autor.

- Inserir o arquivo csv., com os dados de demanda hídrica superficial do CNARH. É aconselhável definir a codificação “Windows 1258”, a fim de evitar alterações dos caracteres, referentes ao nome dos campos da tabela de atributos;
- Definir o formato do ficheiro como “delimitadores personalizados”, do tipo “ponto e vírgula” e seleccionar a opção “separador por vírgula” (FIGURA 31);
- Definir o campo X para longitude e o campo Y para latitude;
- Após a criação do *shape*, é necessário realizar a transformação do sistema de coordenadas geográficas de graus decimais para a Universal Transversa de Mercator (UTM), utilizando o fuso 20 para o estado de Rondônia. Para isso, é necessário abrir a tabela de atributos do *shape*, e acessar a ferramenta “Calculadora de Campo” -> “Geometria” -> \$x (para longitude) e \$y (para latitude). Após esses procedimentos, o programa criará as colunas com essas informações automaticamente.

FIGURA 31

Criação de shape dos usuários – Definição do Ficheiro



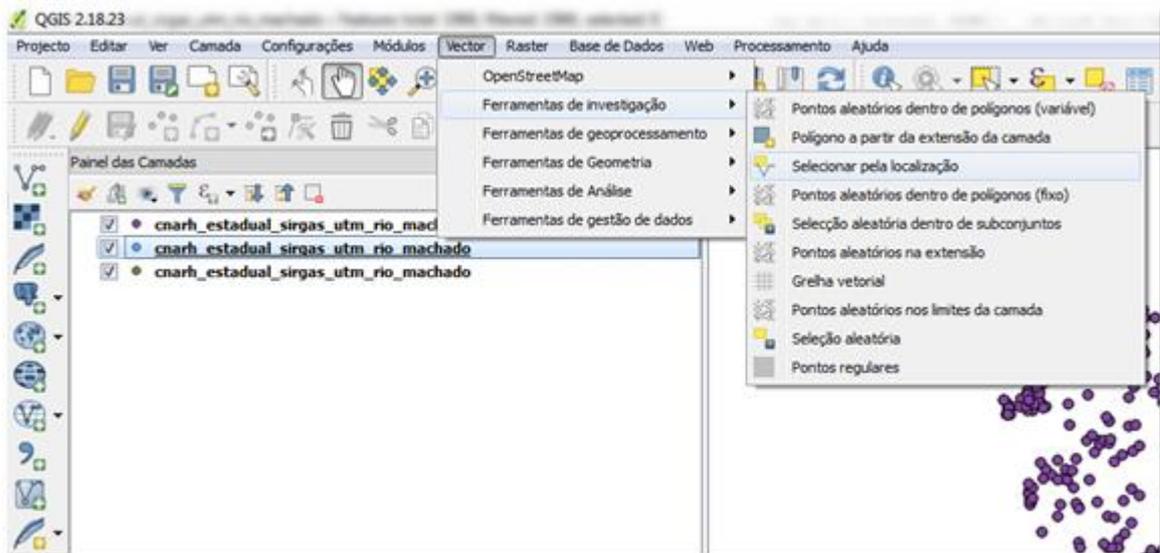
Elaboração do autor.

4.2.2. Seleção dos usuários de captação hídrica superficial inseridos na bacia hidrográfica do rio Machado

Com os dados consistidos e com as adequações realizadas, é necessário seleccionar os usuários que pertençam a bacia hidrográfica em análise, no caso desta Nota Técnica, foi a bacia do rio Machado. Como exemplo, são mostrados os passos para a seleção dos usuários em questão no software QGIS® versão 3.4.

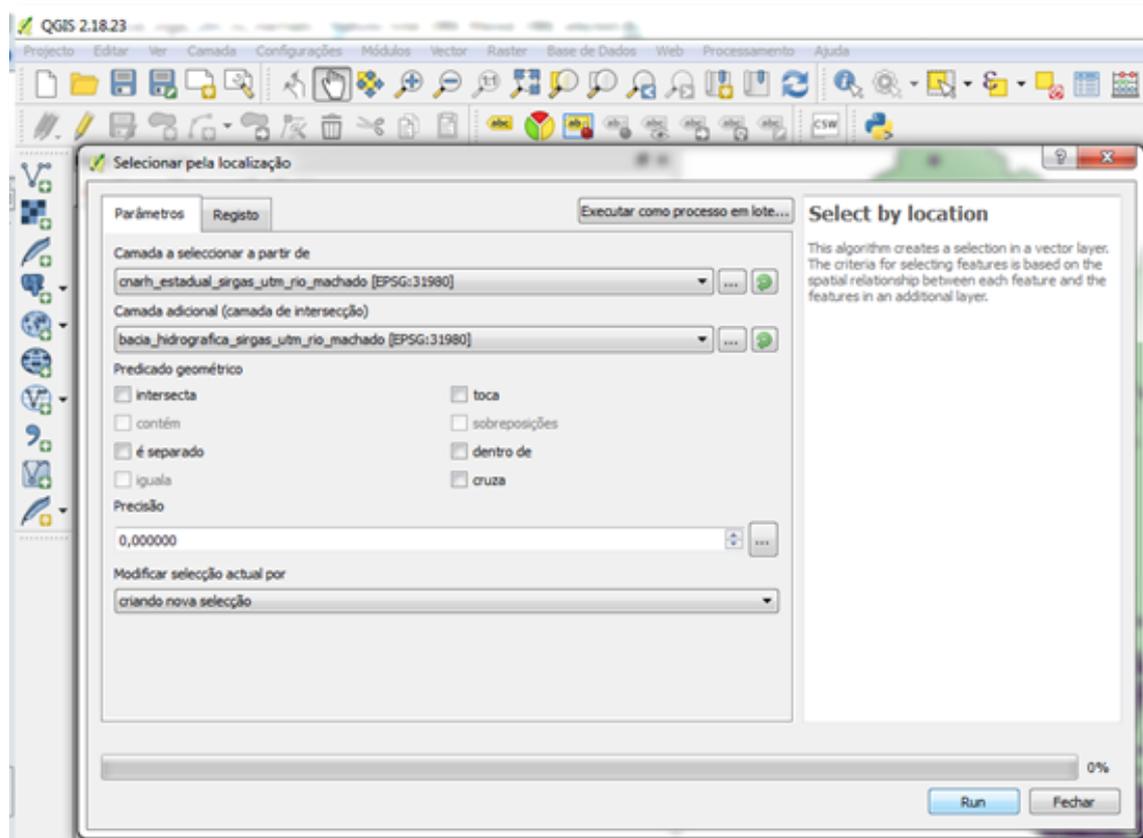
- No QGIS®, Vector -> Ferramentas de Investigação -> Selecionar pela localização (FIGURA 32);
- Em seguida, inserir o *shape* referente aos usuários e o *shape* referente à delimitação da bacia hidrográfica em análise, depois escolher a opção “intersecta” para deste modo seleccionar os usuários que pertencem à bacia em questão (FIGURA 33);
- Com os usuários seleccionados, deve-se clicar com o botão direito em cima do nome do arquivo referente aos usuários Exportar -> Guardar como -> ✓ Guardar apenas os elementos seleccionados.

FIGURA 32
Seleção dos usuários de água



Elaboração do autor.

FIGURA 33
Comando seleção por localização



Elaboração do autor.

4.3. Consistência e adequação dos dados de disponibilidade hídrica

4.3.1. Consistência dos dados de disponibilidade hídrica

A determinação da disponibilidade hídrica superficial para o estado de Rondônia foi realizada no PERH/RO a partir dos dados das séries histórica das vazões de estações de monitoramento fluviométricas, as quais foram consistidas e regionalizadas para cada uma das UHGs do estado.

A consistência dos dados para a modelagem foi feita por meio de uma análise da regionalização elaborada para o PERH/RO, a qual adotou a vazão de 95% de permanência ($Q_{95\%}$), como sendo a vazão de referência para a determinação da disponibilidade hídrica superficial para suprir as demandas (pedidos de outorga).

No caso da bacia do rio Machado, a região possui 11 (onze) postos fluviométricos com dados adequados que foram selecionados para a definição da equação de regionalização para a estimativa da disponibilidade hídrica. A TABELA 1 apresenta os postos fluviométricos existentes na bacia do rio Machado com suas respectivas vazões de permanência de 95%.

TABELA 1

Postos fluviométricos – Bacia do rio Machado

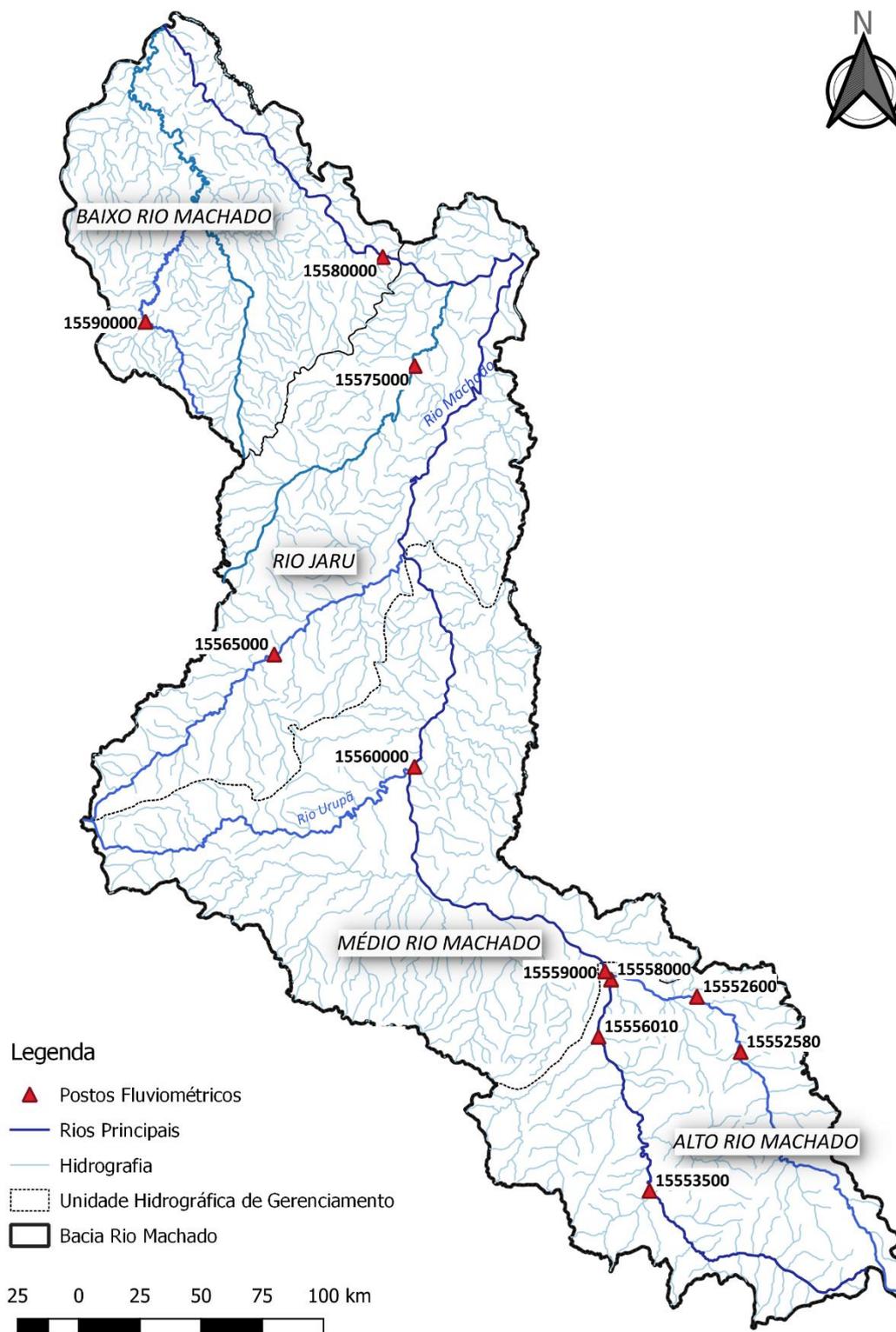
Código da Estação	Rio	UHG	Área de drenagem (km ²)	$Q_{95\%}$ (m ³ /s)
15552580	Rio Comemoração	Alto Rio Machado	3.230	44,00
15552600	Rio Comemoração	Alto Rio Machado	4.360	55,02
15553500	Rio Apedia ou Pimenta Bueno	Alto Rio Machado	3.610	33,20
15556010	Rio Apedia ou Pimenta Bueno	Alto Rio Machado	9.600	71,50
15558000	Rio Apedia ou Pimenta Bueno	Alto Rio Machado	10.100	70,61
15559000	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	Alto Rio Machado	16.100	132,62
15560000	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	Médio Rio Machado	32.800	162,05
15565000	Rio Jaru	Rio Jaru	3.960	3,37
15575000	Rio Machadinho	Rio Jaru	4.650	25,60
15580000	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	Baixo Rio Machado	60.200	247,73
15590000	Rio Jacundá	Baixo Rio Machado	1.200	1,40

Elaboração do autor.

Primeiramente foi preciso organizar todas as informações que dissessem respeito à bacia do rio Machado em termos hidrológicos, como: delimitação da bacia do rio Machado e das UHG, a rede hidrográfica e os postos fluviométricos existentes (FIGURA 34).

FIGURA 34

Bacia do rio Machado – UHG e postos fluviométricos



Elaboração do autor.

Também foram analisadas as planilhas utilizadas para a determinação das vazões de permanência, como também aquelas que serviram para gerar as equações de regressão que resultaram nas estimativas de vazões para a bacia do rio Machado.

A visualização da bacia com seus postos fluviométricos possibilitou ter uma noção da área de contribuição destes postos na determinação da disponibilidade hídrica (FIGURA 34).

Foi preciso entender o porquê da escolha de certos postos para a geração da equação de regressão e testá-la quanto à adaptabilidade aos valores das vazões de permanência medidas nos postos, isto é, comparou-se a permanência resultante da equação (vazão teórica) com aquela observada em campo (postos fluviométricos).

Para a bacia do rio Machado, o PERH/RO (RHA, 2018) sugere a adoção de uma única equação (Equação 5) para as quatro Unidades Hidrográficas de Gestão (Alto Rio Machado, Médio Rio Machado, Rio Jarú e Baixo Rio Machado).

$$Q = 0,0042A + 11,825 \quad \text{Equação 5}$$

onde:

Q = vazão de permanência $Q_{95\%}$ (m^3/s);

A = área de drenagem (km^2).

Os valores de vazão obtidos pela Equação 5 comparados com os valores observados para todos os postos da bacia do rio Machado são apresentados na TABELA 2.

TABELA 2

Comparação entre as vazões do PERH/RO e as observadas em campo

Código da Estação	Rio	UHG	Área de drenagem (km^2)	$Q_{95\%}$ observada (m^3/s)	$Q_{95\%}$ PERH (m^3/s)	% $Q_{95\%}$ observada
15552580	Rio Comemoração	Alto Rio Machado	3230	44,00	25,39	58%
15552600	Rio Comemoração	Alto Rio Machado	4360	55,02	30,14	55%
15553500	Rio Aperia ou Pimenta Bueno	Alto Rio Machado	3610	33,20	26,99	81%
15556010	Rio Aperia ou Pimenta Bueno	Alto Rio Machado	9600	71,50	52,15	73%
15558000	Rio Aperia ou Pimenta Bueno	Alto Rio Machado	10100	70,61	54,25	77%
15559000	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	Alto Rio Machado	16100	132,62	79,45	60%
15560000	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	Médio Rio Machado	32800	162,05	149,59	92%
15565000	Rio Jarú	Rio Jarú	3960	3,37	28,46	844%
15575000	Rio Machadinho	Rio Jarú	4650	25,60	31,36	122%
15580000	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	Baixo Rio Machado	60200	247,73	264,67	107%
15590000	Rio Jacundá	Baixo Rio Machado	1200	1,40	16,87	1205%

Elaboração do autor.

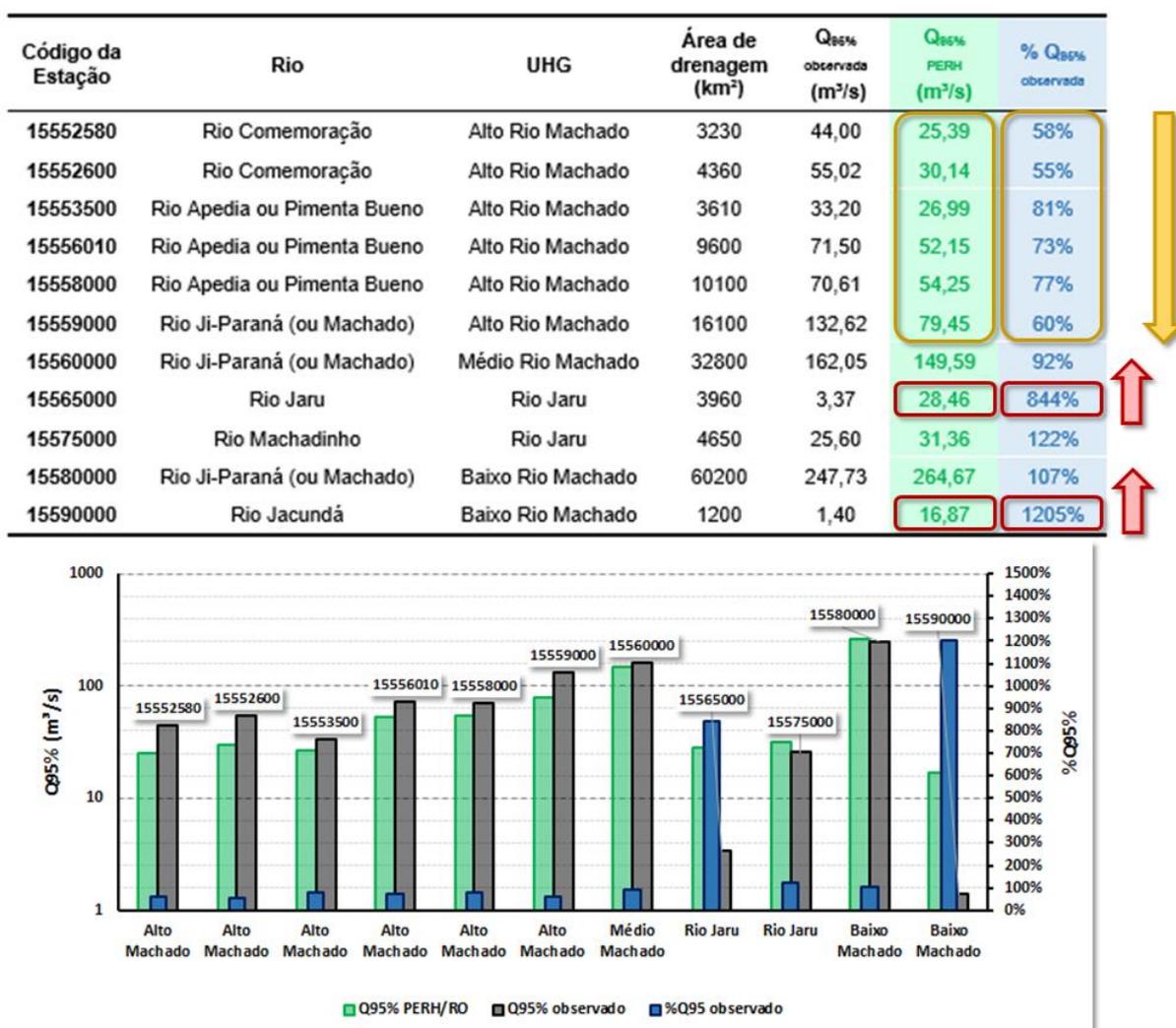
Analisando os valores obtidos, percebe-se que para os postos a UHG do Alto Rio Machado, a disponibilidade hídrica está muito subestimada, isto é, as vazões de referência obtidas estão abaixo do que realmente aconteceu ao longo do tempo durante as medições nestes postos. Enquanto para o restante da bacia do rio Machado, para alguns postos ocorre uma superestimação das vazões de referência, principalmente para os postos que estão localizados nos afluentes do rio Machado (postos 15590000 e 15565000).

De um modo geral, pode-se concluir que a Equação 1 para a determinação da disponibilidade hídrica para a bacia do rio Machado elaborado para o PERH/RO, resulta em (FIGURA 35):

- valores subestimados de $Q_{95\%}$ para a bacia do Alto Machado
- valores superestimados de $Q_{95\%}$ para a bacia do Baixo Machado e para Rio Jaru.

FIGURA 35

Comparação entre os valores das vazões do PERH/RO e as observadas para UHG do rio Machado



Elaboração do autor.

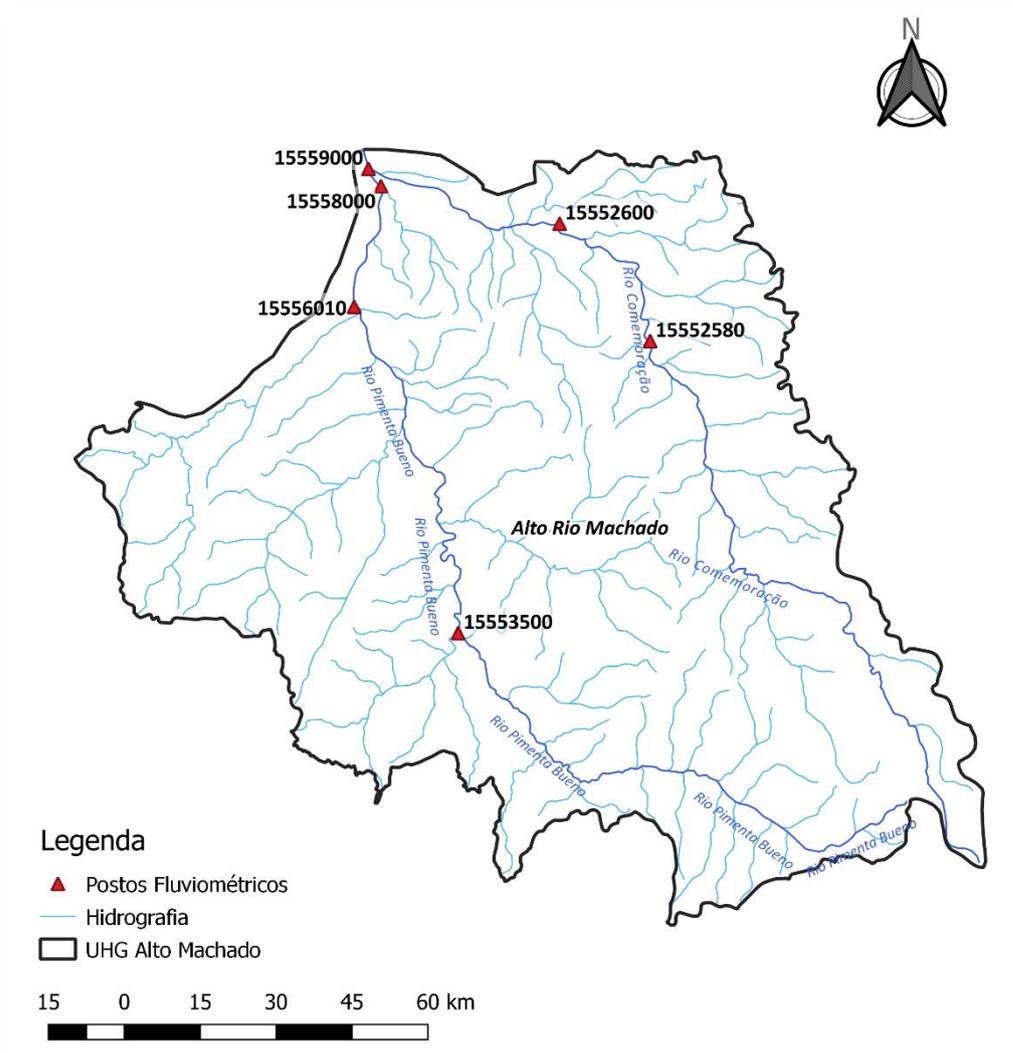
Portanto, optou-se por adequar as vazões de referência da bacia do rio Machado, para que sejam mais compatíveis com a realidade da área estudada, considerando cada UHG.

Unidade Hidrográfica de Gestão do Alto Rio Machado

A UHG do Alto Rio Machado possui 6 (seis) postos fluviométricos com 2 (dois) localizados no rio Comemoração, 3 (três) contribuindo para a bacia do rio Pimenta Bueno e 1 (um) localizado na confluência dos rios Pimenta Bueno e rio Comemoração no exutório desta UHG, no rio Machado (FIGURA 36). Para a adequação das vazões, foram considerados para a UHG do Alto Rio Machado somente os postos localizados nesta sub-bacia.

FIGURA 36

UHG Alto Rio Machado – Postos Fluviométricos



Elaboração do autor.

O que resultou na Equação 6 com um coeficiente de determinação de $r^2=0,9175$ (FIGURA 37).

$$Q = 0,0066A + 15,752$$

Equação 6

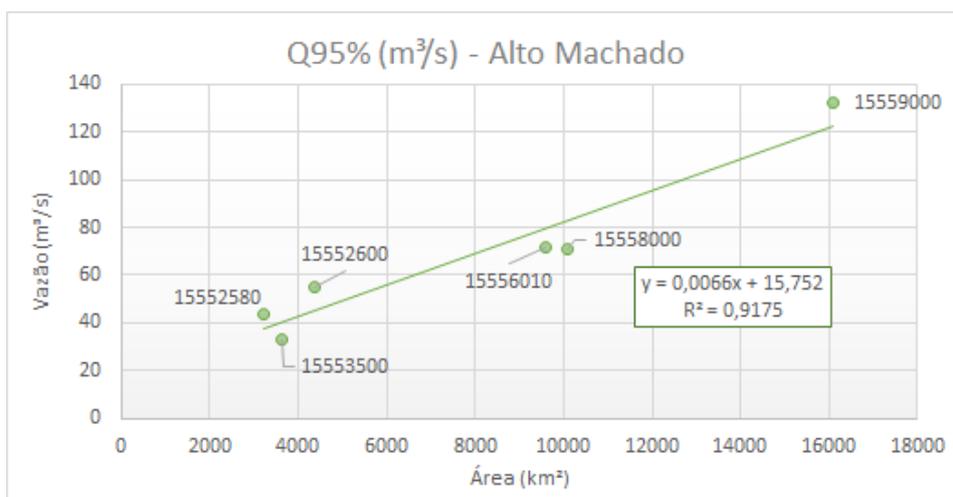
onde:

Q = vazão de permanência $Q_{95\%}$ (m^3/s);

A = área de drenagem (km^2).

FIGURA 37

Equação para a bacia do Alto Machado



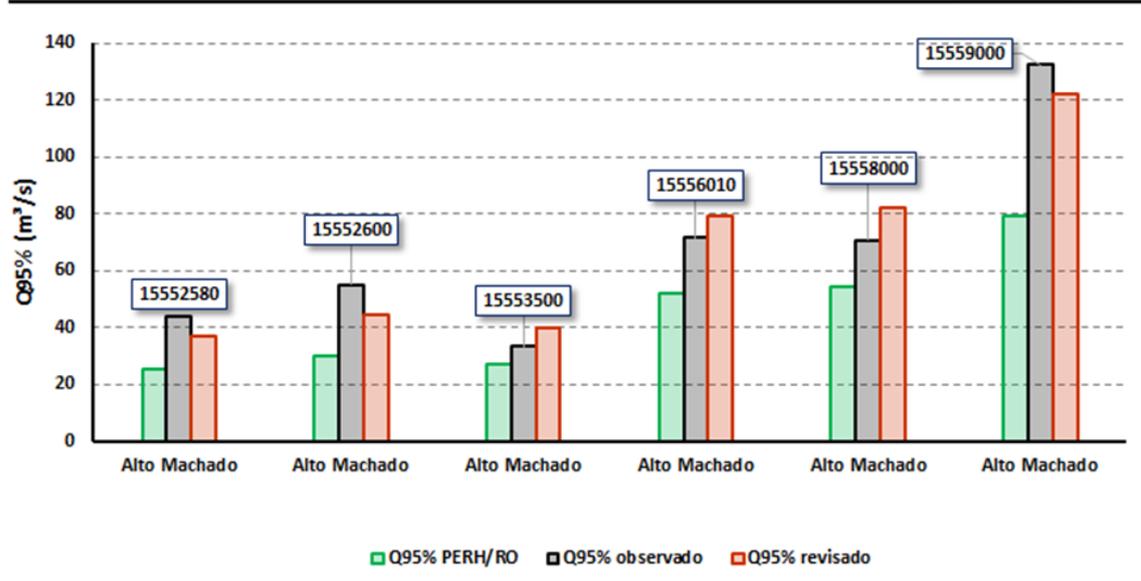
Elaboração do autor.

Os valores resultantes das vazões calculadas pela Equação 6 comparadas com os valores observados são mostrados na FIGURA 38.

FIGURA 38

Comparação entre as vazões do PERH/RO e as estimadas pela Equação 6 em relação às observadas

Código da Estação	Rio	UHG	Área de drenagem (km²)	Q _{95%} observada (m³/s)	Q _{95%} PERH (m³/s)	Q _{95%} calculada (m³/s)	% Q _{95%} observada
15552580	Rio Comemoração	Alto Machado	3230	44,00	25,39	37,07	84%
15552600	Rio Comemoração	Alto Machado	4360	55,02	30,14	44,53	81%
15553500	Rio Aperia ou Pimenta Bueno	Alto Machado	3610	33,20	26,99	39,58	119%
15556010	Rio Aperia ou Pimenta Bueno	Alto Machado	9600	71,50	52,15	79,11	111%
15558000	Rio Aperia ou Pimenta Bueno	Alto Machado	10100	70,61	54,25	82,41	117%
15559000	Rio Ji-Paraná (ou Machado)	Alto Machado	16100	132,62	79,45	122,01	92%

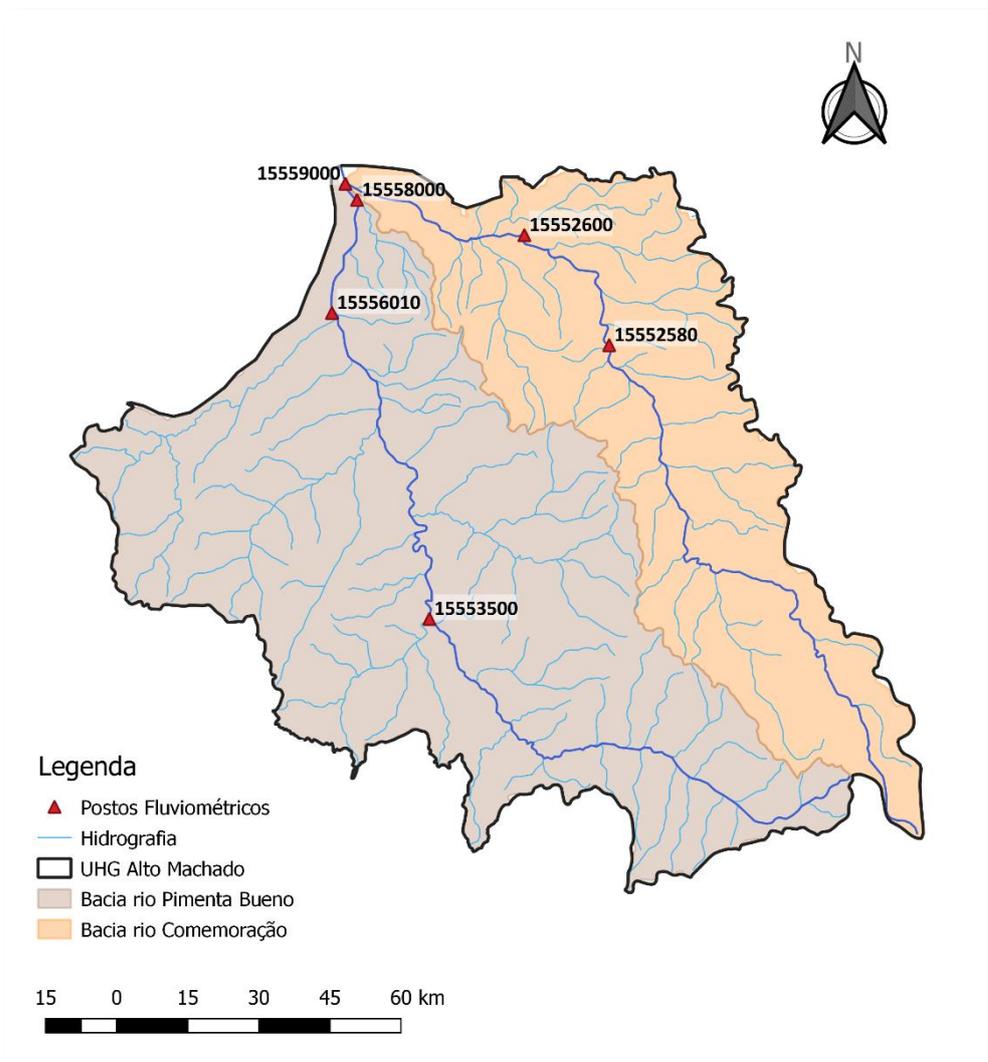


Elaboração do autor.

Percebe-se que houve uma melhora nos valores das vazões teóricas, as quais se aproximaram das vazões observadas em campo (FIGURA 38), no entanto, para fins de conferência quanto à possibilidade de melhorar ainda mais a aderência dos valores estimados aos valores observados, optou-se por subdividir a UHG do Alto Rio Machado em duas sub-bacias: bacias do rio Pimenta Bueno e rio Comemoração (FIGURA 39).

FIGURA 39

UHG Alto Rio Machado – Postos Fluviométricos



Elaboração do autor.

Para a bacia do rio Comemoração, foram utilizados os postos 15552580 e 15552600, obtendo-se a Equação 7 com $r^2= 1$.

$$Q = 0,0098A+12,5$$

Equação 7

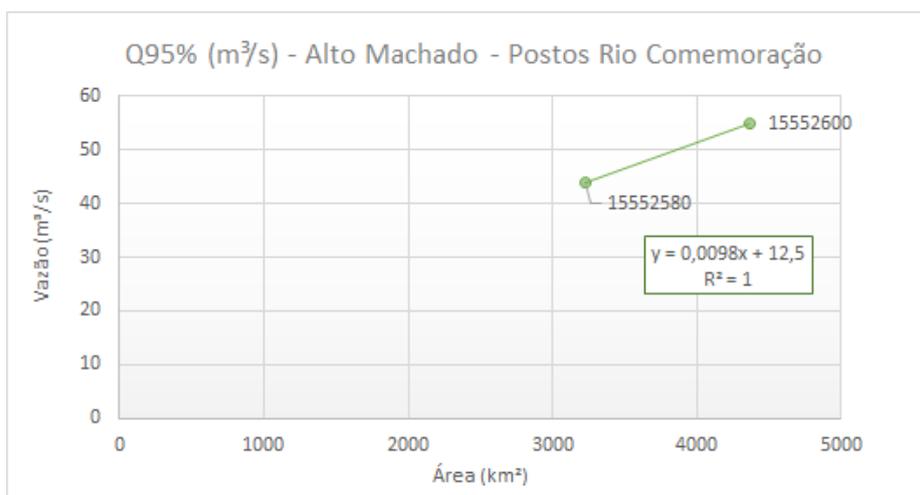
onde:

Q = vazão de permanência $Q_{95\%}$ (m^3/s);

A = área de drenagem (km^2).

FIGURA 40

Equação para a bacia do rio Comemoração



Elaboração do autor.

E para a bacia do rio Pimenta Bueno, foram utilizados os postos 15553500, 15556010 e 15558000, obtendo-se a Equação 8 com $r^2=0,992$ (FIGURA 41).

$$Q = 0,006A + 11,592 \quad \text{Equação 8}$$

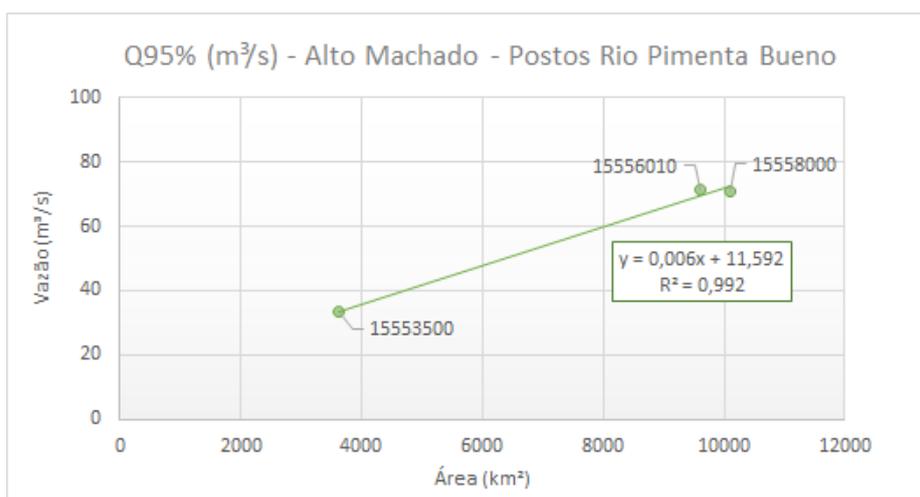
onde:

Q = vazão de permanência $Q_{95\%}$ (m^3/s);

A = área de drenagem (km^2).

FIGURA 41

Equação para a bacia do rio Pimenta Bueno



Elaboração do autor.

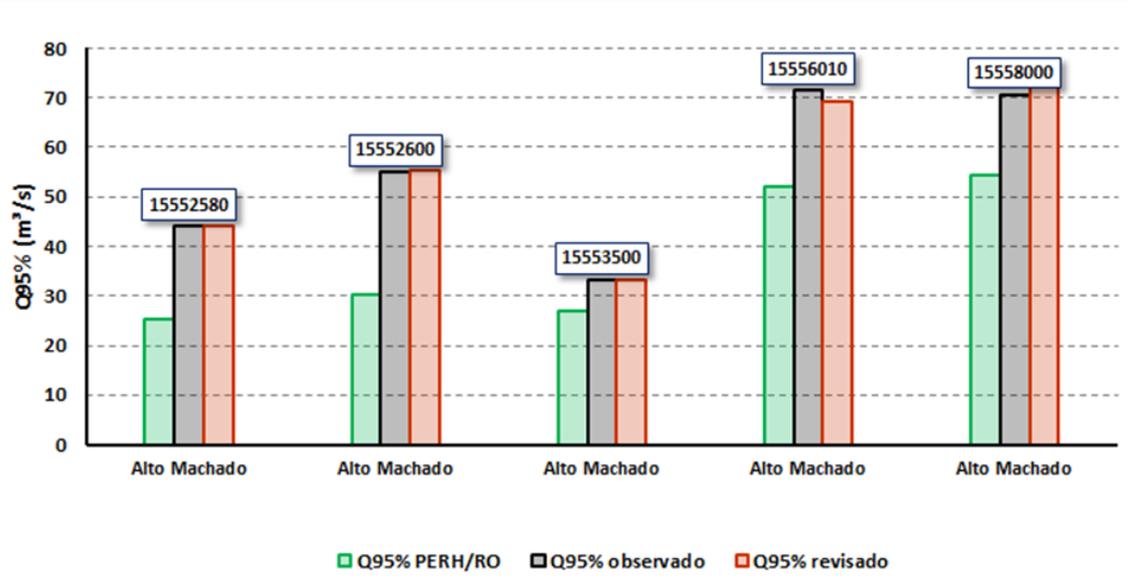
O posto 15559000 não foi considerado, pois ele se encontra no exutório desta UHG, isto é, monitora as vazões oriundas das bacias do rio Comemoração e do rio Pimenta Bueno.

Com a revisão da equação para estimar a disponibilidade hídrica da UHG do Alto Rio Machado, considerando a sua divisão em duas sub-bacias, bem como os postos localizados respectivamente em cada uma delas, foi possível concluir que os valores das vazões obtidas estão mais compatíveis com as $Q_{95\%}$ observadas (FIGURA 42).

FIGURA 42

Comparação entre as vazões do PERH/RO e as estimadas pela Equações 7 e 8 em relação às observadas

Código da Estação	Rio	UHG	Área de drenagem (km ²)	$Q_{95\%}$ observada (m ³ /s)	$Q_{95\%}$ PERH (m ³ /s)	$Q_{95\%}$ calculada (m ³ /s)	% $Q_{95\%}$ observada
15552580	Rio Comemoração	Alto Machado	3230	44,00	25,39	44,15	100%
15552600	Rio Comemoração	Alto Machado	4360	55,02	30,14	55,23	100%
15553500	Rio Aperia ou Pimenta Bueno	Alto Machado	3610	33,20	26,99	33,25	100%
15556010	Rio Aperia ou Pimenta Bueno	Alto Machado	9600	71,50	52,15	69,19	97%
15558000	Rio Aperia ou Pimenta Bueno	Alto Machado	10100	70,61	54,25	72,19	102%



Elaboração do autor.

Portanto as vazões de referência inseridas no programa OutorgaLS para a UHG do Alto Rio Machado foram as resultantes das Equações 7 e 8 para as bacias do rio Pimenta Bueno e do rio Comemoração respectivamente.

Na sequência são apresentadas as adequações para as outras UHGs, vale salientar que foi analisada a opção de se utilizar a Equação 5 obtida do PERH/RO e as vazões específicas dos postos fluviométricos existentes, para a determinação da disponibilidade hídrica para o restante da bacia, principalmente para as regiões onde as vazões teóricas calculadas pela Equação 5 resultaram em valores muito discrepantes das observadas.

Unidade Hidrográfica de Gestão do Médio Rio Machado

No caso da UHG Médio Rio Machado, foi preciso verificar se a equação do PERH/RO (Equação 5) seria a ideal para estimar as vazões de referência para esta UHG, considerando as vazões de referência obtidas para a UHG do Alto Rio Machado.

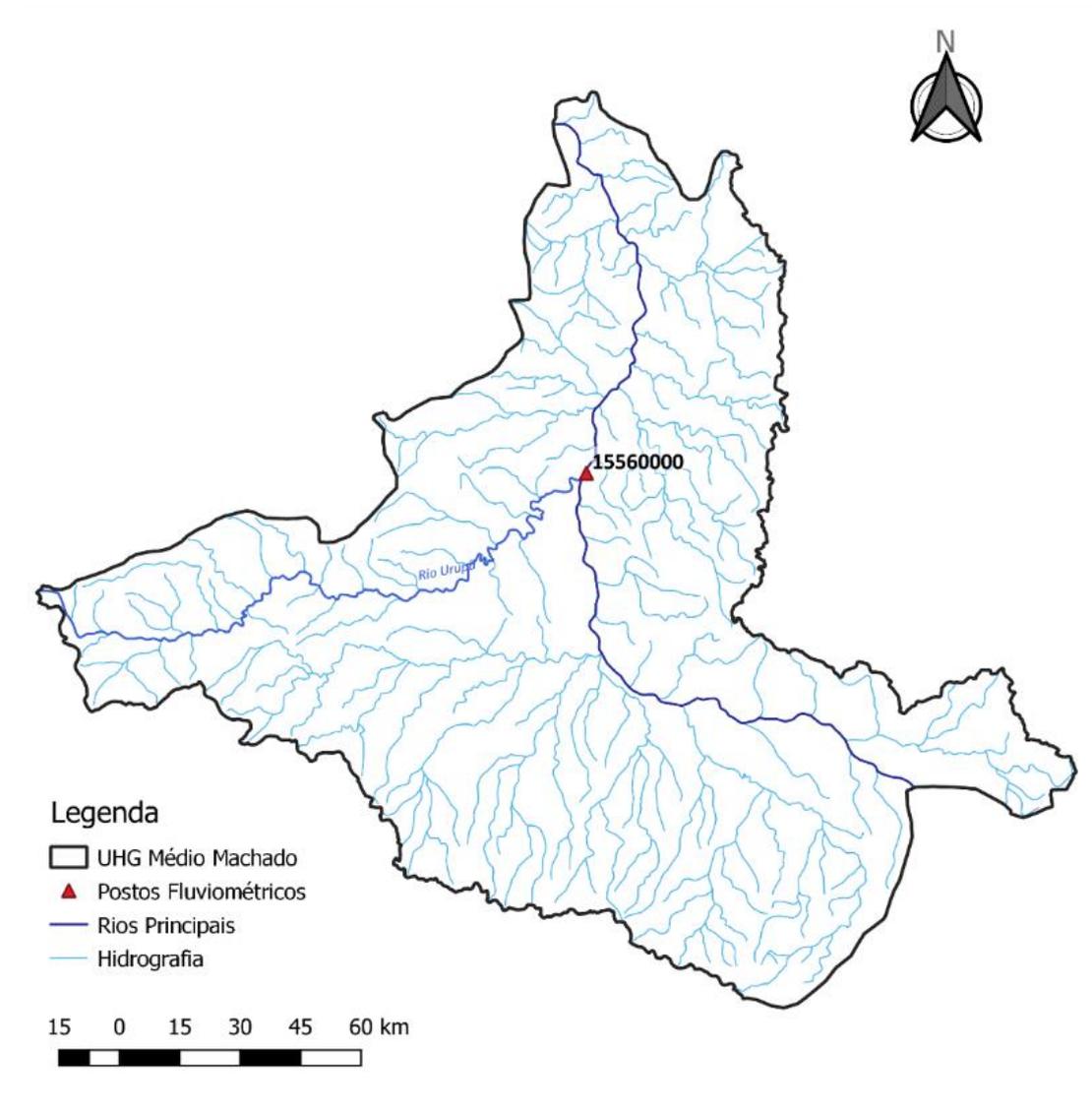
Antes disso, foi necessário estimar a vazão de referência no exutório da bacia do Alto Machado, que resultou no valor de 143,31 m³/s, esse valor inclui a contribuição da área de drenagem da bacia do rio Pimenta Bueno e do rio Comemoração calculado a partir das Equações 7 e 8, respectivamente. O exutório encontra-se no posto fluviométrico 15559000, possibilitando a comparação com a vazão observada neste posto, o qual é igual 132,62 m³/s, isto é, a vazão obtida teoricamente é em torno de 8% maior que a observada, é um erro tolerável, devido às várias incertezas envolvidas no processo, como as áreas utilizadas (ottobacias) nos cálculos e devido às extrapolações decorrentes das equações de regressão da bacia do rio Comemoração.

A UHG do Médio Rio Machado possui apenas o posto fluviométrico 15560000 (FIGURA 43). A verificação da adequabilidade da equação do PERH/RO foi realizada mediante a comparação entre os valores da vazão de referência $Q_{95\%}$ observado no posto fluviométrico 15560000 e o obtido adotando a Equação 5 do PERH/RO somado à vazão de contribuição da UHG do Alto Rio Machado (Equação 7 e Equação 8).

Vale lembrar neste momento, que adotando somente a equação original do PERH/RO (Equação 5), a mesma resultaria em boa aderência à vazão $Q_{95\%}$ observada no posto fluviométrico 15560000 na UHG do Médio Machado, mas em contrapartida, esta mesma equação, subestimaria as vazões $Q_{95\%}$ dos postos fluviométricos na UHG do Alto Rio Machado, por isso se está considerando a Equação 7 e a Equação 8 elaboradas para a UHG do Alto Rio Machado juntamente com a Equação 5 para verificar a sua adequabilidade na UHG do Médio Rio Machado.

FIGURA 43

UHG Médio Machado – Posto fluviométrico



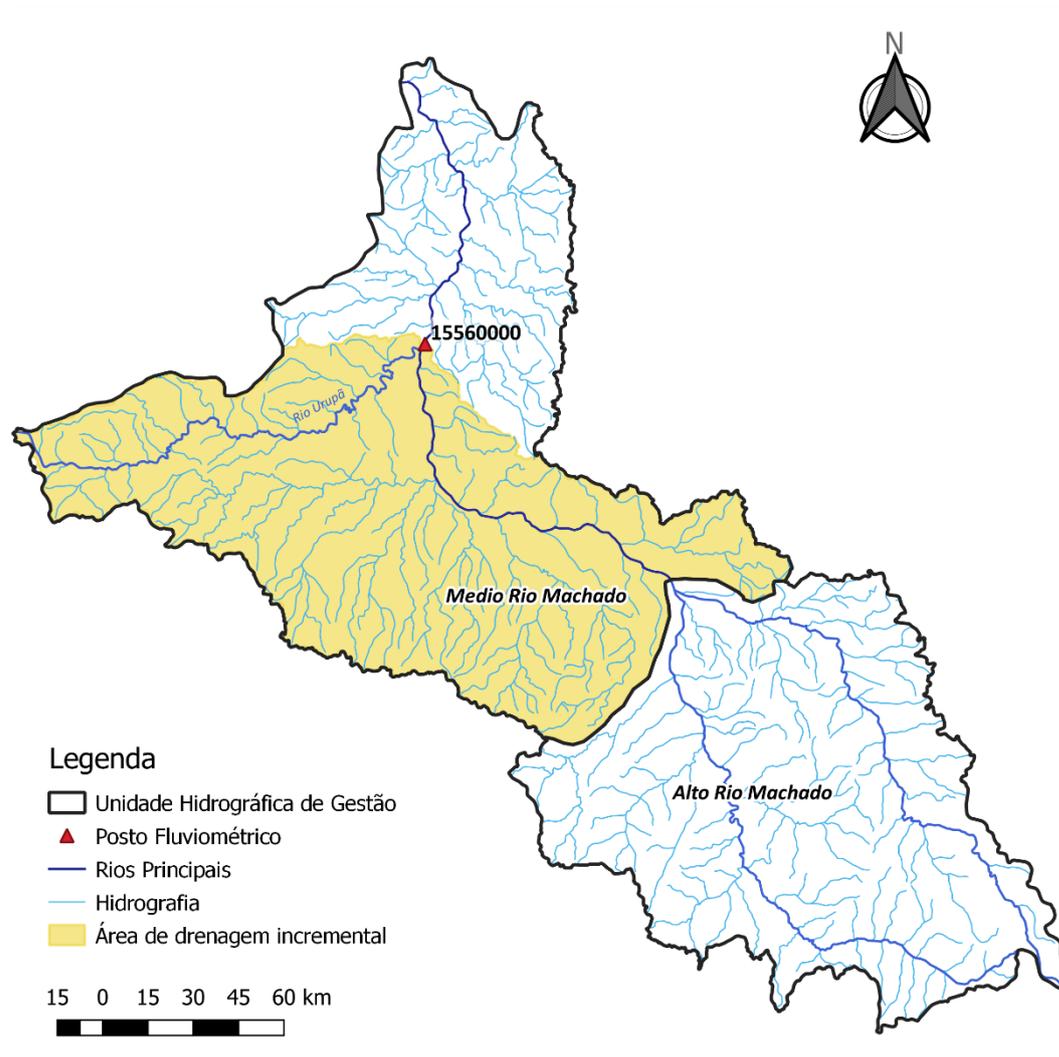
Elaboração do autor.

A vazão resultante no posto fluviométrico 15560000 utilizando a equação do PERH/RO (Equação 5) e as contribuição da UHG do Alto Rio Machado (Equações 7 e 8) foi de 226,05 m³/s, 39% maior que a vazão de referência observada no posto (162,05 m³/s). Portanto, optou-se pela verificação de se utilizar a vazão específica do posto fluviométrico 15560000 para se obter as disponibilidades hídricas dos diversos trechos dos cursos d'água da UHG do Médio Rio Machado.

Pelo motivo, de que já se está considerando a contribuição da UHG do Alto Rio Machado, a vazão específica adotada foi a incremental do posto, isto é, a contribuição da área de drenagem considerando somente a parcela da UHG do Médio Rio Machado (FIGURA 44).

FIGURA 44

UHG Alto e Médio Machado – Vazão específica incremental



Elaboração do autor.

De acordo com o PERH/RO a área de drenagem do posto fluviométrico 15560000 é da ordem de 32.800 km², desconsiderando a área da UHG do Alto Rio Machado (16.100 km³), a área incremental referente à UHG do Médio Rio Machado para o referido posto é de 16.700 km², sendo a vazão de referência do posto em questão de 162,05 m³/s e no exutório do Alto Rio Machado de 132,62 m³/s, a vazão incremental é a diferença delas resultando em 29,43 m³/s, portanto a vazão específica incremental, referente ao Médio Machado é:

$$Q_{esp\ incr} = \frac{Q_{incr}}{A_{incr}} = \frac{29,43m^3/s}{16.700km^2} = 0,00176 m^3/s.km^2 \quad \text{Equação 9}$$

onde:

Q = vazão de permanência Q_{95%} incremental (m³/s);

A_{incr} = área de drenagem incremental (km²).

Considerando a contribuição a montante da UHG do Alto Rio Machado (143,31 m³/s), a disponibilidade hídrica resultante no posto 15560000, foi 173,13 m³/s, 7% maior que a vazão

observada em campo ($162,05 \text{ m}^3/\text{s}$), valor bem próximo do observado, enquanto que a vazão incremental resultou em $29,76 \text{ m}^3/\text{s}$, 1% maior que a observada ($29,43 \text{ m}^3/\text{s}$), uma vez que as áreas utilizadas no cálculo foram as provenientes das ottobacias (em torno de 16.885 km^2) e não do PERH/RO, devido ao método de montagem da rede de simulação, explicado no item 4.4 *Esquematização para a montagem da rede de simulação* na página 60 desta Nota Técnica.

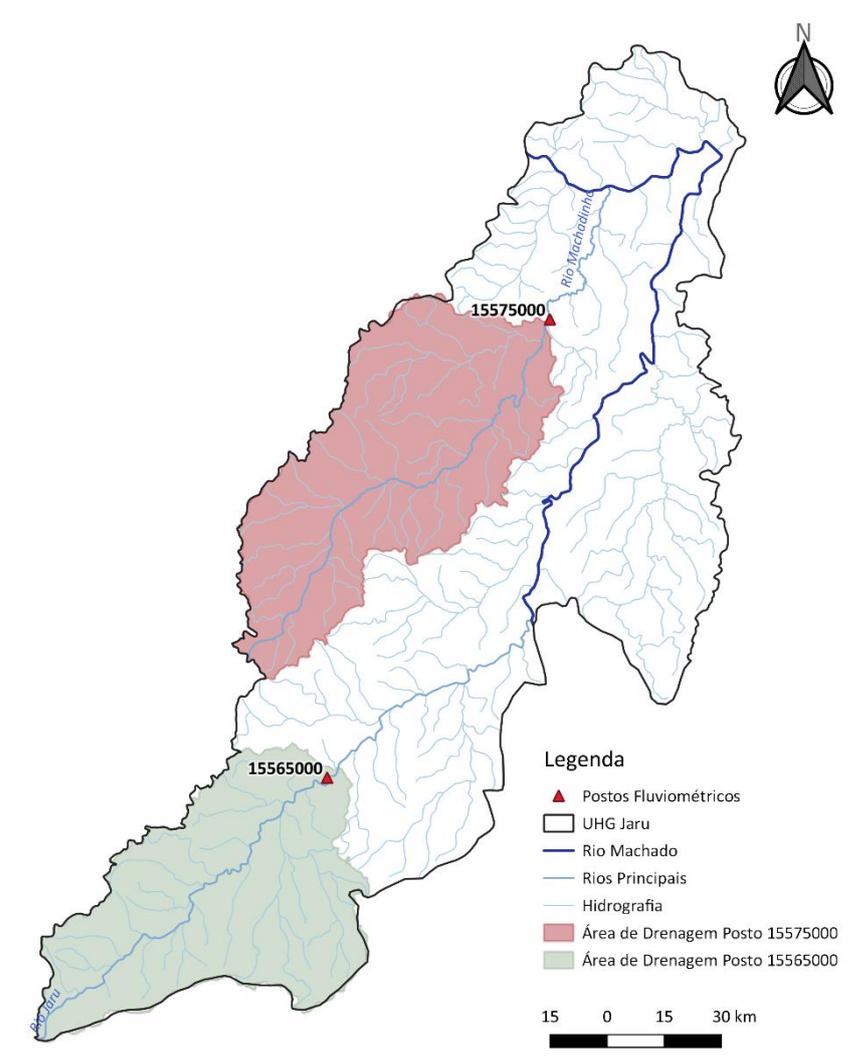
Unidade Hidrográfica de Gestão do Rio Jaru

Para a UHG do rio Jaru, foi necessário, primeiramente, verificar a disponibilidade de postos fluviométricos na região, uma vez que já se constatou pelas análises anteriores, que a equação de regionalização do PERH/RO (Equação 5) não apresenta aderência adequada às vazões observadas em campo.

A UHG do rio Jaru possui dois postos fluviométricos localizados no rio Jaru (posto 15565000) e no rio Machado (posto 15575000) afluentes do rio Machado (FIGURA 45).

FIGURA 45

Postos Fluviométricos – UHG do rio Jaru



Elaboração do autor.

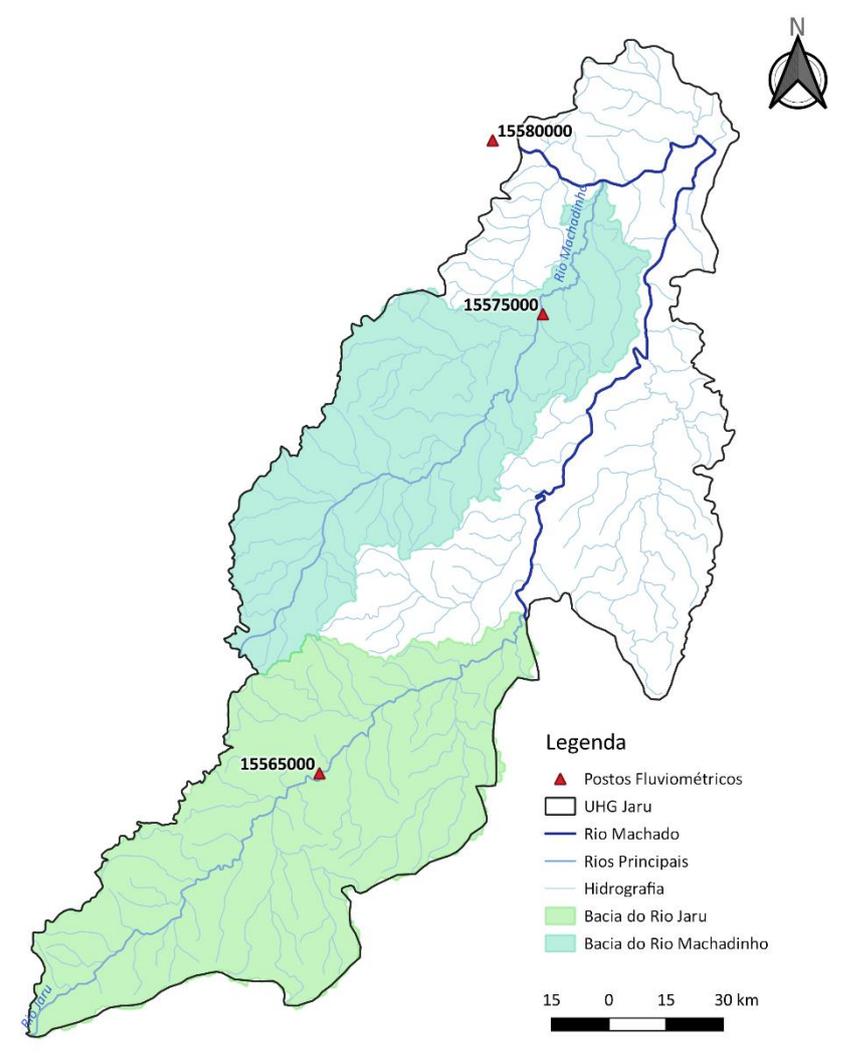
A determinação da disponibilidade hídrica para a UHG do Jaru foi realizada mediante o emprego das vazões específicas das vazões $Q_{95\%}$ destes dois postos fluviométricos, além do posto localizado na UHG do Baixo Machado (posto 15580000).

A UHG do rio Jaru foi subdividida em três “áreas de contribuição”:

- bacia hidrográfica do rio Jaru: foi considerada a vazão específica do posto 15565000;
- bacia hidrográfica do rio Machadinho: foi considerada a vazão específica do posto 15575000;
- restante da UHG do rio Jaru: foi considerada a vazão específica do posto 15580000 localizado na UHG do Baixo Rio Machado.

FIGURA 46

Áreas de contribuição adotadas – UHG do rio Jaru



Elaboração do autor.

As vazões específicas resultantes consideraram as áreas de drenagem e as vazões de permanência de 95% oriundas do PERH/RO e uma vez calculadas, elas foram transferidas para os

exutórios das áreas de contribuições definidas, considerando as áreas das ottobacias pertencentes a elas.

De acordo com o PERH/RO, as áreas de drenagem dos postos fluviométricos 15565000 e 15575000 é da ordem de 3.960 km² e 4.650 km², com vazões Q_{95%} de 3,37 m³/s e 25,60 m³/s resultando em vazões específicas de 0,00085 m³/s.km² e 0,00551 m³/s.km² respectivamente (Equação 10).

$$Q_{esp} = \frac{Q_{95\%}}{A_{dren}} \quad \text{Equação 10}$$

onde:

Q_{95%} = vazão de permanência Q_{95%} (m³/s);

A_{dren} = área de drenagem (km²).

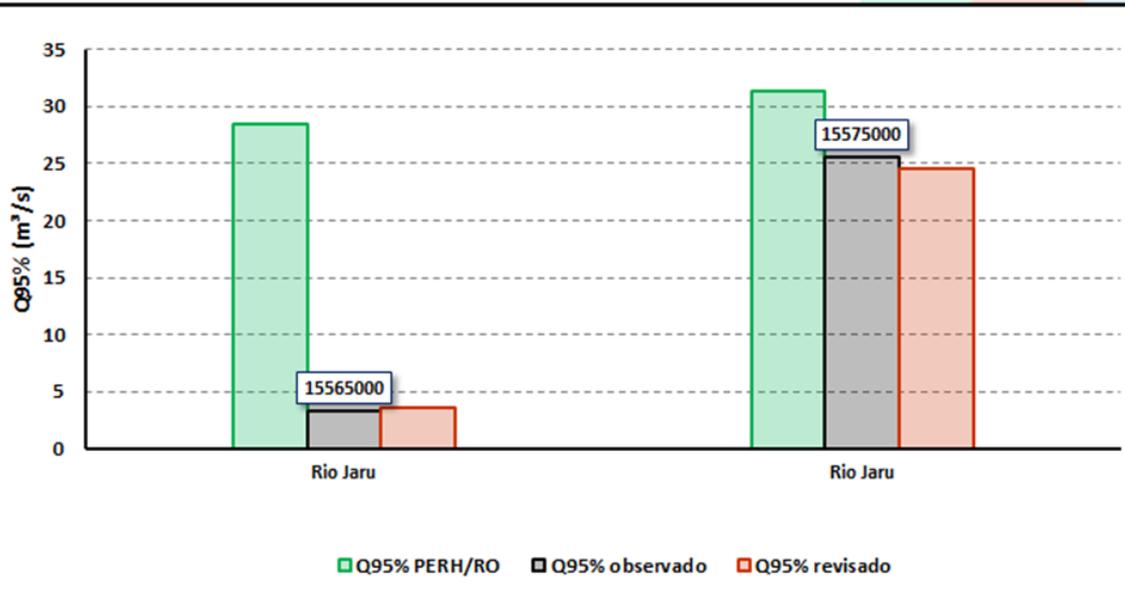
Já para o posto 15580000 localizado na UHG do Baixo Rio Machado, a sua área de drenagem é de 60.200 km² e Q_{95%} de 247,73 m³/s, resultando em uma vazão específica de 0,00412 m³/s.km².

As vazões resultantes dos postos localizados na UHG do Rio Jaru considerando as vazões específicas e as áreas de contribuição provenientes das ottobacias estão apresentadas na FIGURA 47 seguinte.

FIGURA 47

Comparação entre as vazões do PERH/RO e as estimadas pela Equação 10 em relação às observadas

Código da Estação	Rio	UHG	Área de contribuição (km ²)	Q _{95%} observada (m ³ /s)	Q _{95%} PERH (m ³ /s)	Q _{95%} calculada (m ³ /s)	% Q _{95%} observada
15565000	Rio Jaru	Rio Jaru	4132	3,37	28,46	3,52	104%
15575000	Rio Machadinho	Rio Jaru	4463	25,60	31,36	24,57	96%



Elaboração do autor.

A adoção das vazões específicas nas áreas de contribuição para determinar as disponibilidades hídricas na UHG do rio Jaru, possibilitou também corrigir a superestimação das vazões para a bacia do rio Jaru (posto 15565000), pois pela Equação 5 da regionalização no PERH/RO, esta apresentava um valor 8 (oito) vezes maior que o observado (ver TABELA 2 na página 38).

A título de explicação, seguem os passos realizados para a determinação da vazão no posto 15580000 localizado na UHG do Baixo Rio Machado:

1º) Cálculo da vazão no exutório da bacia do rio Jaru

$$\begin{aligned} Q_{95\% \text{ bacia rio Jaru}} &= Q_{\text{esp posto 15565000}} \times A_{\text{bacia rio Jaru}} \\ &= 0,00085 \times 5.853,31 = 4,97 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned} \quad \text{Equação 11}$$

onde:

$Q_{95\% \text{ bacia rio Jaru}}$ = vazão de permanência $Q_{95\%}$ no exutório da bacia do rio Jaru (m^3/s);

$Q_{\text{esp posto 15565000}}$ = vazão específica do posto 15565000 ($\text{m}^3/\text{s.km}^2$);

$A_{\text{bacia rio Jaru}}$ = área de contribuição da bacia do rio Jaru, proveniente das ottobacias (km^2).

2º) Cálculo da vazão no exutório da bacia do rio Machadinho

$$\begin{aligned} Q_{95\% \text{ bacia rio Machadinho}} &= Q_{\text{esp posto 15575000}} \times A_{\text{bacia rio Machadinho}} \\ &= 0,00551 \times 5.568,63 = 30,66 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned} \quad \text{Equação 12}$$

onde:

$Q_{95\% \text{ bacia rio Machadinho}}$ = vazão de permanência $Q_{95\%}$ no exutório da bacia do rio Machadinho (m^3/s);

$Q_{\text{esp posto 15575000}}$ = vazão específica do posto 15575000 ($\text{m}^3/\text{s.km}^2$);

$A_{\text{bacia rio Machadinho}}$ = área de contribuição da bacia do rio Machadinho, proveniente das ottobacias (km^2).

3º) Cálculo da vazão no posto 15580000

$$\begin{aligned} Q_{95\% \text{ 15580000}} &= Q_{95\% \text{ AM}} + Q_{95\% \text{ MM}} + Q_{95\% \text{ Jaru}} + Q_{95\% \text{ Machadinho}} \\ &\quad + Q_{\text{esp 15580000}} \times (A_J + A_{BM}) \end{aligned} \quad \text{Equação 13}$$

$$\begin{aligned} Q_{95\% \text{ 15580000}} &= 143,31 + 41,54 + 4,97 + 30,66 \\ &\quad + 0,00412 \times (9.520,03 + 86,53) = 260,02 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

onde:

$Q_{95\% \text{ 15580000}}$ = vazão de permanência $Q_{95\%}$ no posto 15580000 (m^3/s);

$Q_{95\% \text{ AM}}$ = vazão de permanência $Q_{95\%}$ contribuinte da UHG do Alto Rio Machado (m^3/s);

$Q_{95\% \text{ MM}}$ = vazão de permanência $Q_{95\%}$ contribuinte da UHG do Médio Rio Machado (m^3/s);

$Q_{95\% \text{ Jaru}}$ = vazão de permanência $Q_{95\%}$ no exutório da bacia do rio Jaru (m^3/s);

$Q_{95\% \text{ Machadinho}}$ = vazão de permanência $Q_{95\%}$ no exutório da bacia do rio Machadinho (m^3/s);

$Q_{\text{esp posto 15575000}} = \text{vazão específica do posto 15575000 (m}^3/\text{s.km}^2\text{)}$;

$A_j = \text{área de contribuição restante da UHG do Rio Jaru, proveniente das ottobacias (km}^2\text{)}$;

$A_{\text{BM}} = \text{área de contribuição da UHG do Baixo Rio Machado, proveniente das ottobacias (km}^2\text{)}$.

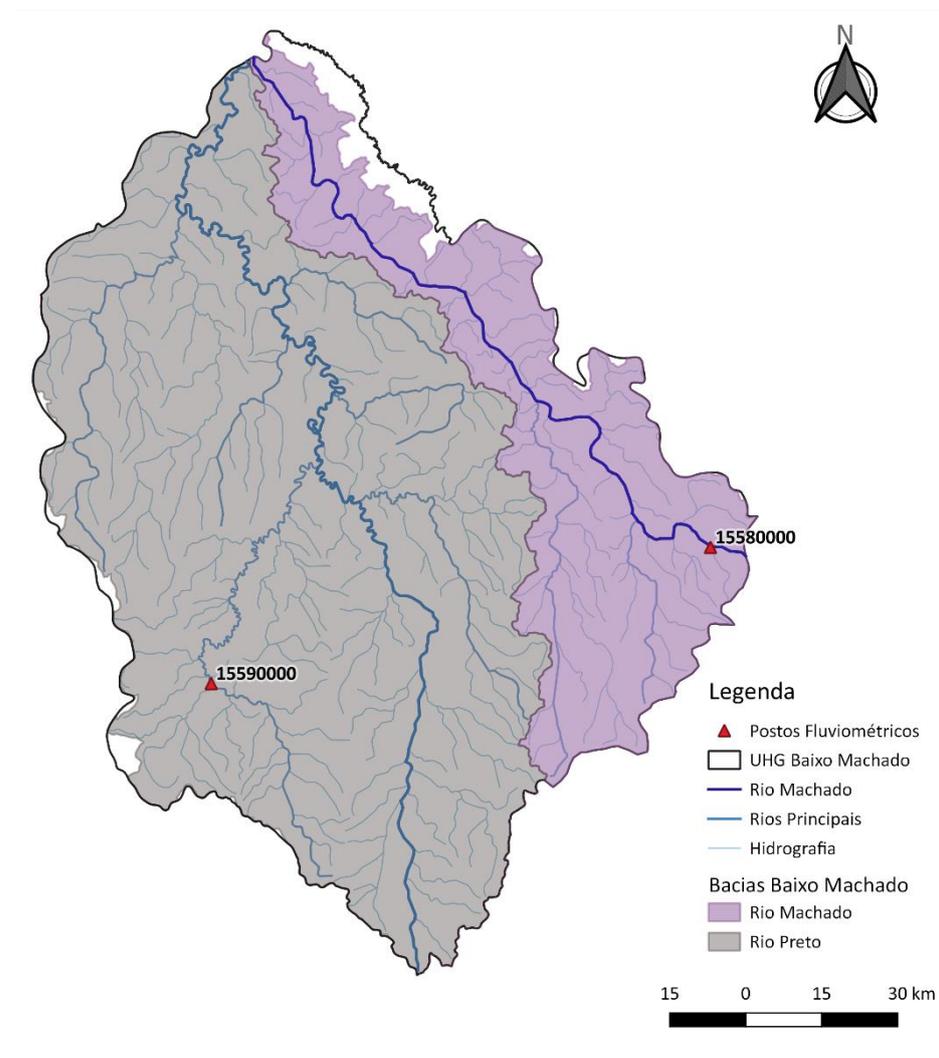
Portanto, para o posto 15580000 localizado na UHG do Baixo Rio Machado, a vazão resultante por meio do processo descrito, foi de 260,02 m³/s, em torno de 5% maior que observado, valor ainda menor que o obtido pelo PERH/RO (7%) (ver TABELA 2 na página 38) e dentro do esperado, por conta das incertezas envolvidas e propagadas das UHGs à montante.

Unidade Hidrográfica de Gestão do Baixo Rio Machado

A UHG do Baixo Rio Machado é composta pelas bacias hidrográficas do rio Machado e do rio Preto (FIGURA 48), cujos exutórios encontram-se no rio Madeira.

FIGURA 48

UHG do Baixo Rio Machado – Bacias Hidrográficas e Postos Fluviométricos



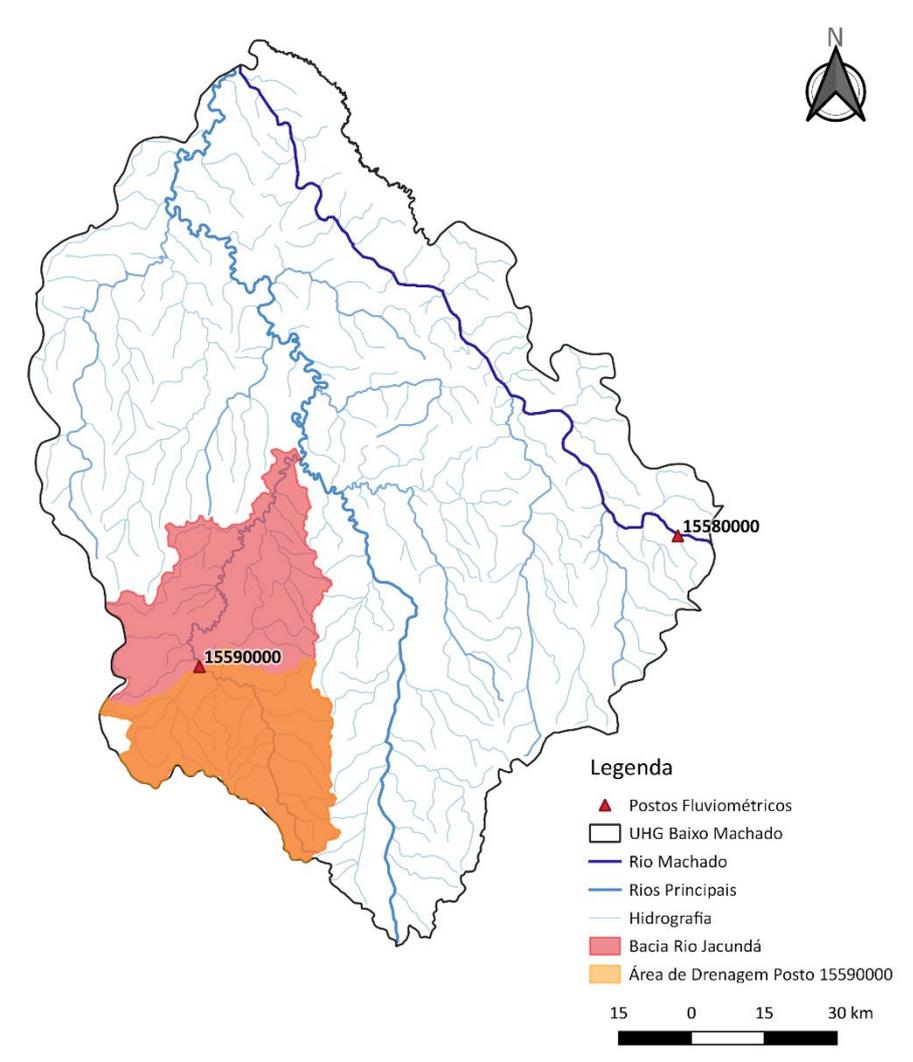
Elaboração do autor.

Nesta UHG existem dois postos fluviométricos, o posto 15580000 e o posto 15590000, este último localizado na bacia hidrográfica do rio Preto, mais especificamente na bacia do rio Jacundá, segundo o PERH/RO (FIGURA 49).

Com as vazões específicas destes dois postos, foi possível a obtenção das disponibilidades hídricas desta UHG, transferindo-as para os exutórios das suas respectivas bacias hidrográficas, porém, sem a possibilidade de aferi-las, uma vez que não se têm dados fluviométricos na região a jusante destes postos para conferência.

FIGURA 49

UHG do Baixo Rio Machado – Áreas de Drenagem



Elaboração do autor.

De acordo com o PERH/RO, a área de drenagem do posto fluviométrico 15590000 é da ordem de 1.200 km² com vazão Q_{95%} de 1,40 m³/s, resultando em uma vazão específica de 0,00117 m³/s.km², de acordo com a Equação 14.

$$Q_{esp} = \frac{Q_{95\%}}{A_{dren}}$$

Equação 14

onde:

$Q_{95\%}$ = vazão de permanência $Q_{95\%}$ (m^3/s);

A_{dren} = área de drenagem (km^2).

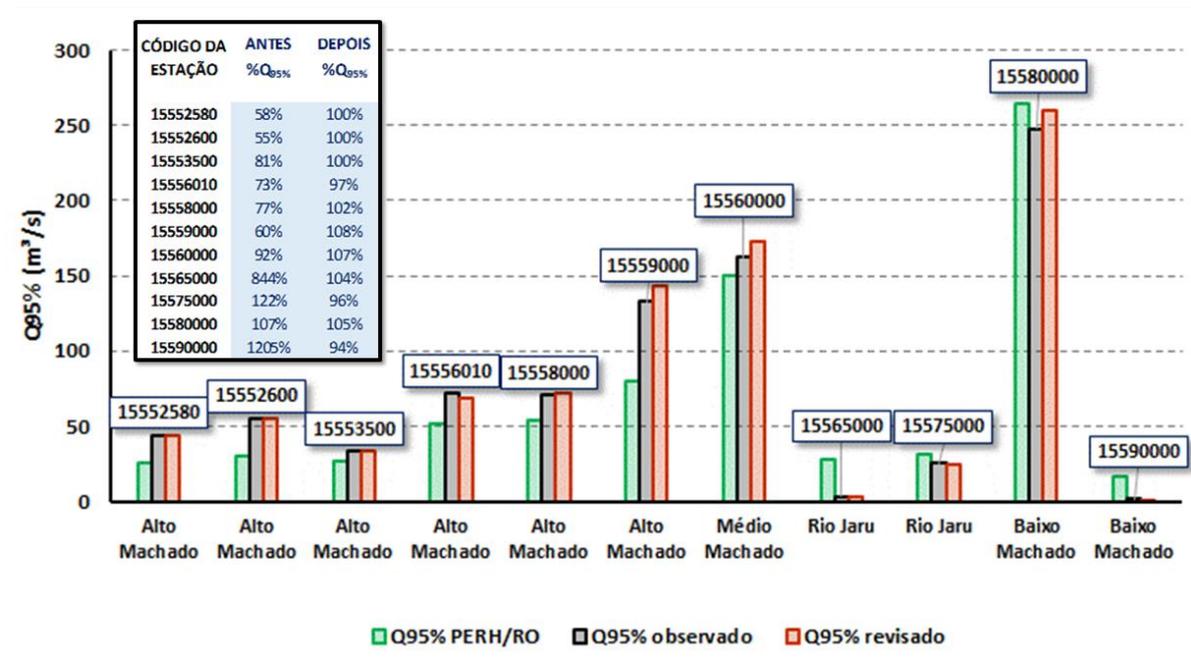
Para o posto 15580000 localizado na UHG do Baixo Machado, sendo sua área de drenagem de $60.200 km^2$ e $Q_{95\%}$ de $247,73 m^3/s$, a vazão específica é igual a $0,00412 m^3/s.km^2$.

Com a utilização da vazão específica do posto 15590000, foi possível diminuir o valor superestimado da disponibilidade hídrica referente à bacia do rio Preto, caso fosse utilizada a Equação 5 da regionalização elaborada para PERH/RO, em que a mesma apresentava um valor 12 (doze) vezes maior da vazão $Q_{95\%}$ observada neste posto (ver TABELA 2 na página 38).

Após a consistência dos valores das disponibilidades hídricas, o resultado obtido foi uma melhor adequação para valores mais próximos dos observados em campo em comparação com os obtidos pelo PERH/RO (FIGURA 50).

FIGURA 50

Resultado da consistência da disponibilidade hídrica



Elaboração dos autores.

4.3.2. Adequação dos dados de disponibilidade hídrica para outorga

A disponibilidade hídrica passível de outorga das Unidades Hidrográficas de Gestão do Rio Machado foi proposta pelo PERH/RO, a partir de critérios mais ou menos restritivos, que levaram em consideração questões ambiental, social, cultural e de densidade populacional das áreas das UHGs do rio Machado, no que diz respeito a possíveis gerações de conflitos pelo uso da água. A TABELA 3

mostra os critérios propostos pelo PERH/RO, e adotados na presente Nota Técnica, para os valores de vazão outorgável (percentuais da vazão de referência $Q_{95\%}$) para as quatro unidades do rio Machado.

TABELA 3

Vazões outorgáveis propostas

UHG	Observação	Vazão outorgável
Alto Rio Machado	critérios padrões	70% $Q_{95\%}$
Médio Rio Machado	menos restritivo	80% $Q_{95\%}$
Rio Jaru	menos restritivo	80% $Q_{95\%}$
Baixo Rio Machado	critérios padrões	70% $Q_{95\%}$

Fonte: adaptado RHA (2018).

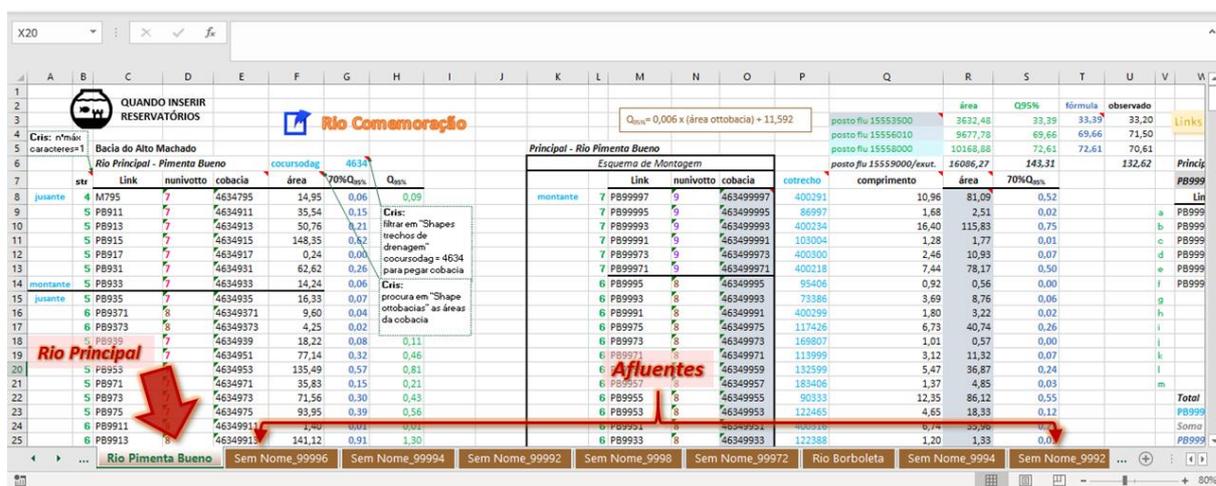
A adequação dos dados de disponibilidade hídrica foi realizada mediante uma esquematização da rede hidrográfica da bacia do rio Machado em planilha eletrônica.

O PERH/RO definiu para a bacia do rio Machado quatro UHG: Alto Rio Machado, Médio Rio Machado, Rio Jaru e Baixo Rio Machado.

Cada UHG foi montada em planilha eletrônica, a qual foi subdividida de acordo com a hidrografia, com seus rios principais e afluentes. A FIGURA 51 ilustra parte da planilha montada para a UHG do Alto Machado, no detalhe parte da subdivisão hidrográfica.

FIGURA 51

Planilha de esquematização da rede de simulação – Subdivisão hidrográfica



Elaboração do autor.

A esquematização da hidrografia que possibilitou a adequação dos dados de disponibilidade hídrica foi feita a partir da ordenação dos trechos de drenagem e das ottobacias correspondentes, uma vez que o valor da disponibilidade hídrica está atrelado às áreas de drenagem provenientes das ottobacias.

As informações referentes aos trechos de drenagem e às ottobacias foram retiradas dos *shapes* da *BASE HIDROGRÁFICA OTTOCODIFICADA MULTIESCALAS 2017 5K (BHO5K)* disponível no site da ANA (<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>), mais especificamente:

- *Trechos de Drenagem* (gpkg): representação linear unifilar do fluxo d'água principal de um corpo d'água sob a forma de trechos de drenagem provenientes da cartografia. Essa representação é compatível com a codificação de bacias de Otto Pfafstetter;
- *Áreas de Contribuição Hidrográfica* (gpkg): representação poligonal das áreas de contribuição hidrográfica, ottobacia, para cada trecho de drenagem, com seu código de bacia obtido a partir da metodologia de Otto Pfafstetter.

Esses *shapes* foram trabalhados em ambiente SIG e exportados para o formato de planilha eletrônica com o objetivo de extrair as informações referentes à bacia hidrográfica em estudo, no caso da presente Nota Técnica, as UHGs da bacia do rio Machado. Os *shapes* originais precisam ser colocados na projeção UTM, para que as informações de comprimento em km (*Trechos de Drenagem*) e de área em km² (*Áreas de Contribuição Hidrográfica*) sejam adicionados aos campos da tabela de atributos dos componentes da rede de simulação.

Feito isso, criaram-se duas planilhas: "*Shape trecho de drenagem*" e "*Shape ottobacias*", que possibilitaram extrair as informações de comprimento dos trechos de drenagem e da área das ottobacias correspondentes, bem como de outras informações explicadas na sequência.

Primeiramente, foi preciso identificar o rio principal da UHG, por exemplo, para a UHG do Alto Machado, foram identificados dois rios principais (rio Pimenta Bueno e rio Comemoração). O rio principal foi então ordenado de montante para jusante de acordo com os códigos das ottobacias (cobacia) filtrados na planilha "Shapes trechos de drenagem" com o código que identifica o rio Pimenta Bueno (coursodag = 4634). Já os afluentes do rio Pimenta Bueno foram identificados também por meio de filtros, mas neste caso seriam as ottobacias que apresentassem o código coursodag maior que 46349.

Outro exemplo, no caso do rio Comemoração o coursodag é igual 46348, portanto para a obtenção das cobacias deste rio, foi preciso filtrar na planilha "Shapes trechos de drenagem" a condição coursodag igual a 46348 e para seus afluentes a condição foi coursodag maior que 46348 (FIGURA 52).

FIGURA 52

Filtragem dos cursos d'água na planilha "Shape Trechos de Drenagem"

	A	B	C	D	E	F	G
	cobacia	cotrecho	cocursodag	Comprim_km	nooriginal	nunivo	
115	46348777	6725	46348	5,77008	Rio Comemoração	8	
117	46348775	44120	46348	8,99449	Rio Comemoração	8	
119	46348773	44112	46348	6,61541	Rio Comemoração	8	
121	46348771	17073	46348	6,25597	Rio Comemoração	8	
125	46348755	44120	46348	1,04035	Rio Comemoração	8	
127	46348753	44111	46348	5,97338	Rio Comemoração	8	
129	46348751	44120	46348	2,43248	Rio Comemoração	8	
130	46348733	44115	46348	12,73626	Rio Comemoração	8	
132	46348731	44120	46348	3,48805	Rio Comemoração	8	
136	46348717	2230	46348	2,60965	Rio Comemoração	8	
138	46348715	7382	46348	3,46688	Rio Comemoração	8	
140	46348713	3972	46348	5,24607	Rio Comemoração	8	
142	46348711	44120	46348	8,55558	Rio Comemoração	8	
205	4634895	29556	46348	33,11325	Igarapé Piracolina	7	
207	4634893	44113	46348	19,98218	Rio Comemoração	7	
209	4634891	44120	46348	31,69628	Rio Comemoração	7	
217	4634879	44114	46348	4,63111	Rio Comemoração	7	
224	4634855	44112	46348	14,9965	Rio Comemoração	7	
226	4634853	44111	46348	2,14002	Rio Comemoração	7	

	A	B	C	D	E	F	G
	cobacia	cotrecho	cocursodag	Comprim_km	nooriginal	nunivo	
116	46348776	67208	46348776	16,47383	Igarapé Ana Maria	8	
118	46348774	25416	46348774	21,8411		8	
120	46348772	45450	46348772	17,09545	Igarapé Quilômetro	8	
122	46348763	2385	4634876	19,75645	Igarapé Corgão	8	
123	46348762	21129	46348762	20,51995		8	
124	46348761	45746	4634876	10,06733	Igarapé Corgão	8	
126	46348754	28276	46348754	11,79179		8	
128	46348752	28285	46348752	13,60652		8	
131	46348732	43512	46348732	16,6021	Igarapé Santa Clara	8	
133	46348723	26839	4634872	23,65298		8	
134	46348722	5104	46348722	5,49058		8	
135	46348721	7862	4634872	1,83637		8	
137	46348716	38741	46348716	16,17381	Igarapé São Sebastião	8	
139	46348714	24633	46348714	11,39136		8	
141	46348712	26508	46348712	13,88288	Igarapé Diamantino	8	
143	46348623	3322	4634862	8,12468		8	
144	46348622	19801	46348622	8,8054		8	
145	46348621	25494	4634862	10,19907		8	
146	46348525	23938	4634852	16,37192		8	

Elaboração do autor.

Portanto, este raciocínio foi utilizado para todos os cursos d'água, incluindo os seus afluentes para obtenção das cobacias e posteriormente das disponibilidades hídricas.

FIGURA 53

Ordenação do rio Principal

montante	Link	nunivotto	cobacia	cotrecho
7	PB99997	9	463499997	400291
7	PB99995	9	463499995	86997
7	PB99993	9	463499993	400234
7	PB99991	9	463499991	103004
7	PB99973	9	463499973	400300
7	PB99971	9	463499971	400218
6	PB9995	8	46349995	95406
6	PB9993	8	46349993	73386
6	PB9991	8	46349991	400299
6	PB9975	8	46349975	117426
6	PB9973	8	46349973	169807
6	PB9971	8	46349971	113999
6	PB9959	8	46349959	132599
6	PB9957	8	46349957	183406
6	PB9955	8	46349955	90333
6	PB9953	8	46349953	122465
6	PB9951	8	46349951	400316
6	PB9933	8	46349933	122388

Elaboração do autor.

Os afluentes também foram ordenados da mesma maneira, como ilustra a FIGURA 54.

FIGURA 54

Ordenamento dos afluentes

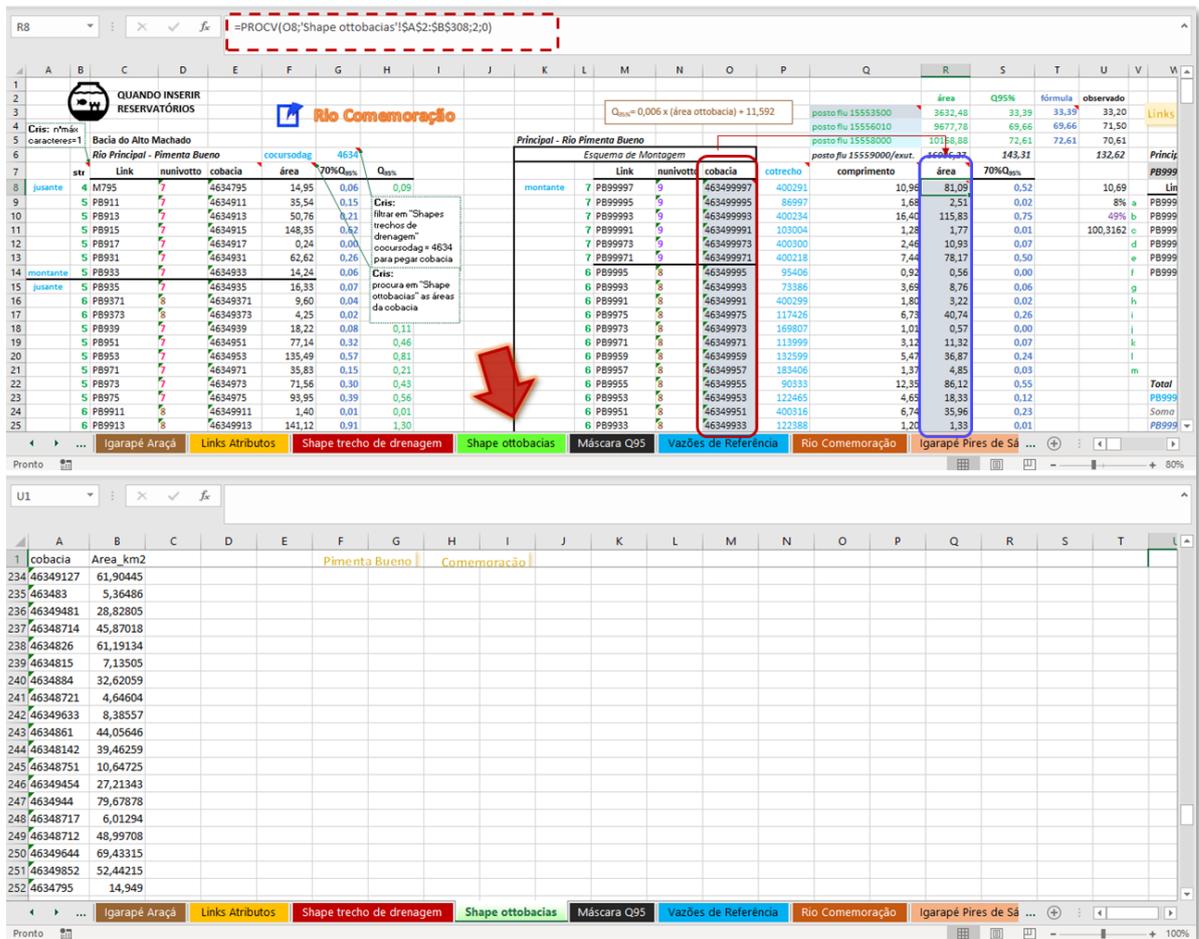
Afluentes - Rio Pimenta Bueno							Afluentes - Rio Pimenta Bueno						
Esquema de Montagem							Esquema de Montagem						
montante	Link	nunivotto	cocursodag	cobacia	nome	cotrecho	montante	Link	nunivotto	cocursodag	cobacia	nome	cotrecho
9	SN	9	463499996	463499996	Sem Nome	186611	9	SN	9	463499996	463499996	Sem Nome	186611
9	SN	9	463499994	463499994	Sem Nome	286269	9	SN	9	463499994	463499994	Sem Nome	286269
9	SN	9	463499992	463499992	Sem Nome	267170	9	SN	9	463499992	463499992	Sem Nome	267170
8	SN	8	463499998	463499998	Sem Nome	270053	8	SN	8	463499998	463499998	Sem Nome	270053
9	SN	9	463499972	463499972	Sem Nome	296267	9	SN	9	463499972	463499972	Sem Nome	296267
8	BB	8	463499996	463499996	Rio Borboleta	454240	8	BB	8	463499996	463499996	Rio Borboleta	454240
8	SN	8	463499994	463499994	Sem Nome	250229	8	SN	8	463499994	463499994	Sem Nome	250229
8	SN	8	463499992	463499992	Sem Nome	170177	8	SN	8	463499992	463499992	Sem Nome	170177
8	CP	8	463499982	463499982	Sem Nome	116790	8	CP	8	463499982	463499982	Sem Nome	116790
8	CP	8	463499988	463499988	Rio Cachoeira Perdida	69487	8	CP	8	463499988	463499988	Rio Cachoeira Perdida	69487
8	CP	8	463499983	463499983	Rio Cachoeira Perdida	263154	8	CP	8	463499983	463499983	Rio Cachoeira Perdida	263154
8	SN	8	463499974	463499974	Sem Nome	316322	8	SN	8	463499974	463499974	Sem Nome	316322
8	SN	8	463499972	463499972	Sem Nome	211773	8	SN	8	463499972	463499972	Sem Nome	211773
7	CV	7	46349996	46349996	Rio Capivara	377553	7	CV	7	46349996	46349996	Rio Capivara	377553
8	SN	8	463499958	463499958	Sem Nome	28104	8	SN	8	463499958	463499958	Sem Nome	28104
8	IATS	8	463499956	463499956	Igarapé das Antas	125830	8	IATS	8	463499956	463499956	Igarapé das Antas	125830
9	IE	9	4634999542	4634999542	Igarapé Esperança	261203	9	IE	9	4634999542	4634999542	Igarapé Esperança	261203
9	IE	9	463499954	463499954	Sem Nome	101680	9	IE	9	463499954	463499954	Sem Nome	101680
9	IE	9	463499954	463499954	Sem Nome	24581	9	IE	9	463499954	463499954	Sem Nome	24581
8	IAF	8	463499952	463499952	Igarapé Água Fria	1247	8	IAF	8	463499952	463499952	Igarapé Água Fria	1247
7	ICC	7	46349994	46349994	Igarapé Cascata	21	7	ICC	7	46349994	46349994	Igarapé Cascata	21

Elaboração do autor.

Depois foi necessário extrair as informações de comprimento dos trechos de drenagem e da área das ottobacias correspondentes e provenientes das planilhas “Shape trecho de drenagem” e “Shape ottobacias” respectivamente.

FIGURA 55

Extração das informações de área das ottobacias



Elaboração do autor.

Com as áreas das ottobacias identificadas pelo código da cobacia, foi possível calcular as vazões outorgáveis ($70\%Q_{95}$) dos trechos de drenagem delimitados pelas suas ottobacias correspondentes, de acordo com o método de cálculo adotado para a UHG (equação de regressão ou vazão específica), no caso da UHG Alto Machado para o rio Pimenta Bueno, foi utilizada a Equação 8.

$$Q = 0,006A + 11,592$$

onde:

Q = vazão de permanência $Q_{95\%}$ (m^3/s);

A = área de drenagem (km^2).

FIGURA 56

Obtenção das vazões outorgáveis

Principal - Rio Pimenta Bueno						posto flu 15558010	3877,78	83,86
Esquema de Montagem						posto flu 15558000	10168,88	72,61
	Link	nunivotto	cobacia	cotrecho	comprimento	área	70%Q _{95%}	
montante	7 PB99997	9	463499997	400291	10,98	81,09	0,52	
	7 PB99995	9	463499995	86997	1,68	2,51	0,02	
	7 PB99993	9	463499993	400234	16,40	115,83	0,75	
	7 PB99991	9	463499991	103004	1,20	1,77	0,01	
	7 PB99973	9	463499973	400300	2,44	10,93	0,07	
	7 PB99971	9	463499971	400218	7,40	78,17	0,50	
	6 PB9995	8	46349995	95406	0,91	0,56	0,00	
	6 PB9993	8	46349993	400299	2,68	8,76	0,06	
	6 PB9991	8	46349991	400299	1,80	3,22	0,02	
	6 PB9975	8	46349975	117426	6,73	40,74	0,26	
	6 PB9973	8	46349973	169807	1,00	0,57	0,00	
	6 PB9971	8	46349971	113999	3,11	11,32	0,07	
	6 PB9959	8	46349959	132599	5,41	36,87	0,24	
	6 PB9957	8	46349957	183406	1,31	4,85	0,03	
	6 PB9955	8	46349955	90333	12,38	86,12	0,55	
	6 PB9953	8	46349953	122465	4,63	18,33	0,12	
	6 PB9951	8	46349951	400316	6,74	35,96	0,23	
	6 PB9933	8	46349933	122388	1,20	1,33	0,01	

Elaboração do autor.

A discretização dos trechos de drenagem para a colocação das disponibilidades hídricas que foram inseridas no OutorgaLS será explicada no item seguinte, no qual também foram consideradas as outras planilhas referentes aos afluentes da UHG.

4.4. Esquematização para a montagem da rede de simulação

Como a disponibilidade hídrica foi obtida mediante o uso de equações de regressão ou por meio das vazões específicas (ver item 4.3 *Consistência e adequação dos dados de disponibilidade hídrica*), as quais usam como variável a área de drenagem e, como se tem essa informação nas ottobacias (*shape* “Áreas de Contribuição Hidrográfica”), a rede foi montada (FIGURA 57) baseando-se no princípio que as ottobacias seriam delimitadas pelos nós de passagem e entre estas estaria o link, no qual se colocou o valor da disponibilidade hídrica (vazão outorgável).

Depois precisou-se definir como seriam nomeadas as topologias da rede, para que as mesmas pudessem ser identificadas facilmente, caso se precise mudar os dados de entrada, neste caso, dos links (disponibilidade hídrica), bem como identificar a localização dos elementos da rede no banco de dados.

- **links:** partem de um nó de passagem para outro nó (de passagem ou de demanda), se for entre nós de passagem, neles são colocados os valores da vazão de referência e da vazão de restrição (mínima ecológica).

Os passos para a montagem da topologia da rede são os seguintes:

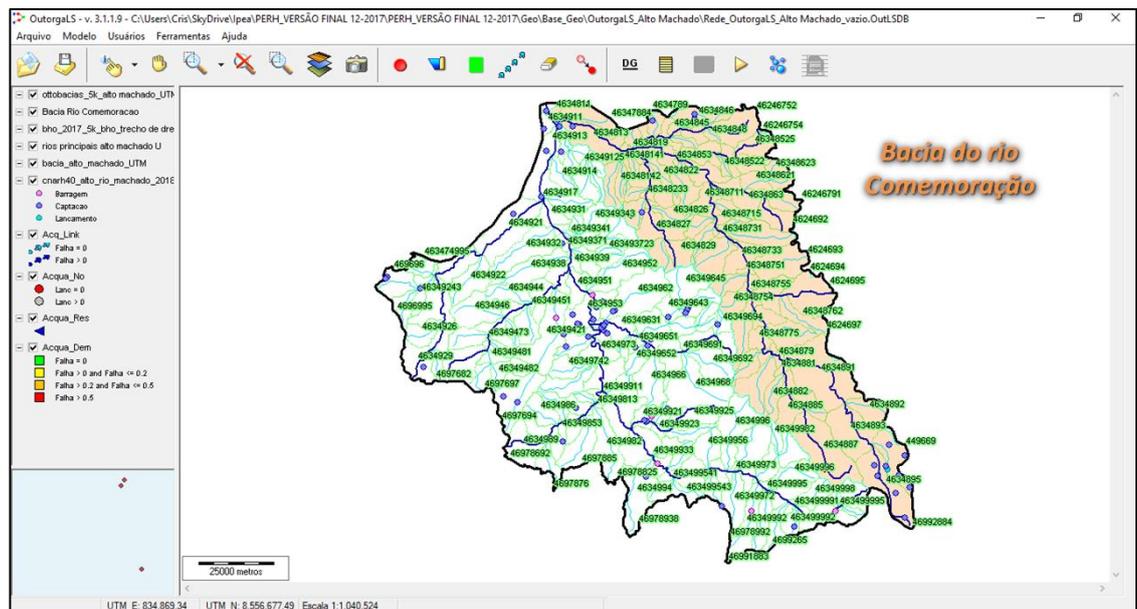
1º) Importar os “*shapes de dados*” referentes aos trechos de drenagem, das ottobacias e do cadastro de usuários (captação e barragem) para a inserção dos dados de entrada necessários aos cálculos; bem como os “*shapes de auxílio*” como a delimitação de bacias hidrográficas e dos principais rios e afluentes, para auxiliar na localização espacial dos elementos da rede de simulação no momento da montagem (FIGURA 59);

2º) Principalmente para os *shapes de dados*: ottobacias e do cadastro de usuários é aconselhável ativar o *label* do *shape* (clcando com o botão direito do *mouse* em cima do *layer*)¹, referente ao código da ottobacia (cobacia) e da identificação do usuário (INT_CD);

3º) No primeiro momento, a rede é iniciada pela inserção dos nós de passagem e dos *links* (caso o *layer* referente ao cadastro de usuários esteja ativo, este pode ser desabilitado, não ficando visível no Mapa Principal);

FIGURA 59

Base de arquivos *shape* para a montagem da rede de simulação – UHG do Alto Machado (destaque para a bacia do rio Comemoração na cor laranja)



Elaboração do autor.

4º) Inicia-se a rede colocando um nó de reservatório com vazão de regularização igual a zero;

5º) Na sequência, começar pela inserção dos nós de passagem, levando em consideração o traçado do trecho de drenagem e as seguintes observações:

¹ Maiores explicações podem ser encontradas no manual do OutorgaLS disponível em <http://www.labsid.eng.br/software.aspx?id=11> em Edição de Layers.

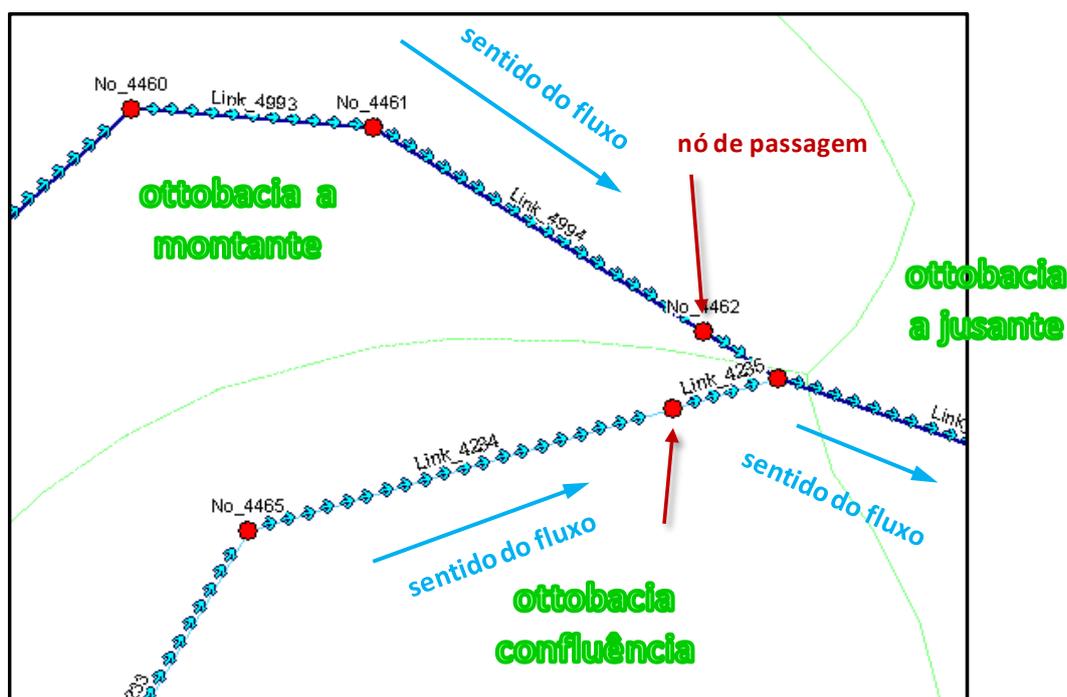
- os nós de passagem devem ser inseridos no início e nas confluências dos trechos de drenagem e;
- onde achar necessário para subdividir os trechos de drenagem (por exemplo, onde possam existir afluentes que na escala adotada não aparecem), neste caso para auxiliar, pode-se importar algum *shape* de hidrografia, em escala mais detalhada, na escala 1:100.000 ou 1:50.000, por exemplo;

observação: a inserção de muitos nós de passagem pode tornar o arquivo da rede de simulação muito pesado, acarretando a lentidão nos processos do programa, além disso, uma rede muito discretizada, também pode aumentar as chances de perda de disponibilidade hídrica nos links (item 4.4.3 Definição das vazões de referência nos links da rede de simulação na página 71), uma vez que a precisão do modelo é de três casas decimais, portanto, é aconselhável uma discretização maior onde a densidade de usuários seja significativa e com tendência de aumento.

- colocar também nó de passagem sempre antes de terminar uma ottobacia (de uma ottobacia para outra) para evitar que caso algum nó de demanda (usuário) esteja próximo do exutório da ottobacia, a disponibilidade hídrica para o mesmo não seja superestimada pela contribuição da ottobacia que está a jusante na confluência (FIGURA 63).

FIGURA 60

Traçado da topologia – Nós de passagem e links



Elaboração do autor.

6º) Depois de inseridos todos os nós de passagem, traçar os links de montante para jusante (sentido do fluxo) clicando nos nós de passagem, respeitando o máximo possível o traçado original do trecho de drenagem, utilizando para isso a ferramenta Zoom (item 3.1.2 Barra de Botões - Operações Básicas, na página 17 desta Nota Técnica);

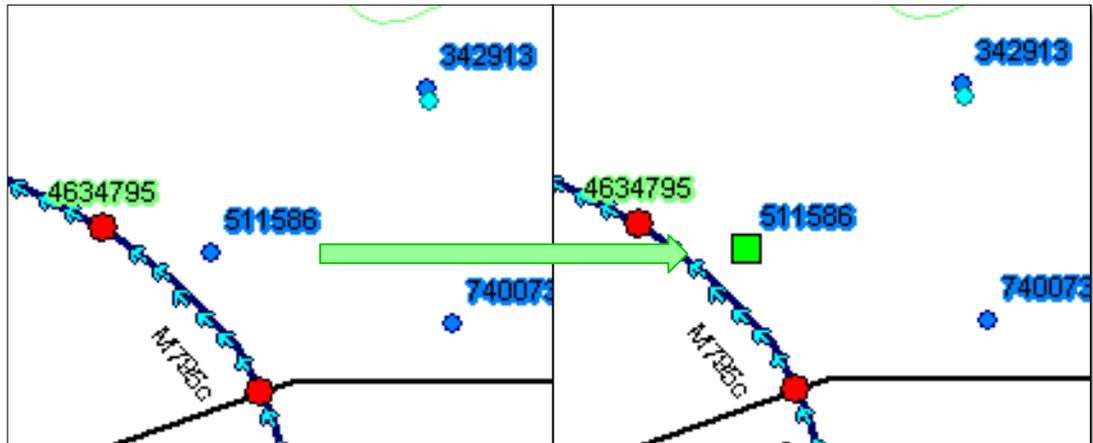
7º) Para a inserção dos nós demanda é preciso importar para o OutorgaLS, o *shape* correspondente aos usuários cadastrados no CNARH, devidamente consistido de acordo

com a metodologia explicada no item 4.2 *Definição dos dados de demanda hídrica*, na página 31 desta Nota Técnica; se o mesmo já foi importado, basta ativar o seu *layer* e o mesmo ficara visível no Mapa Principal.

8º) Ajustar o *zoom* da tela para a melhor identificação dos números dos usuários (INT_CD) e inserir o nó de demanda (FIGURA 61);

FIGURA 61

Exemplo de inserção de um nó de demanda

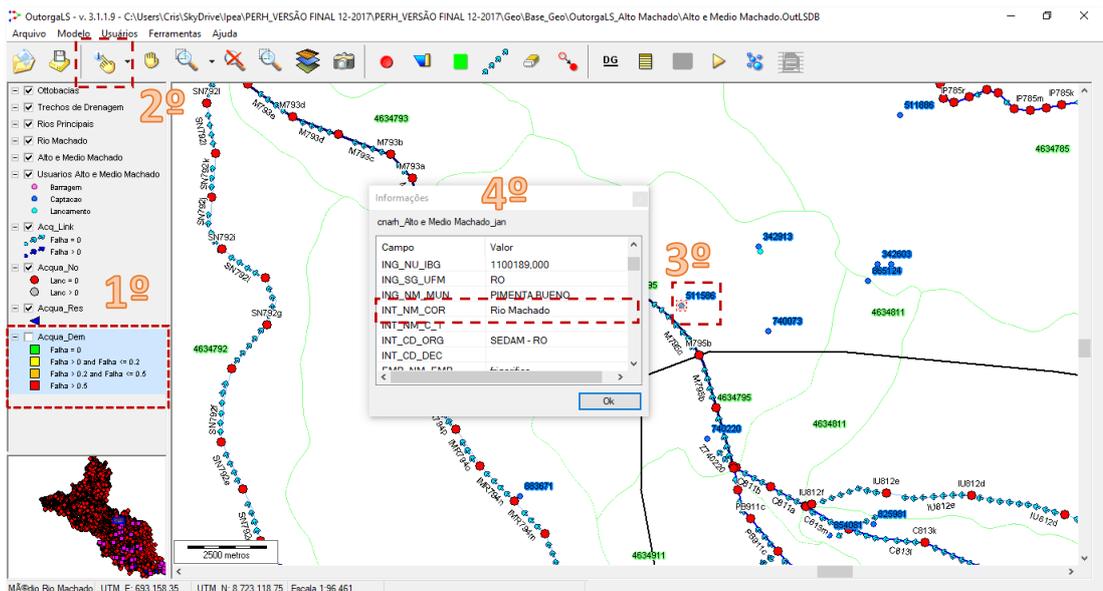


Elaboração do autor.

9º) Para inserir o link da demanda é preciso identificar em qual curso d'água o usuário está captando água (INT_NM_COR); para isso, basta ativar a ferramenta de informação e clicar com o botão esquerdo próximo do usuário, do shape e não do *layer* do nó de demanda, para facilitar é aconselhável desabilitar o *layer* Acqua_Dem ou aplicar o Zoom (FIGURA 62);

FIGURA 62

Exemplo de identificação do curso d'água para inserir o link da demanda



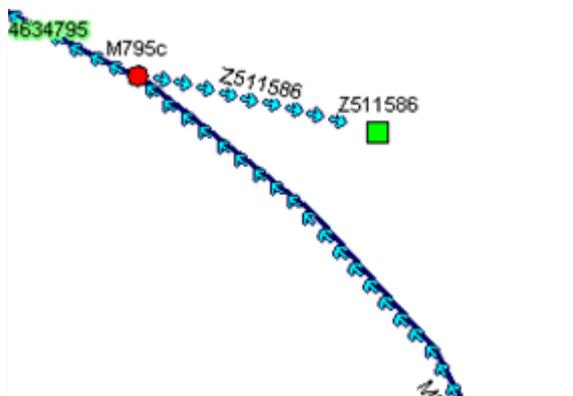
Elaboração do autor.

10º) Traçar o link entre o nó de demanda e o nó de passagem (sentido nó de passagem para nó de demanda) do curso d'água em questão (INT_NM_COR) o qual, **caso seja**

necessário, pode ser confirmado por meio à consulta ao *shape* trecho de drenagem (desabilitando o *layer* Acq_link facilita nesta consulta). O nó de passagem será aquele que for mais próximo da demanda, também neste caso, se preferir, pode-se importar algum *shape* de hidrografia na escala 1:100.000 ou 1:50.000, para a visualização dos afluentes e escolher o nó de passagem com uma maior precisão.

FIGURA 63

Inserção do link da demanda de captação



Elaboração do autor.

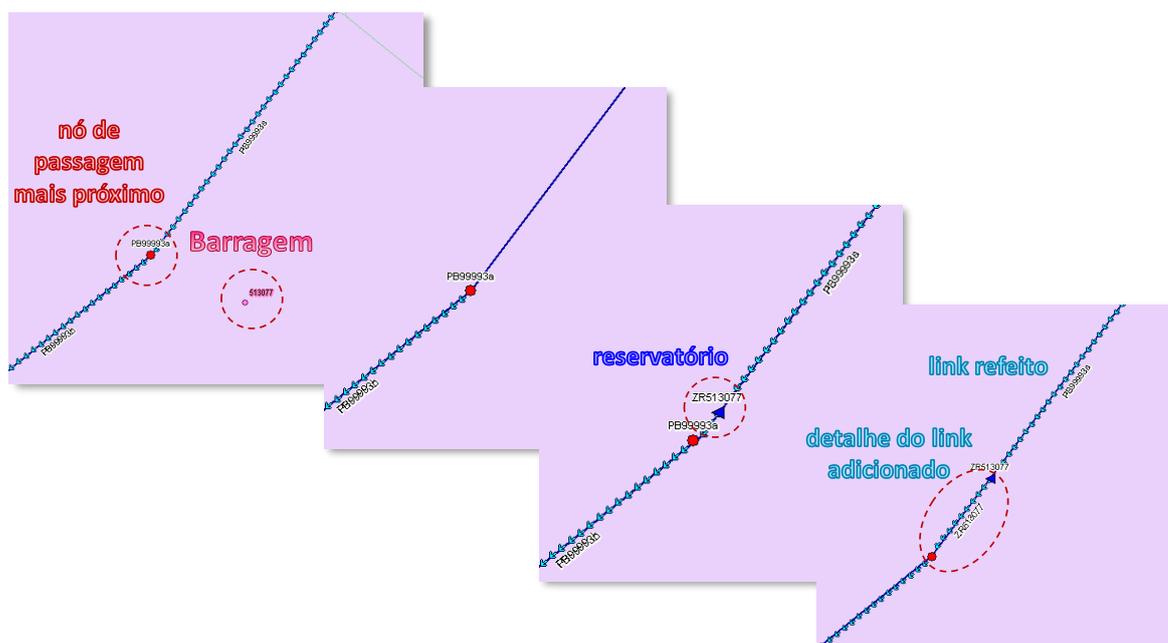
11º) No caso dos reservatórios, eles são inseridos na rede de simulação após a introdução das vazões de referência nos links entre os nós de passagem. Por se tratar de uma montagem de uma rede de simulação do “zero”, é necessário de antemão montar a rede com as disponibilidades hídricas originais (vazão outorgável), pois o elemento reservatório tem como característica, quando inserido na rede de simulação, desconsiderar a transferência do resultado do balanço hídrico e considerar para jusante o valor da vazão de regularização;

12º) Após inseridas as vazões de referência nos links, a inclusão de reservatório consiste nos seguintes passos (FIGURA 67):

- identificar em qual curso d'água a barragem está instalada (Ferramenta Informações → INT_NM_COR);
- localizá-lo o mais próximo de um nó de passagem;
- será preciso apagar o link do trecho de drenagem, inserir o reservatório e refazer o link da drenagem e adicionar o link referente a saída do reservatório.

FIGURA 64

Passos para a inserção do nó de reservatório



Elaboração do autor.

4.4.2. Identificação dos elementos da rede de simulação

Clicando-se com o botão direito do *mouse* sobre qualquer elemento da topologia da rede, é possível editar o seu nome, portanto a identificação foi realizada mediante este procedimento no OutorgaLS sobre cada elemento.

A identificação dos elementos da rede de simulação no OutorgaLS (principalmente para os nós de passagem e links com as vazões de referência) foi realizada pensando em uma nomenclatura que pudesse representar em qual curso d'água o elemento está inserido para posterior consulta de um determinado elemento, caso seja necessário.

Primeiramente foram levantados todos os cursos d'água das quatro UHG a partir do *shape* "Trechos de Drenagem" e dado para cada um deles uma sigla que os identifica hidráulicamente na rede de simulação (TABELA 4).

TABELA 4

Relação dos cursos d'água das UHG e as siglas adotadas na montagem da rede de simulação

SIGLA	RIO PRINCIPAL	UHG	SIGLA	RIO PRINCIPAL	UHG
AN	Rio Anari ou Nariz	Alto Machado	IMD	Igarapé do Mercadinho	Baixo Machado
AR	Rio Anari	Jaru	IME	Igarapé do Meio	Baixo Machado
AV	Rio Ávila	Alto Machado	IMI	Igarapé do Milagre	Médio Machado
BB	Rio Borboleta	Alto Machado	IMM	Igarapé dos Marmelos	Jaru
C	Rio Comemoração	Alto Machado	IMN	Igarapé Maracanã	Baixo Machado
CC	Córrego Cajubim	Jaru	IMO	Igarapé Mina de Ouro	Jaru
CP	Rio Cachoeira Perdida	Alto Machado	IMQ	Igarapé do Macaquinho	Baixo Machado

SIGLA	RIO PRINCIPAL	UHG	SIGLA	RIO PRINCIPAL	UHG
CU	Rio Curica	Baixo Machado	IMR	Igarapé Marreta	Médio Machado
CV	Rio Capivara	Alto Machado	IMT	Igarapé dos Monteiro	Baixo Machado
IA	Igarapé Arara	Alto Machado	IMU	Igarapé Mucumim	Baixo Machado
IAA	Igarapé Água Azul	Médio Machado	IN	Igarapé Nazaré	Médio Machado
IAB	Igarapé Água Boa	Médio Machado	INA	Igarapé Nazaré	Baixo Machado
IAF	Igarapé Água Fria	Alto Machado	IO	Igarapé do Oito	Médio Machado
IAL	Igarapé Água Limpa	Baixo Machado	ION	Igarapé da Onça	Baixo Machado
IAM	Igarapé Ana Maria	Alto Machado	IP	Igarapé Palmeira	Médio Machado
IAP	Igarapé Água Preta	Alto Machado	IPA	Igarapé da Palmeira	Baixo Machado
IAR	Igarapé Araçá	Alto Machado	IPE	Igarapé São Pedro	Baixo Machado
IAT	Igarapé da Anta	Alto Machado	IPM	Igarapé Primeiro de Maio	Baixo Machado
IATS	Igarapé das Antas	Alto Machado	IPR	Igarapé Porto Rico	Alto Machado
IAZ	Igarapé Água Azul	Baixo Machado	IPS	Igarapé Pires de Sá	Alto Machado
IB	Igarapé Iburana	Alto Machado	IPT	Igarapé Preto	Baixo Machado
IBA	Igarapé Buenos Aires	Jaru	IQO	Igarapé Quilômetro 80	Alto Machado
IBC	Igarapé Baiaco	Baixo Machado	IR	Igarapé do Rui	Baixo Machado
IBJ	Igarapé Bom Jesus	Alto Machado	IRA	Igarapé São Raimundo	Baixo Machado
ICA	Igarapé Carnavalzinho	Baixo Machado	IRO	Igarapé Roncador	Baixo Machado
ICC	Igarapé Cascata	Alto Machado	IRP	Igarapé Braço Esquerdo do Rio Preto do Crespo	Baixo Machado
ICG	Igarapé Córção	Alto Machado	IS	Igarapé São Carlos	Médio Machado
ICH	Igarapé do Cachorro	Baixo Machado	ISB	Igarapé Santa Bárbara	Baixo Machado
ICJ	Igarapé Cajueiro	Alto Machado	ISC	Igarapé São Cristóvão	Jaru
ICN	Igarapé da Candelária	Baixo Machado	ISD	Igarapé São Domingos	Jaru
ICP	Igarapé Chupador	Baixo Machado	ISF	Igarapé São Félix	Baixo Machado
ICR	Igarapé Carcará	Baixo Machado	ISJ	Igarapé São João	Jaru
IDB	Igarapé da Borboleta	Baixo Machado	ISO	Igarapé São João	Baixo Machado
ICU	Igarapé Cururu	Baixo Machado	ISP	Igarapé São Paulo	Alto Machado
ICZ	Igarapé da Cruz	Jaru	ISR	Igarapé São Raimundo	Baixo Machado
ID	Igarapé Diamantino	Alto Machado	ISS	Igarapé São Sebastião	Alto Machado
IDA	Igarapé Dois de Agosto	Jaru	IST	Igarapé Setembrino	Médio Machado
IDAT	Igarapé da Ata	Jaru	IT	Igarapé Taboca	Alto Machado
IDC	Igarapé do Cajueiro	Jaru	ITA	Igarapé Tacacá	Baixo Machado
IDD	Igarapé dos Dez	Médio Machado	ITE	Igarapé da Teresa	Baixo Machado
IDE	Igarapé Defumador	Jaru	ITN	Igarapé Tonelada	Baixo Machado
IDL	Igarapé da Leitoa	Baixo Machado	ITO	Igarapé do Torrão	Baixo Machado
IDO	Igarapé da Onça	Baixo Machado	ITR	Igarapé do Trovão	Baixo Machado
IDP	Igarapé da Prainha	Médio Machado	IU	Igarapé Urumã	Alto Machado
IDR	Igarapé do Rato	Baixo Machado	IUN	Igarapé União	Baixo Machado
IDT	Igarapé do Teixeira	Baixo Machado	IV	Igarapé Valparaíso	Baixo Machado
IE	Igarapé Esperança	Alto Machado	IZD	Igarapé Zé Dias	Baixo Machado
IEN	Igarapé Encontro	Médio Machado	J	Rio Jaru	Jaru
IFB	Igarapé Francisco Bueno	Alto Machado	JA	Rio Jacundá	Baixo Machado
IFF	Igarapé Franco Ferreira	Alto Machado	JC	Rio Jacundá	Baixo Machado
IFY	Igarapé Félix Fleury	Alto Machado	JU	Rio Juruá	Baixo Machado
IG	Igarapé Grande	Médio Machado	MA	Rio Machadinho	Jaru

SIGLA	RIO PRINCIPAL	UHG	SIGLA	RIO PRINCIPAL	UHG
II	<i>Igarapé do Inferno</i>	<i>Jaru</i>	MI	<i>Rio Miriti</i>	<i>Baixo Machado</i>
IJ	<i>Igarapé Jassarana</i>	<i>Médio Machado</i>	MQ	<i>Rio Muqui</i>	<i>Médio Machado</i>
IJA	<i>Igarapé Jatuarana</i>	<i>Baixo Machado</i>	O	<i>Rio do Ouro</i>	<i>Alto Machado</i>
IJG	<i>Igarapé Jacaré Grande</i>	<i>Baixo Machado</i>	PB	<i>Rio Pimenta Bueno</i>	<i>Alto Machado</i>
IJN	<i>Igarapé Jatuarana</i>	<i>Baixo Machado</i>	R	<i>Rio Rolim de Moura</i>	<i>Médio Machado</i>
IJO	<i>Igarapé São João</i>	<i>Baixo Machado</i>	RBV	<i>Rio Boa Vista</i>	<i>Médio Machado</i>
IJR	<i>Igarapé Juruá</i>	<i>Baixo Machado</i>	RR	<i>Ribeirão Riachuelo</i>	<i>Médio Machado</i>
IJT	<i>Igarapé Jatuarana</i>	<i>Alto Machado</i>	SN	<i>Sem Nome</i>	<i>Alto Machado</i>
IJU	<i>Igarapé Jutuarana</i>	<i>Médio Machado</i>	SN	<i>Sem Nome</i>	<i>Médio Machado</i>
IL	<i>Igarapé Lourdes</i>	<i>Médio Machado</i>	SN	<i>Sem Nome</i>	<i>Jaru</i>
ILC	<i>Igarapé da Lancha</i>	<i>Baixo Machado</i>	SN	<i>Sem Nome</i>	<i>Baixo Machado</i>
ILI	<i>Igarapé do Limão</i>	<i>Baixo Machado</i>	SP	<i>Rio São Pedro</i>	<i>Alto Machado</i>
ILT	<i>Igarapé Leitão</i>	<i>Médio Machado</i>	T	<i>Rio Toledo</i>	<i>Médio Machado</i>
ILV	<i>Igarapé Lago Verde</i>	<i>Baixo Machado</i>	TA	<i>Rio Tanaru</i>	<i>Alto Machado</i>
IM	<i>Igarapé Melgacinho</i>	<i>Alto Machado</i>	TR	<i>Rio Tarumã</i>	<i>Jaru</i>
IMA	<i>Igarapé Maloca</i>	<i>Alto Machado</i>	U	<i>Rio Urupá</i>	<i>Médio Machado</i>
IMC	<i>Igarapé Monte Cristo</i>	<i>Médio Machado</i>	UR	<i>Rio do Urubu</i>	<i>Alto Machado</i>
M	<i>Rio Machado</i>	<i>Médio e Baixo Machado/ Jaru</i>	AF	<i>Afluentes*</i>	<i>Todas</i>

* colocada nos afluentes dos rios principais após a sigla principal

Elaboração do autor.

Como exemplo de aplicação da metodologia citada, tem-se o rio Comemoração que é formado por vinte e cinco afluentes diretos que precisaram ser nomeados. Optou-se portanto, por identificá-los (links) de acordo com o código da “cobacia”, retirado do *shape* “Áreas de Contribuição Hidrográfica”, no qual o trecho de drenagem está inserido, juntamente com letras que pudessem indicar qual é o curso d’água, no caso a “SIGLA” (FIGURA 65):

- para o primeiro trecho de drenagem do rio Comemoração
 - código cobacia = 4634895
 - letra identificadora: C
 - numeração: os últimos três números do código = 895, **pois levou-se em consideração o código do curso d’água do rio Machado (coursodag = 4634)**
 - resultando = C895
- para o primeiro afluente do rio Comemoração – Igarapé Pires de Sá
 - código cobacia = 4634894
 - letras identificadoras: IPS
 - numeração: os últimos três números do código = 894
 - resultando = IPS894

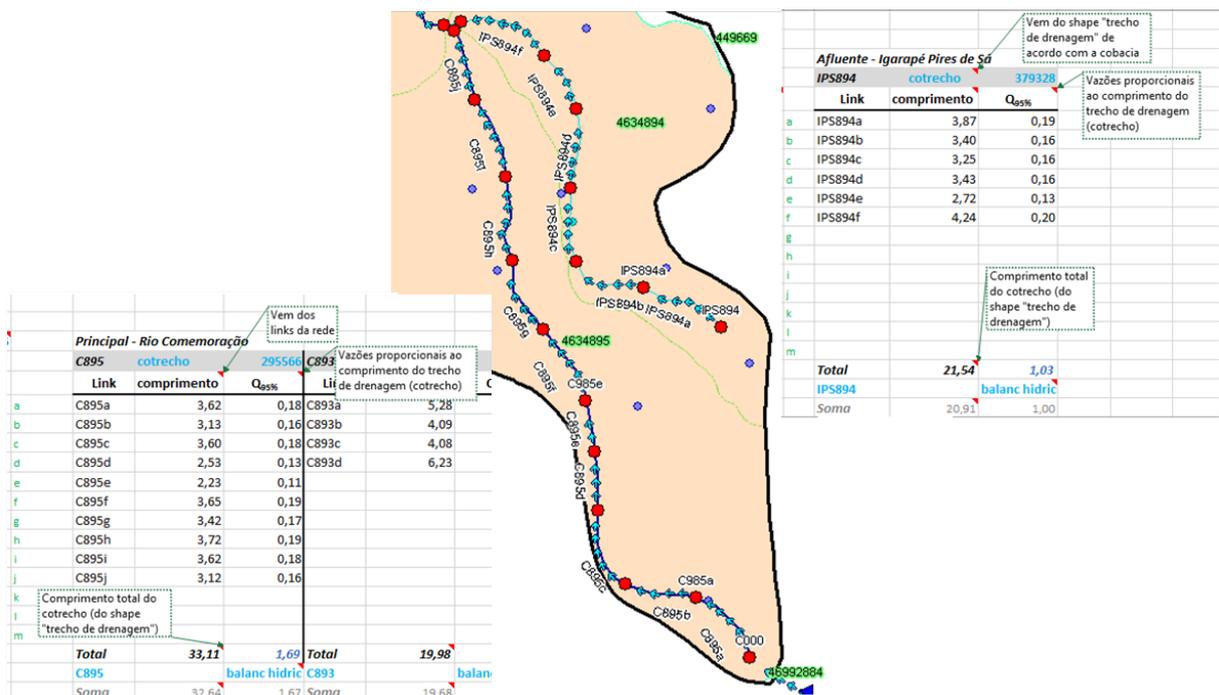
4.4.3. Definição das vazões de referência nos links da rede de simulação

Depois de traçar os nós, os links e de nomeá-los, definiram-se as vazões de referência que foram inseridas como dado de entrada no OutorgaLS. Como já explicado no item 4.3 *Consistência e adequação dos dados de disponibilidade hídrica*, as disponibilidades hídricas foram obtidas por meio de uma metodologia que tem como variável determinante a área de drenagem das ottobacias, condicionando a montagem da rede de simulação, em que se considerou estas ottobacias delimitadas pelos nós de passagem e estes interligados pelos links (FIGURA 57), onde são inseridas as disponibilidades hídricas (vazão outorgável).

Com o intuito de colocar os nós de demanda mais próximos possível do ponto real de captação no rio, os links foram subdivididos por subtrechos, como se pode perceber pela FIGURA 65. A disponibilidade hídrica, neste caso, foi determinada considerando a vazão porção proporcional ao comprimento do subtrecho. A FIGURA 69 ilustra um exemplo da obtenção das vazões dos subtrechos para o primeiro “cotrecho” do rio Comemoração e para o afluente Igarapé Pires de Sá, na planilha eletrônica.

FIGURA 69

Exemplo de obtenção das vazões dos cotrechos

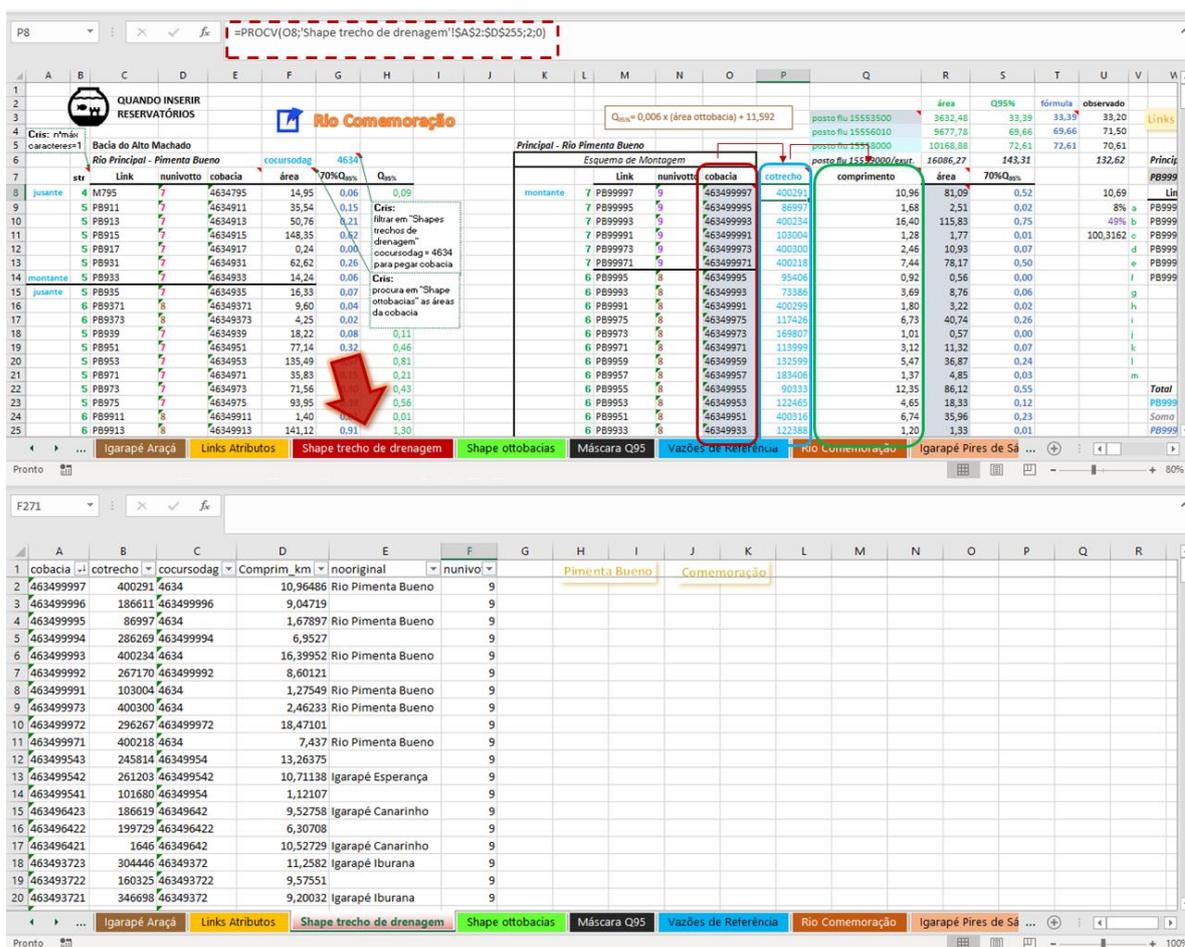


Elaboração do autor.

A identificação do “cotrecho” e seu respectivo comprimento (FIGURA 70) foi feito em relação à “cobacia” a partir da planilha “Shape trecho de drenagem” inserida, proveniente do shape “Trecho de Drenagem”.

FIGURA 70

Identificação do “cotrecho” e de seu respectivo comprimento



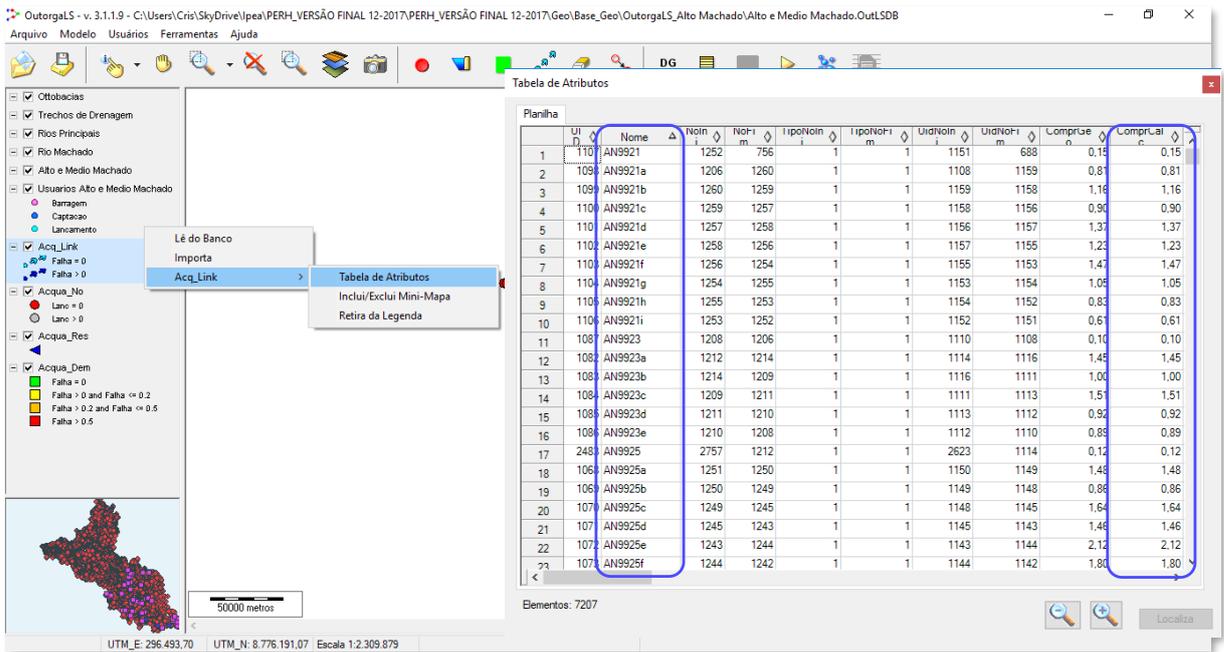
Elaboração do autor.

Já os comprimentos dos subtrechos, os quais possibilitaram a determinação da disponibilidade hídrica destes, foram obtidos depois de traçados e nomeados os links e os nós de passagem, pois somente depois disso pode-se consultar a Tabela de Atributos do *layer* Acq_Link (clicando com o botão direito na área da Legenda - ver item 3.1.4 Legenda, página 26) e levantar os comprimentos de acordo com os subtrechos (FIGURA 71).

A partir desta tabela, proveniente do OutorgaLS, criou-se uma planilha eletrônica denominada “Link Atributos” (FIGURA 72), na qual foi possível alimentar as planilhas dos rios principais e de seus afluentes com os comprimentos dos subtrechos e desta maneira obter as vazões proporcionais advindas das disponibilidades hídricas calculadas de acordo com as condições explicitadas no item 4.3 *Consistência e adequação dos dados de disponibilidade hídrica*, na página 36 desta Nota Técnica. No caso do último subtrecho (FIGURA 66 na página 69), ele precisa estar com o valor da vazão de referência igual a zero, pois ele está representado o exutório da ottobacia, para tal foi preciso corrigir o valor da vazão de referência do penúltimo subtrecho, para que este represente a contribuição integral da área de drenagem desta ottobacia.

FIGURA 71

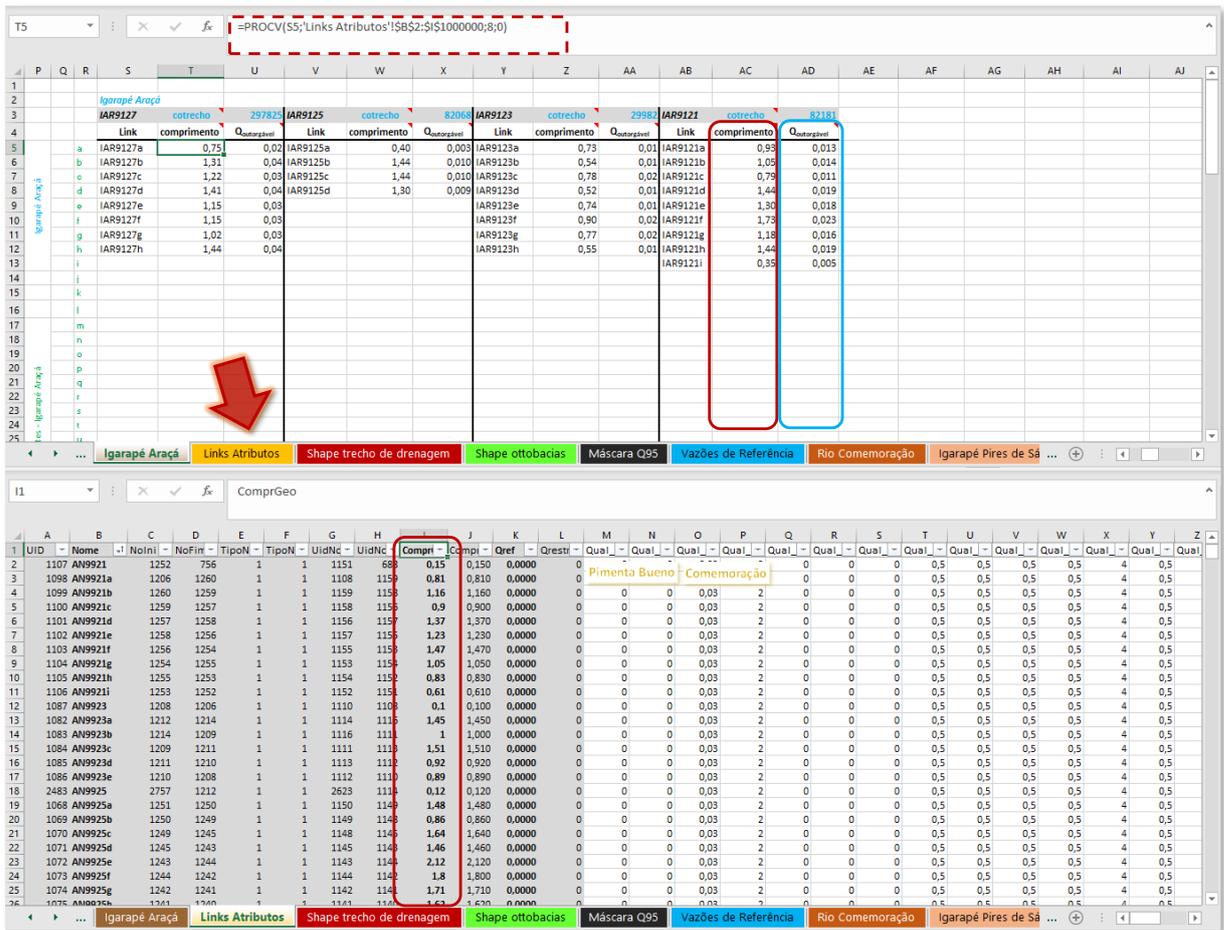
Obtenção dos comprimentos dos subtrechos



Elaboração do autor.

FIGURA 72

Disponibilidades hídricas dos subtrechos do Igarapé Araçá (afluente do rio Pimenta Bueno)



Elaboração do autor.

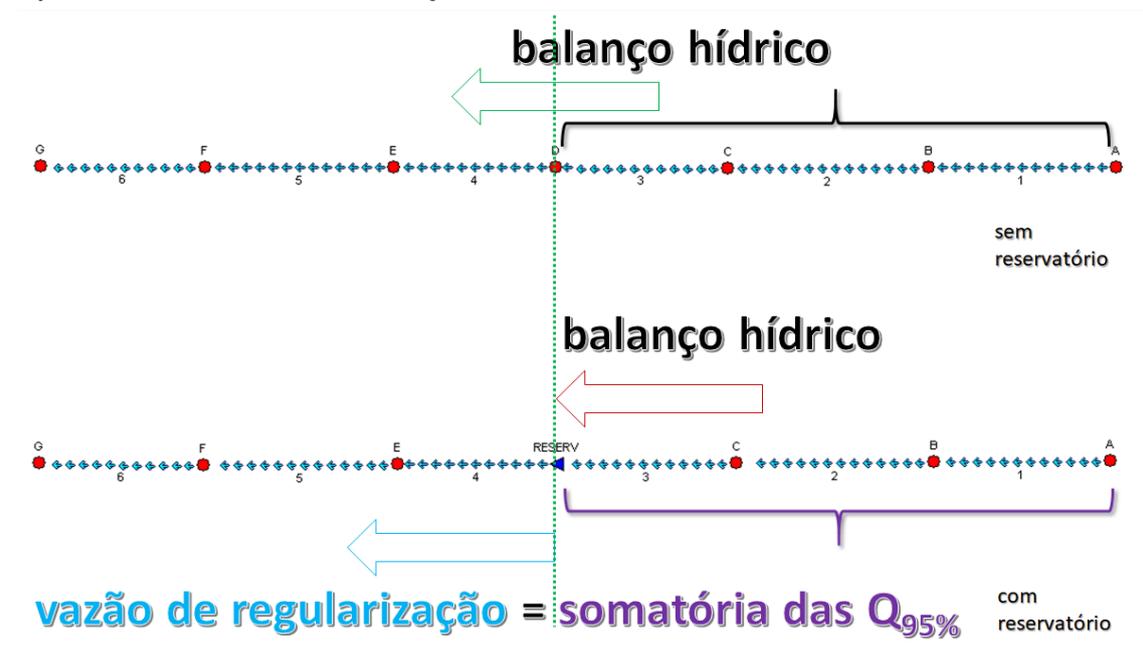
4.4.4. Determinação da vazão de regularização dos reservatórios

Devido à característica do nó de reservatório, no algoritmo do OutorgaLS, não considerar como vazão efluente o resultado do balanço hídrico de montante e sim a vazão de regularização inserida como dado de entrada no modelo e além disso, devido à questão de não constar na legislação de Rondônia e nem no PERH/RO um valor oficial de vazão mínima que os reservatórios devem liberar para jusante, foi admitida, para esta Nota Técnica, como sendo a vazão de permanência de 95% (vazão de referência $Q_{95\%}$). Por conta disso, foi elaborada uma metodologia de cálculo para a determinação da vazão de regularização em qualquer trecho da rede de simulação ao inserir um nó de reservatório.

Ao se inserir um nó de reservatório na rede de simulação, procura-se escolher um local do curso d'água próximo de um nó de passagem, pois a partir deste nó para montante calcula-se a disponibilidade hídrica total, que consiste na somatória das vazões de referência dos subtrechos a montante do nó de passagem ou em outras palavras é a somatória das vazões até a cobacia imediatamente a montante de onde se encontra o reservatório.

FIGURA 73

Disponibilidade hídrica com a inserção do nó de reservatório



Elaboração do autor.

O cálculo da soma das vazões de referência é possibilitado por meio de uma montagem sequencial hidrológica dos links, que representam os subtrechos dos cursos d'água, com suas respectivas vazões de referência, de modo que considerasse as contribuições das áreas de drenagem (cobacias) no sentido de montante para jusante da bacia hidrográfica, por exemplo para a UHG do Alto Machado, foi preciso juntar todas os links, tanto dos rios principais como de seus afluentes (FIGURA 74).

FIGURA 74

Montagem da sequência hidrológica dos links para a inserção de reservatórios

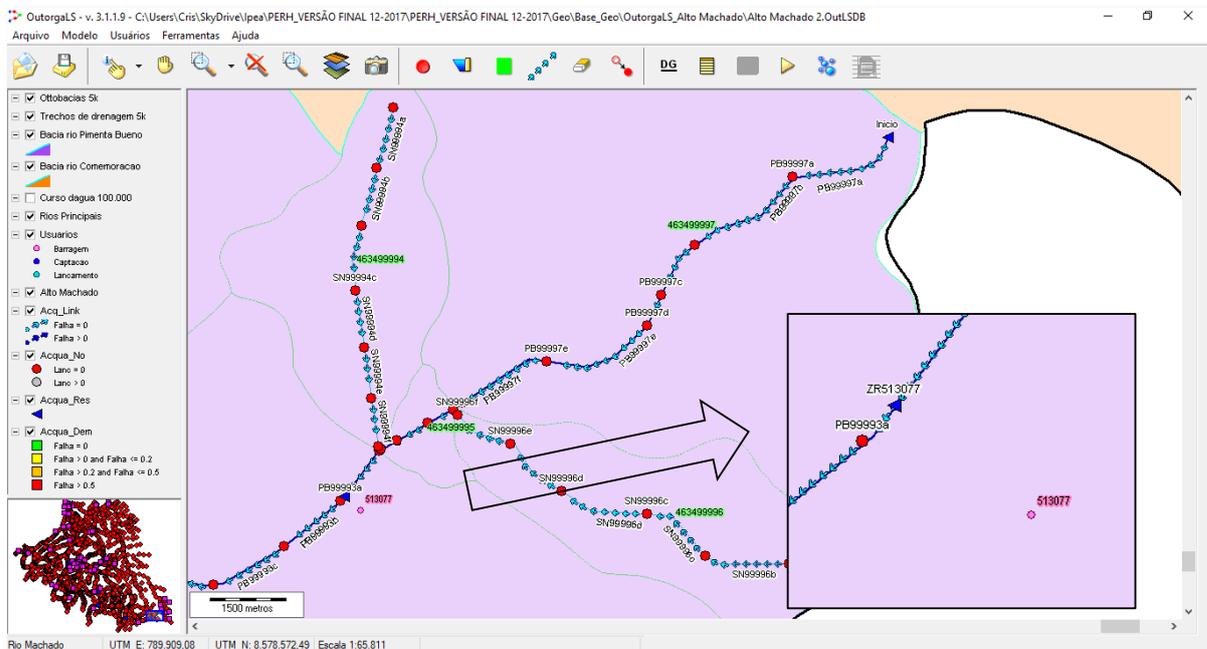
SEQUÊNCIA HIDROLÓGICA DOS LINKS (PARA CÁLCULO DA VAZÃO REGULARIZADA NA EXISTÊNCIA DE RESERVATÓRIOS)									
Neste caso está considerando que a vazão a jusante do reservatório será a Q95%, será necessário somar as vazões até a cobacia imediatamente a montante de onde se encontra o reservatório, se o mesmo estiver perto de algum nó intermediário ir até a aba referente ao curso d'água no qual se encontra e acrescentar a vazão correspondente ao(s) trecho(s) de montante(s)									
LINKS CURSOS D'ÁGUA	Q _{95%}	ZR513077 (PB99993a)	ZR507277 (PB9951c)	ZR343270 (SN9992k)	ZR342900 (ANAF9922h)	ZR348415 (SPAF9421zc) no início	ZR700711 (PB953f)		
PB99997a	0,151								
PB99997b	0,166								
PB99997c	0,084								
PB99997d	0,045								
PB99997e	0,156								
PB99997f	0,144								
PB99997	0,000								
SN99996a	0,024								
SN99996b	0,034								
SN99996c	0,031								
SN99996d	0,036								
SN99996e	0,028								
SN99996f	0,028								
SN99996	0,000								
PB99995a	0,008								
PB99995b	0,010								
PB99995c	0,006								
PB99995	0,000								
SN99994a	0,030								
SN99994b	0,029								
SN99994c	0,032								
SN99994	0,038								

Elaboração do autor.

Por exemplo, para o usuário INT_CD = 513077, cadastrado como uma barragem de aproveitamento hidroelétrico no rio Pimenta Bueno na UHG Alto Machado, este está localizado próximo do nó de passagem (PB99993a) na cobacia 463499993, portanto o nó de reservatório foi inserido nesta região devidamente nomeado (FIGURA 75).

FIGURA 75

Localização espacial do reservatório



Elaboração do autor.

Conforme indica a FIGURA 74, a localização do reservatório permite concluir que até o nó de passagem PB99993a, o total de vazão afluente a ele é a soma das contribuições referentes às

cobacias 463499997 (rio Pimenta Bueno), 463499996 (rio Pimenta Bueno), 463499995 (rio Pimenta Bueno), 463499994 (afluente do rio Pimenta Bueno) com todos os seus subtrechos, além do primeiro subtrecho da 463499993 (PB99993a), resultando, desta maneira, numa vazão de regularização igual a 1,199 m³/s, a qual o reservatório deverá liberar para a jusante, de acordo com o pressuposto por esta Nota Técnica que é a vazão de referência Q_{95%}.

OBSERVAÇÃO: não esquecer de colocar novamente a vazão de referência no link, pois foi preciso desenhar o link novamente para inserir o nó de reservatório.

4.5. Importação dos dados de disponibilidade e de demanda hídricas no OutorgaLS

Existem duas maneiras de se entrar com os dados no OutorgaLS, uma é selecionar o elemento da topologia e editá-lo, outra maneira, a qual será detalhada na sequência, ocorre quando se necessita alterar os valores de um número maior de elementos. Esta última, é o caso da montagem da rede de simulação para a bacia do rio Machado, a qual foi feita a partir do “zero”.

Este item tem por objetivo demonstrar os passos para introdução dos dados de demanda e de disponibilidade hídricas no OutorgaLS na montagem de uma rede de simulação.

Primeiramente foi preciso organizar os dados em planilhas eletrônicas, tendo como exemplo a UHG do Alto Machado, para a qual foram criadas a planilha “*Vazões de Referência*” para a inserção dos dados de disponibilidade hídrica e para os dados de demanda as planilhas “*Demandas (Captação)*”, “*Demandas (Barragem)*” e “*CNARH*” (FIGURA 76).

A planilha “*CNARH*” contém os dados oriundos do Cadastro Nacional de Recursos Hídricos, devidamente consistidos (ver item 4.2 *Definição dos dados de demanda hídrica* na página 31).

As outras planilhas foram elaboradas a partir da topologia desenhada no OutorgaLS, a qual passou por um processo de exportação dos elementos da rede de simulação.

FIGURA 76

Planilhas dos dados de entrada

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2	AN9921	0,000	0	Rio Anari ou Nariz		Pimenta Bueno		Comemoração						
3	AN9921a	0,023	0	Rio Anari ou Nariz										
4	AN9921b	0,033	0	Rio Anari ou Nariz										
5	AN9921c	0,026	0	Rio Anari ou Nariz										
6	AN9921d	0,039	0	Rio Anari ou Nariz										
7	AN9921e	0,035	0	Rio Anari ou Nariz										
8	AN9921f	0,042	0	Rio Anari ou Nariz										
9	AN9921g	0,030	0	Rio Anari ou Nariz										
10	AN9921h	0,024	0	Rio Anari ou Nariz										
11	AN9921i	0,022	0	Rio Anari ou Nariz										
12	AN9923	0,000	0	Rio Anari ou Nariz										
13	AN9923a	0,031	0	Rio Anari ou Nariz										
14	AN9923b	0,021	0	Rio Anari ou Nariz										
15	AN9923c	0,032	0	Rio Anari ou Nariz										
16	AN9923d	0,019	0	Rio Anari ou Nariz										
17	AN9923e	0,021	0	Rio Anari ou Nariz										
18	AN9925	0,000	0	Rio Anari ou Nariz										
19	AN9925a	0,047	0	Rio Anari ou Nariz										
20	AN9925b	0,027	0	Rio Anari ou Nariz										
21	AN9925c	0,052	0	Rio Anari ou Nariz										
22	AN9925d	0,046	0	Rio Anari ou Nariz										
23	AN9925e	0,067	0	Rio Anari ou Nariz										
24	AN9925f	0,057	0	Rio Anari ou Nariz										
25	AN9925g	0,054	0	Rio Anari ou Nariz										
26	AN9925h	0,051	0	Rio Anari ou Nariz										

Elaboração do autor.

A exportação foi feita acessando a *Barra de Botões* em *Dados Globais* (ver item 3.1.2 *Barra de Botões* em *Simulação de Cenários* página 21). Será aberto um quadro, no qual se pode escolher qual tipo de topologia para editar, a FIGURA 77 mostra um exemplo para a extração dos dados dos links para a UHG do Alto Machado, lembrando que como se está montando uma rede, a mesma ainda não possui os dados de vazão de referência, a qual por opção, foram colocadas de uma vez só.

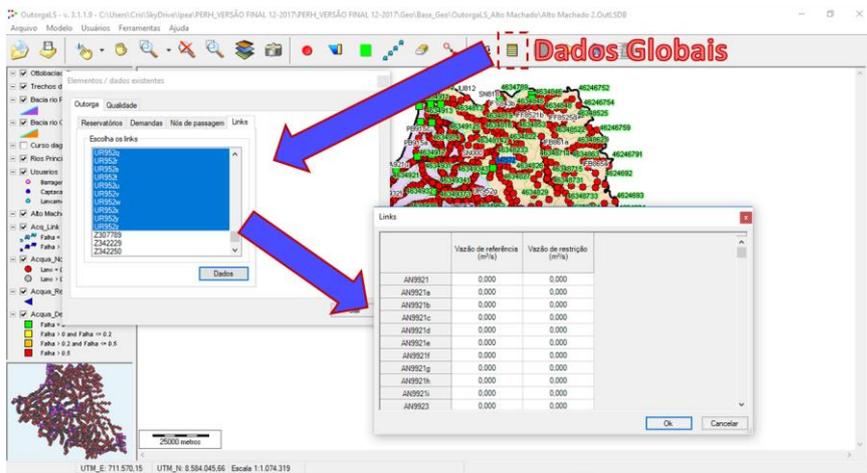
Os links referentes às vazões de referência são todas que não começam pela letra “Z” ou “ZR”, uma vez que estes foram nomeadas devido aos elementos serem apresentados em ordem alfabética e desta maneira, possibilitar a distinção entre os tipos de links de disponibilidade e os de demanda.

Uma vez aberto o quadro, selecionam-se os links de disponibilidade hídrica e depois de clicar em *Dados*, abre-se outro quadro com os links e suas respectivas vazões (vazões de referência e de restrição), como em Rondônia não se tem uma legislação que indique qual a vazão mínima remanescente que se deve manter nos corpos hídricos estaduais, optou-se por deixar o valor da vazão de restrição igual a zero e colocar apenas as vazões de referência (vazão outorgável). A vazão de restrição não entra nos cálculos de alocação, é apenas um parâmetro, o qual o programa compara com a vazão resultante do balanço hídrico.

OBSERVAÇÃO: caso o técnico opte pela colocação da vazão de restrição, a vazão de referência continuará sendo a vazão outorgável (percentual da $Q_{95\%}$), uma vez que a vazão de restrição não entra no cálculo do balanço hídrico, é um parâmetro que o programa utiliza para verificar se o modelo está tirando água da rede mais do que deveria, comparando se a vazão no início do link (depois dos cálculos do balanço hídrico) é menor que a vazão de restrição.

FIGURA 77

Extração dos links de disponibilidade – Dados Globais

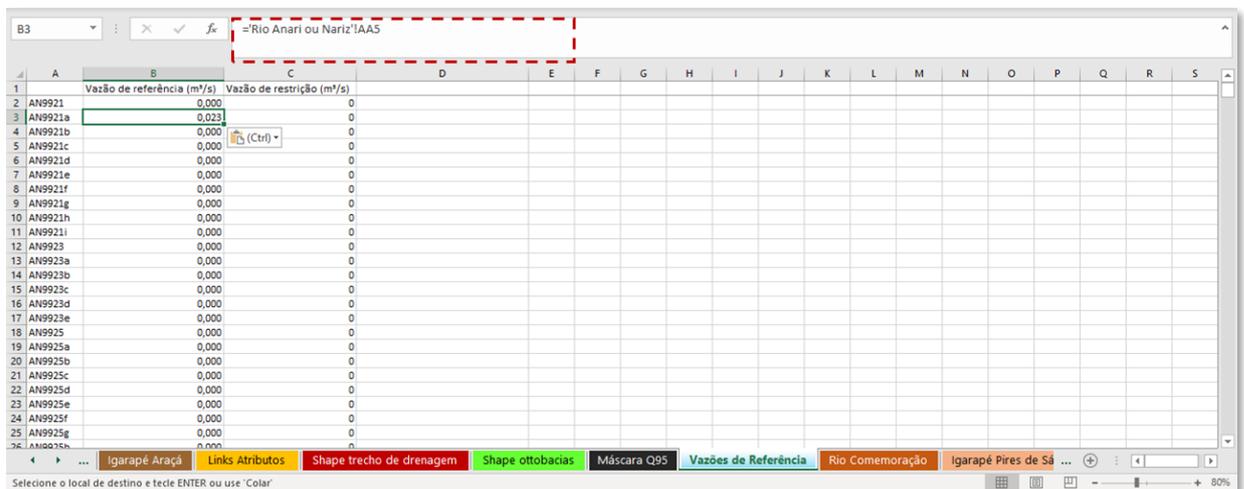


Elaboração do autor.

Clicando com o botão esquerdo do mouse no canto esquerdo do quadro Links, em seguida com um Ctrl+C (copiar) e depois na planilha eletrônica com Ctrl+V (colar), os dados da tabela são exportados para a planilha “Vazões de Referência”. Após esse passo, foi necessário colocar os valores das vazões de referência, buscando um por um entre as diversas planilhas de todos os cursos d’água (FIGURA 78).

FIGURA 78

Colocação dos valores de referência

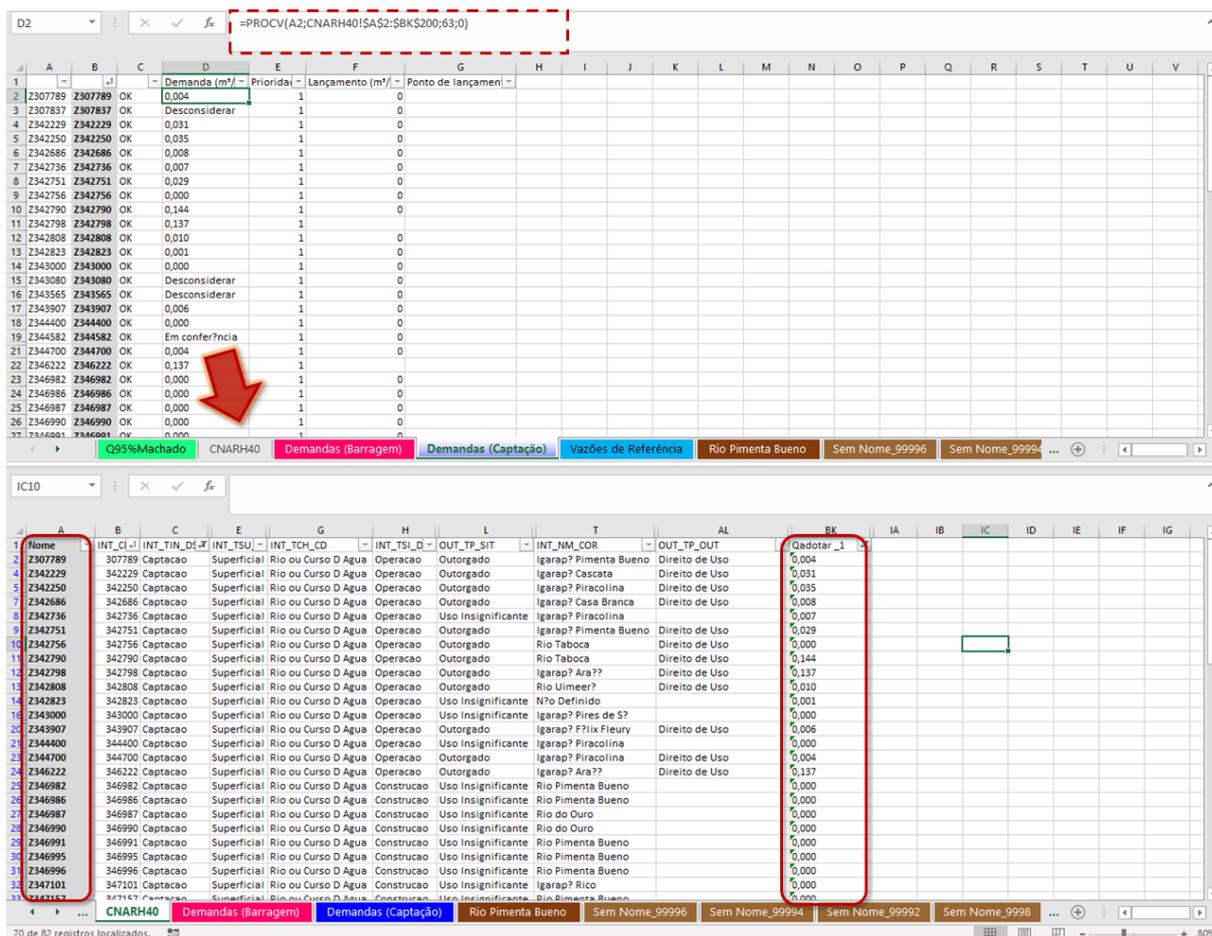


Elaboração do autor.

Para as demandas (planilha “Demandas (Captação)”) o processo de colocação das vazões de captação, é realizada buscando o código do usuário na planilha “CNARH” (FIGURA 79).

FIGURA 79

Busca dos valores das vazões de captação



Elaboração do autor.

Uma vez feito isso, tanto para os links de disponibilidade hídrica como para as demandas, basta copiar (Ctrl+C) as vazões de referência (planilha “Vazões de Referência”) e os valores **numéricos** de captação (planilha “CNARH”), e acessando novamente o comando Dados Globais no OutorgaLS, colá-los (Ctrl+V) nas células do quadro; a entrada dos dados é confirmada com “Ok” (FIGURA 80).

Nota: apesar do programa apresentar como padrão, as vazões na unidade do Sistema Internacional (m^3/s), no módulo ALOCAÇÃO, é possível adotar outras unidades, mas é preciso que elas sejam mantidas para todas as vazões inseridas.

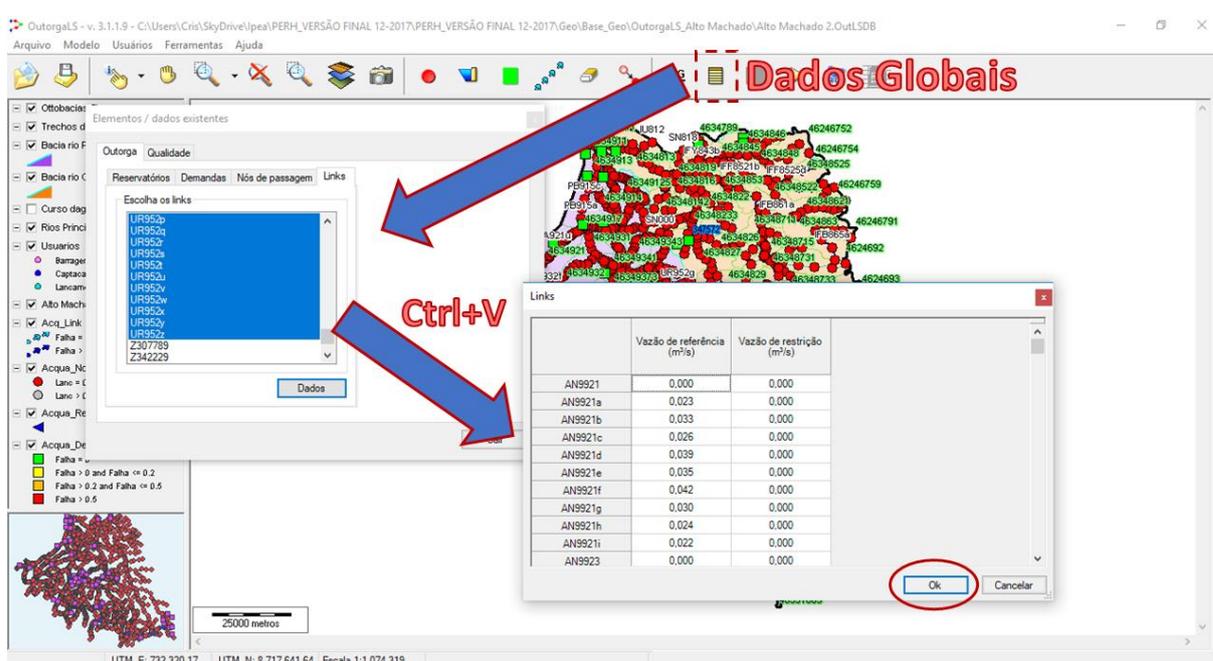
Observação: caso a rede seja montada considerando a unidade em m^3/s , os valores das vazões de referência precisam estar com três casas decimais e os valores das demandas precisam estar com duas casas decimais (valor mínimo de $0,01 m^3/s$), por conta da precisão do algoritmo de cálculo do programa, pois ele zera as vazões menores que $0,01 m^3/s$, não as considerando no cálculo do balanço hídrico.

Observação: portanto, recomenda-se que a rede seja montada considerando todas as vazões em m^3/h , que além de conciliar com a unidade adotada para as captações no CNARH, também evita-se o risco de não se considerar no cálculo do balanço hídrico, as vazões de captação menores que $0,01 m^3/s$, se a rede fosse montada em m^3/s , de acordo com a observação anterior.

Observação: para as redes montadas do zero e em bacias hidrográficas que já possuem usuários outorgados, as prioridades destas demandas precisam ser igual a 1, pois as captações destes usuários estão sendo computados na realidade, mas quando da inserção de novos usuários, verificar as recomendações do item 5.2 Gerenciamento e análise do balanço hídrico no OutorgaLS em Prioridades de uso da água no OutorgaLS na página 97.

FIGURA 80

Importação das vazões de referência – Dados Globais



Elaboração do autor.

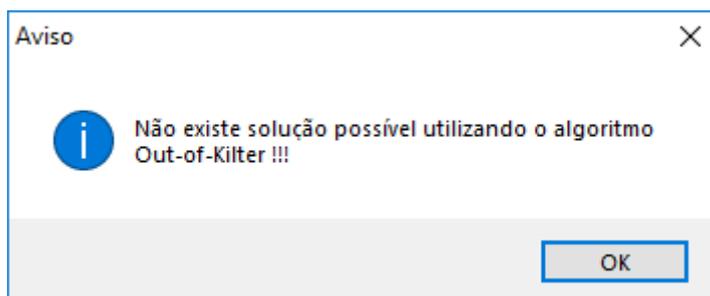
4.6. Problemas comumente encontrados durante a montagem de uma rede de simulação

Alguns cuidados devem ser tomados durante a montagem de uma rede de simulação no OutorgaLS:

- Fazer backups da topologia em construção;
- Testar de tempos em tempos os backups com vazões de referências fictícias para identificação de possíveis erros (FIGURA 81) durante o traçado da topologia, caso isto ocorra e seja identificado os links de disponibilidade com problemas, os mesmo devem ser redesenhados;

FIGURA 81

Mensagem de erro durante a simulação



Elaboração do autor.

- c) Geralmente estes erros estão nos links, portanto o melhor jeito de identificar é zerando as vazões de referência e ir colocando aos poucos os valores das vazões para assim identificar o link defeituoso;
- d) No momento da inserção dos nós de demanda, é aconselhável estar com o Zoom bem próximo, para não ter o perigo de apagar algum link de disponibilidade hídrica e ter que refazê-lo como um todo (traçado, identificação e entrada da vazão de referência), bem como dos nós de passagem ligados a ele;
- e) Também é aconselhável, fazer backup durante o processo de colocação dos nós de demanda e ir testando a rede de simulação de tempos em tempos para facilitar quando ocorrer algum erro de traçado.

4.7. Resumo de montagem de uma rede de simulação

Este item tem por objetivo orientar o técnico que será responsável pela elaboração das redes de simulação para as outras UHG do estado de Rondônia, são dicas que podem facilitar a inserção da topologia da rede, experiência adquirida pela montagem das UHGs da bacia do rio Machado, é claro que isso não isenta o técnico de escolher o seu próprio método.

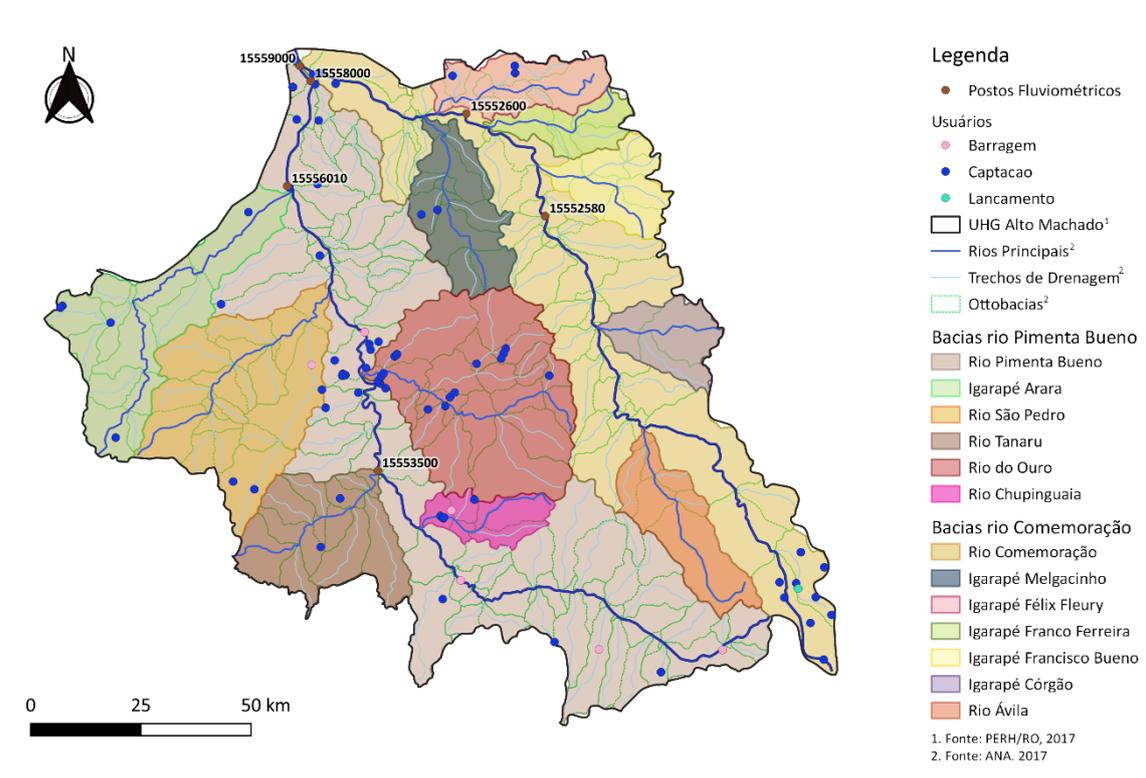
Para a montagem de uma rede de simulação do OurtorgaLS do “zero” é recomendado:

- 1) Criação de um banco de dados vetorial (*shape*) e em planilhas eletrônicas, contendo:
 - Base vetorial cartográfica e hidrográfica da Unidade Hidrográfica de Gestão (UHG), projetada no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) contendo:
 - delimitação da UHG do PERH/RO;
 - delimitação das principais bacias hidrográficas contidas na UHG;
 - postos fluviométricos existentes e suas áreas de drenagem;
 - base ottocodificada da ANA: Áreas de Contribuição Hidrográfica e Trechos de Drenagem;
 - bases hidrográficas nas escalas 1:100.000 ou 1:50.000.
 - Cadastro de usuários da UHG consistido (vetorial e planilha eletrônica).

- 2) Importação dos *layers*, referente ao banco de dados montado, no OutorgaLS que auxiliarão na inserção, primeiramente, dos nós de passagem e depois dos links de disponibilidade: *shape* dos trechos de drenagem e das áreas de contribuição hidrográfica (ottobacias);
- 3) Montagem da rede de simulação iniciando com a inserção dos nós de passagem, baseando-se no *shape* dos trechos de drenagem, isto é, considerando as confluências dos rios e a subdivisão dos trechos de drenagem (ver item 4.4.1 *Montagem topológica de uma rede de simulação no OutorgaLS* na página 62);
- 4) Em seguida são inseridos os links de disponibilidade (ficam entre os nós de passagem) sempre no sentido de montante para jusante do trecho de drenagem, os detalhes quanto aos passos 3 e 4 podem ser visualizados no item 4.4.1 *Montagem topológica de uma rede de simulação no OutorgaLS* na página 61 desta Nota Técnica;

FIGURA 82

Base vetorial adotada – UHG do Alto Rio Machado



Elaboração do autor.

- 5) Elaboração da planilha eletrônica contendo a identificação da hidrografia do rio principal da UHG e de seus afluentes (ver item 4.3.2 *Adequação dos dados de disponibilidade hídrica* na página 54);

- 6) Após a elaboração da planilha com a hidrografia, é feita a identificação dos links e dos nós de passagem na rede de simulação, de acordo com a nomenclatura definida nesta planilha (ver item 4.4.2 *Identificação dos elementos da rede de simulação* na página 66):
 - ao mesmo tempo em que se vai nomeando os links e os nós de passagem na rede, é feita a atualização destes mesmos links (subtrechos), que foram traçados, para todos os cursos d'água da planilha eletrônica, isto é, de acordo com a topologia da rede de simulação;
- 7) Determinação das disponibilidades hídricas, de acordo com as relações entre o comprimento dos links e o percentual outorgável da vazão de referência (ver item 4.4.3 *Definição das vazões de referência nos links da rede de simulação* na página 71);
- 8) Inserção das vazões de referência outorgáveis no OutorgaLS (ver item 4.5 *Importação dos dados de disponibilidade e de demanda hídricas no OutorgaLS* na página 76);
- 9) Colocação dos nós de reservatório com as vazões de regularização, segundo as observações dos itens 4.4.1 *Montagem topológica de uma rede de simulação no OutorgaLS* (página 65) e 4.4.4 *Determinação da vazão de regularização dos reservatórios* (página 74);
- 10) Inserção dos nós de demanda, juntamente com sua identificação, de acordo com o item 4.4.1 *Montagem topológica de uma rede de simulação no OutorgaLS* na página 63;
- 11) Traçado dos links de demanda, com suas identificações, levando em consideração o curso d'água e o ponto de captação, conforme explicado no item 4.4.1 *Montagem topológica de uma rede de simulação no OutorgaLS* na página 64.

OBSERVAÇÃO 1: *não esquecer de colocar no início da rede, um nó de reservatório com uma vazão de regularização igual a zero e no final um nó de demanda (Dreno) com valor de demanda bem maior que as demais existentes e com prioridade igual a 99.*

OBSERVAÇÃO 2: *após o término da montagem dos links de disponibilidade e dos nós de passagem, é de suma importância conferir a rede de simulação para verificar se todos os componentes foram nomeados e de forma correta:*

- *verificar a existência de qualquer topologia com a identificação Default (padrão) do programa, acessando a ferramenta “Dados Globais”:*
 - *para nós de passagem: No_número de identificação;*
 - *para links: Link_número de identificação.*
- *verificar a ocorrência de nomenclatura equivocada: geralmente isto se constata quando na planilha dos cursos d'água, acontece um erro de #N/D (valor não disponível) na célula referente a um link específico que não foi encontrado na planilha “Link Atributos”;*

- caso ocorra qualquer uma destas duas situações, utilizar a ferramenta “Localiza Elemento” e renomear a topologia com problema de identificação;
- isso vale também para os nós de demanda e os links, que após a inserção de todos eles, também será preciso verificar a ocorrência da nomenclatura Default do programa:
 - para nós de demanda: Dem_número de identificação;
 - para links: Link_número de identificação.

OBSERVAÇÃO 3: é aconselhável sempre fazer cópias de segurança da rede de simulação durante a sua montagem, além de testá-la, simulando-a, principalmente, quando do término da montagem dos nós de passagem e dos links, colocando vazões de referência fictícias para detectar possíveis problemas no traçado dos links.

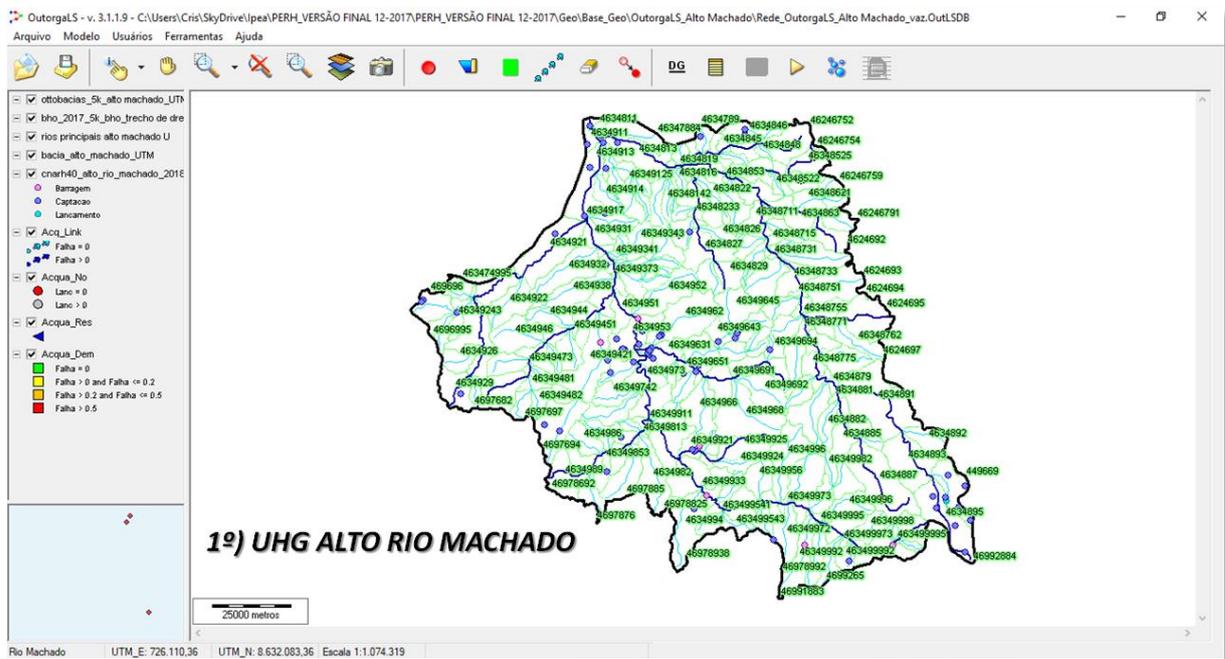
SUGESTÃO: por conta da experiência adquirida durante a montagem da rede de simulação da UHG do Rio Machado, no que consta a **OBSERVAÇÃO 3**, quanto aos problemas que podem ocorrer durante o traçado dos links, sugere-se que os links de disponibilidade sejam traçados logo após a inserção dos nós de passagem a cada trecho de drenagem (ou a cada ottobacia), uma vez que a rede de simulação, a qual se refere esta Nota Técnica, foi montada, considerando primeiramente a inserção de todos os nós de passagem para em seguida colocar os links.

Devido à limitação do programa, quanto à quantidade máxima de elementos em uma rede de simulação (9.997 links), a bacia do rio Machado precisou ser dividida em duas redes: a primeira (Alto e Médio Machado) e uma segunda (Jaru e Baixo Machado).

Também vale salientar que a rede de simulação para a bacia do rio Machado foi elaborada por partes, isto é, os procedimentos citados anteriormente foram feitos para cada uma das UHGs do rio Machado em sequência, isto é, primeiro foi montada parte da rede de simulação para a UHG do Alto Rio Machado (FIGURA 83 e FIGURA 84), em seguida para UHG do Médio Rio Machado (FIGURA 85 e FIGURA 86), depois pela UHG do Rio Jaru (FIGURA 87 e FIGURA 88) e UHG do Baixo Rio Machado (FIGURA 89 e FIGURA 90).

FIGURA 83

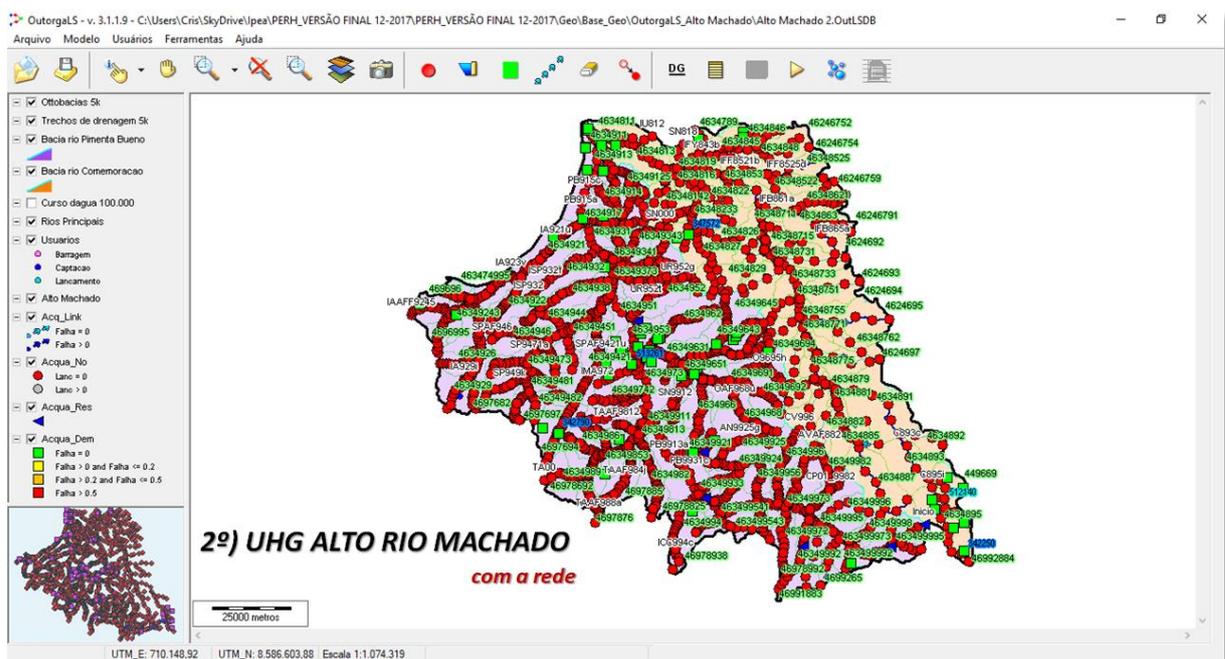
UHG Alto Rio Machado – Base vetorial



Elaboração do autor.

FIGURA 84

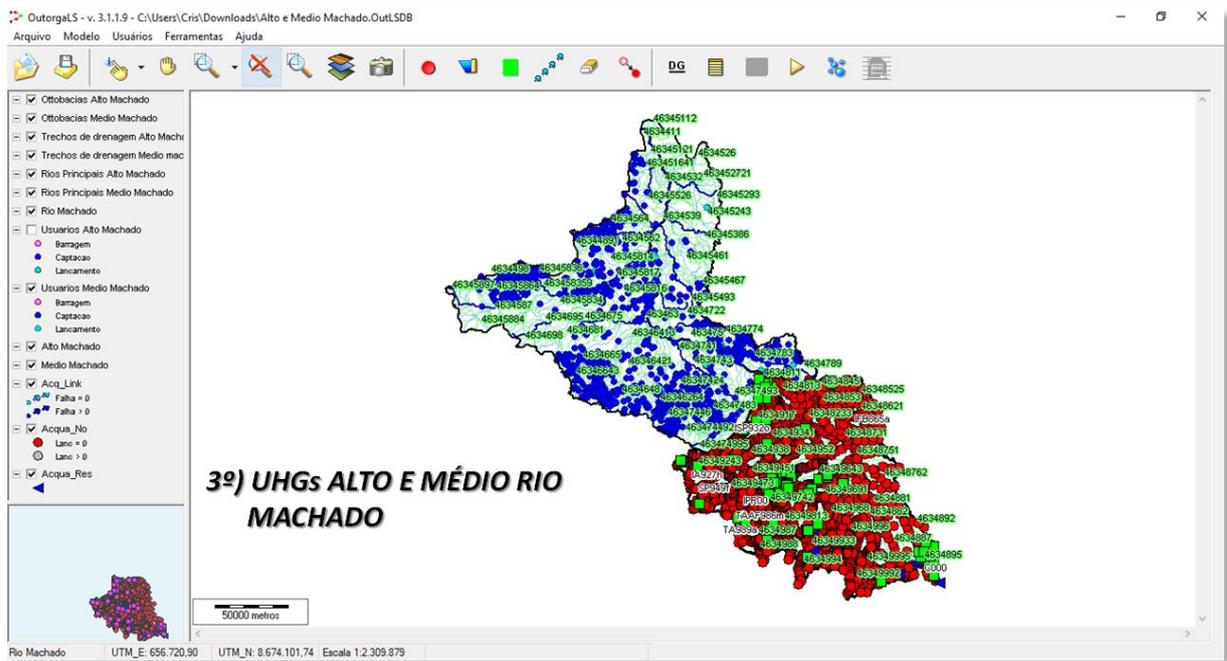
UHG Alto Rio Machado – Rede de simulação montada



Elaboração do autor.

FIGURA 85

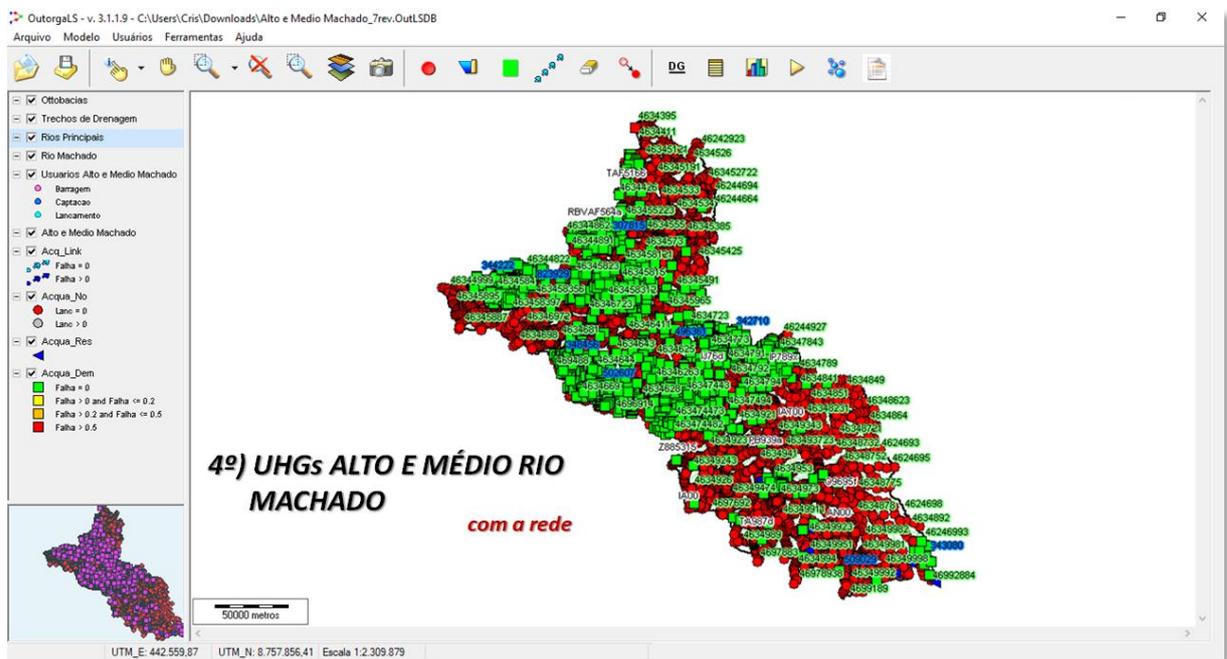
UHGs Alto e Médio Rio Machado – Base vetorial da UHG Médio Rio Machado



Elaboração do autor.

FIGURA 86

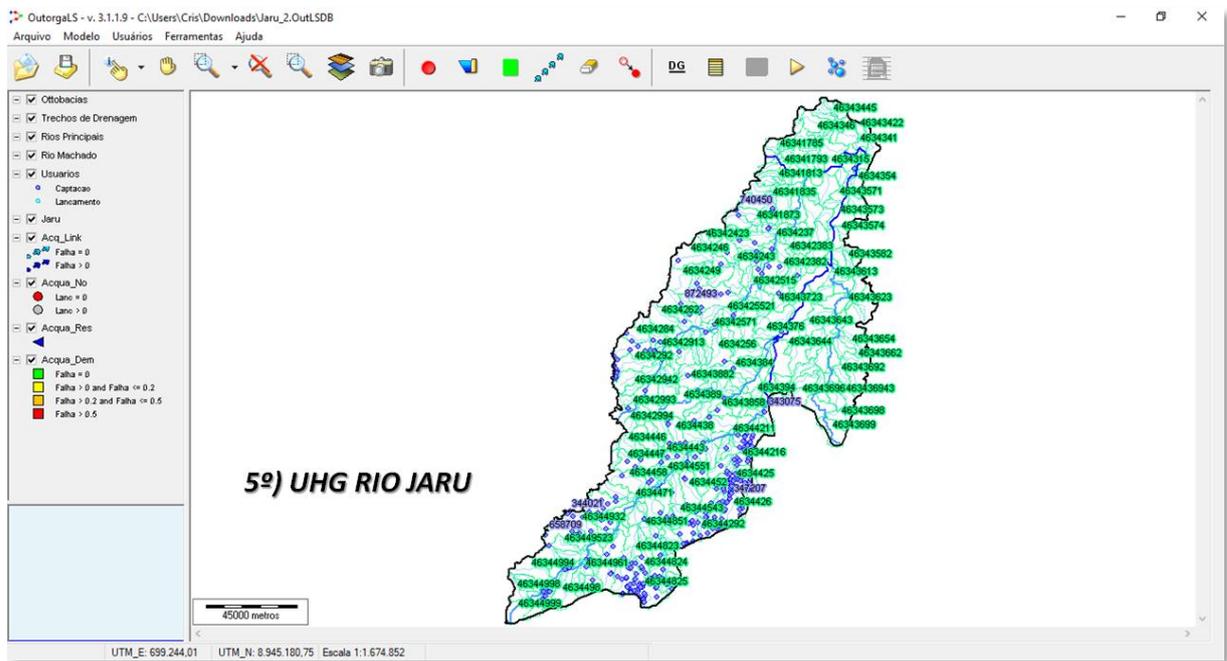
UHGs Alto e Médio Rio Machado – Rede de simulação montada



Elaboração do autor.

FIGURA 87

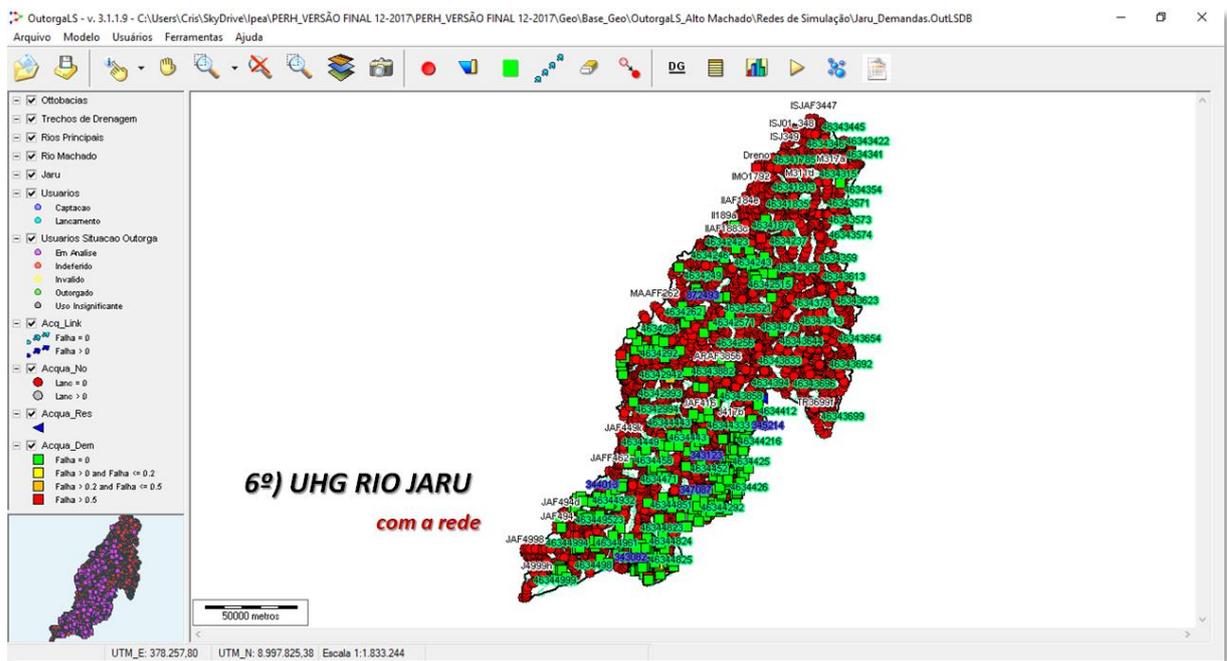
UHG Rio Jaru – Base vetorial da UHG Rio Jaru



Elaboração do autor.

FIGURA 88

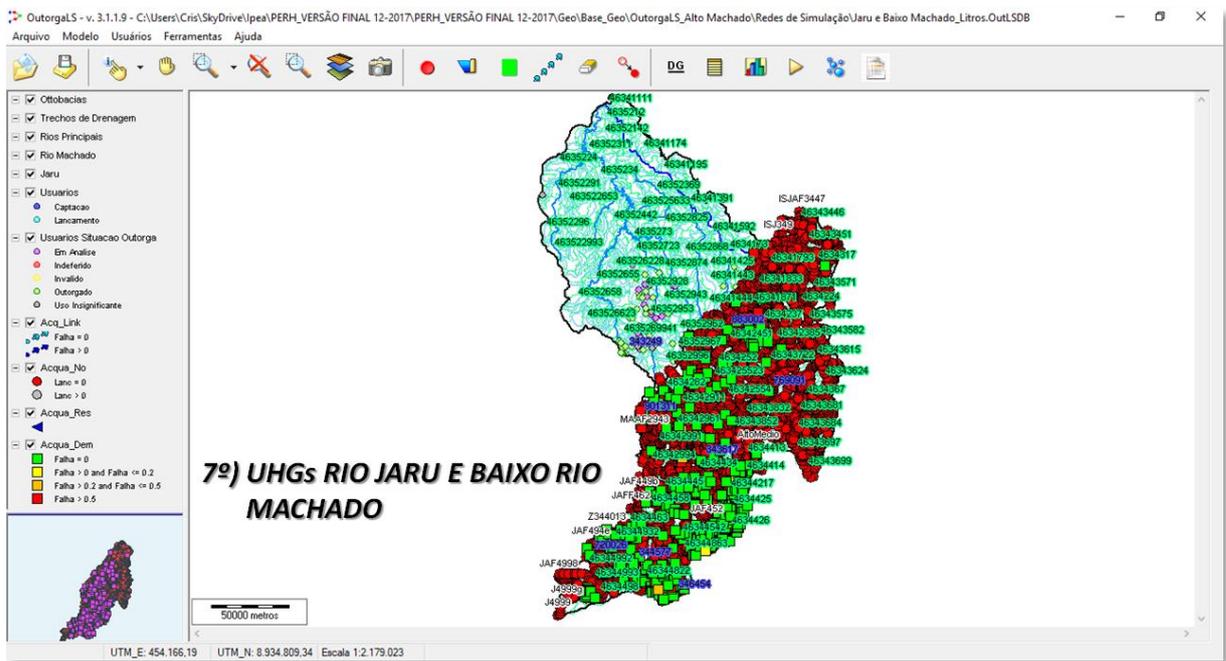
UHG Rio Jaru – Rede de simulação montada



Elaboração do autor.

FIGURA 89

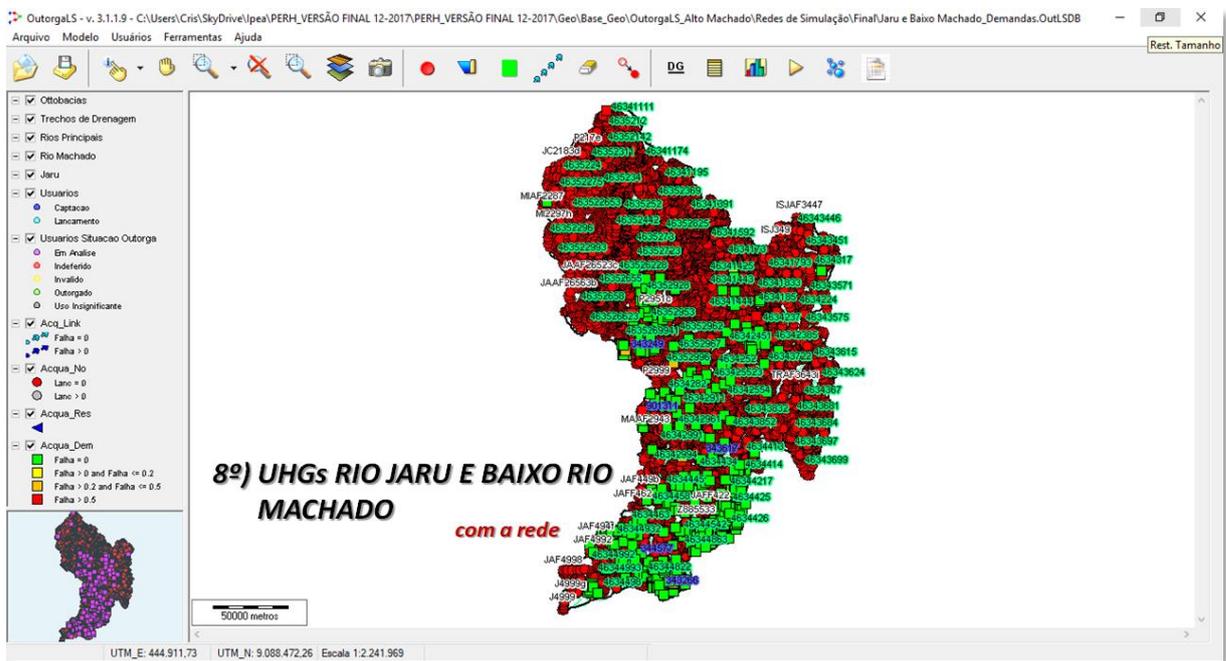
UHGs Rio Jaru e Baixo Rio Machado – Base vetorial da UHG Baixo Rio Machado



Elaboração do autor.

FIGURA 90

UHGs Rio Jaru e Baixo Rio Machado – Rede de simulação montada



Elaboração do autor.

5. METODOLOGIA DE EMPREGO DA FERRAMENTA OutorgaLS NO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Este item tem por objetivo propor diretrizes para a utilização da ferramenta SSD OutorgaLS no dia a dia dos analistas técnicos responsáveis pelos pareceres quanto à concessão de outorgas no estado de Rondônia.

5.1. Procedimentos para inserção de novo ponto de captação hídrica na rede OutorgaLS

Com a rede de simulação devidamente montada, conforme os procedimentos apresentados nesta Nota Técnica, isto é, com a topologia completa de nós e links da bacia hidrográfica em análise e com as respectivas disponibilidades (vazões de referência) e demandas hídricas (cadastro de usuários) atualizados, o procedimento para a inserção de um novo ponto de captação, deve respeitar os seguintes passos:

- 1º) Toda a base cartográfica da bacia hidrográfica e do cadastro de usuários precisa estar organizada em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (QGIS®, ArcGIS® e etc.) e projetada no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM);
- 2º) Ao receber um novo processo, o analista precisa cadastrar o ponto de captação na planilha de carga de dados com as principais informações da solicitação de outorga (nome do usuário, CPF/CNPJ, coordenada, vazão solicitada), assim como indicar que o processo está “em análise”. Em seguida, a vazão passível de outorga deverá ser consistida, no que diz respeito ao uso racional diante da finalidade de uso. Após a consistência da vazão, a planilha de carga de dados precisa ser importada para o SIG, a fim de gerar o *shape* atualizado referente aos usuários (demanda hídrica);
- 3º) O arquivo *shape* atualizado precisa ser importado no OutorgaLS, mas para isso, o arquivo existente no programa precisa ser retirado do banco (ver item 3.1.1 *Menu Principal em Arquivos* na página 10);
- 4º) Retirado o arquivo antigo é preciso adicionar o arquivo atualizado com o novo usuário (ver item 3.1.1 *Menu Principal em Arquivos* na página 10)
- 5º) Feito isso, por meio da ferramenta Localiza Elemento (ver item 3.1 *Componentes em Localiza elemento* na página 16), que neste caso o analista precisa localizar no *shape* de cadastro o usuário em questão, fornecendo as características de busca, por exemplo:
 - Deixar a tela com o *Zoom* bem próximo;
 - *Layer: shape* do cadastro de usuários;

- *Atributo*: campo onde se encontra a identificação do novo usuário, que pode ser, por exemplo, o nome do pleiteante pela outorga, o número do processo, o número do documento e etc;
 - *Elemento*: selecionar o número respectivo na lista suspensa;
 - Clicar com o botão esquerdo do *mouse* no *Localiza*;
 - O elemento fica selecionado com um retângulo bem discreto na cor vermelha.
- 6º) Inserir o nó demanda e identificá-lo, que pode ser inicialmente, por exemplo, as iniciais do pleiteante;

OBSERVAÇÃO: depois de finalizada toda análise do processo de outorga e o usuário for outorgado, atualizar a rede de simulação renomeando o usuário colocando a letra “Z” antes do código INT_CD proveniente do CNARH (mais detalhes no item 4.4.2 Identificação dos elementos da rede de simulação na página 70).

- 7º) Clicar com o botão direito do *mouse* sobre o nó de demanda e, no quadro que aparece em seguida (FIGURA 91), inserir no campo Demanda (m³/s) o valor correspondente à vazão de captação média solicitada e a Prioridade (no caso, pode ser manter inicialmente o valor igual a 1, pois o usuário ainda não foi analisado), caso a região onde o novo usuário se encontra já apresente situações de não atendimento, verificar as recomendações do item 5.2 *Gerenciamento e análise do balanço hídrico no OutorgaLS em Prioridades de uso da água no OutorgaLS* na página 97;

FIGURA 91

Quadro para a entrada de dados do usuário

Outorga / Demanda	
Nome:	Z348459
Demanda (m ³ /s):	0,000
Prioridade:	1
Retomo (% da Demanda):	0,0
Ponto de lançamento:	

Lançamento	
Lançamento (m ³ /s): 0,000	
Coliformes (N/100ml):	0,000
Fósforo (mg/l):	0,000
DBO (mg/l):	0,000
OD (mg/l):	0,000
TDS (mg/l):	0,000
Algas (mgChla/l):	0,000
Nitrogênio (mg/l):	0,000
Amônia (mg/l):	0,000
Nitrito (mg/l):	0,000
Nitrato (mg/l):	0,000
Temperatura (°C):	0,000

Tratamento (%)	
Coliformes:	0,00
Fósforo:	0,00
DBO:	0,00
Nitrogênio:	0,00

Elaboração do autor.

- 8º) Colocar o link de demanda vindo do nó de passagem mais próximo do usuário (mais detalhes no item 4.4.1 *Montagem topológica de uma rede de simulação no OutorgaLS* na página 63), identificando-o da mesma maneira do nó de demanda.

OBSERVAÇÃO: *tomar o cuidado para não apagar os links de disponibilidade (ficam entre os nós de passagem), evitar a desabilitação dos layers dos nós de passagem (Acq_No) e/ou dos links (Acq_Link) e sempre usar um nível de Zoom apropriado (mais perto).*

5.2. Gerenciamento e análise do balanço hídrico no OutorgaLS

Depois de construída a rede de simulação, para o gerenciamento e análise do balanço hídrico no OutorgaLS não há a necessidade mais dos *layers* de construção (*shapes* dos trechos de drenagem e das *ottobacias*), os quais a critério do analista, poderão ser retirados da Legenda (ver item 3.1.4 *Legenda*, página 26).

É importante que no dia a dia, o(s) analista(s) técnico(s) encarregado(s) para utilizar o SSD OutorgaLS, tenha(m) em mente a importância da segurança dos dados, por isso é aconselhável que se façam cópias de segurança (*backup*) dos arquivos da rede de simulação e também que sejam elaboradas memórias de alteração (podem ser em forma de texto) destes arquivos, se possível diariamente, e identificadas com o nome do técnico e a data de modificação, para que no futuro se possa entender a dinâmica dos processos de análise, bem como assegurar a integridade da rede, caso a mesma apresente problema na simulação, ajudando, desta maneira, na identificação de quando e como ocorreu o problema.

Vale salientar que a montagem da rede de simulação das UHGs pertencentes à bacia do rio Machado a partir do zero, possibilitou constatar a situação atual de atendimento aos usuários outorgados.

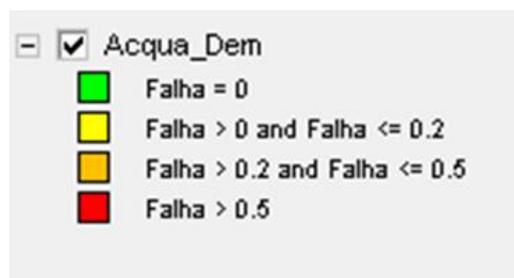
Portanto, a análise do balanço hídrico para a concessão de novas outorgas terá como condição inicial, a situação atual do balanço hídrico da bacia hidrográfica, isto é, na existência ou não de água para atender a cada um dos usuários, frente às outras demandas existentes na bacia hidrográfica em análise.

No SSD OutorgaLS, a verificação de atendimento à demanda solicitada, consiste em verificar o resultado dos nós de demanda na rede de simulação (ver item 3.1.2 *Barra de Botões em Resultados* na página 23), por meio da presença de falha ou não no nó de demanda, que nada mais é que um déficit do valor solicitado, calculado pelo programa, em relação à disponibilidade hídrica (TABELA 5).

TABELA 5

Classificação dos resultados nos nós de demanda

- Falha = 0 → demanda atendida
- Falha > 0 and Falha <= 0,2 → demanda não atendida entre 0% e 20% do valor solicitado
- Falha > 0,2 and Falha <= 0,5 → demanda não atendida entre 20% e 50% do valor solicitado
- Falha > 0,5 → demanda não atendida maior que 50% do valor solicitado



Elaboração do autor.

OBSERVAÇÃO: No caso desta presente Nota Técnica, não foram consideradas as vazões de restrição, portanto a análise limitou-se aos resultados nos nós de demanda. Se o analista ou o técnico responsável pela montagem da rede de simulação optar pela colocação também da vazão de restrição, no momento da inserção dos valores de disponibilidade hídrica (ver item 4.5 Importação dos dados de disponibilidade e de demanda hídricas no OutorgaLS na página 76), também será preciso verificar os resultados nos links.

Os resultados nos links consistem na comparação da vazão no início do link (resultante do balanço hídrico) com a vazão de restrição, indicando se houve falha ou não, de acordo com os critérios apresentados na TABELA 6.

TABELA 6

Classificação dos resultados nos nós de demanda

- Falha = 0 → Qlink >= Qrestrição → vazão no link maior ou igual à vazão de restrição
- Falha = 0 → Qlink < Qrestrição → vazão no link menor que a vazão de restrição



Elaboração do autor.

Como as análises de concessão de outorgas estão partindo de uma situação pré-existente, isto é, num cenário inicial em que outorgas já foram emitidas, a análise para novas outorgas considerará a atual situação deficitária da bacia hidrográfica com as demandas já existentes, neste caso, não poderão ser feitas mudanças nas outorgas vigentes, salvo se oficializadas por parte do Estado, por motivos críticos de falta de disponibilidade hídrica para atender as atuais demandas.

Portanto, partindo do pressuposto que os usuários atualmente instalados na bacia hidrográfica já tenham sido outorgados, tem-se um cenário inicial (FIGURA 92).

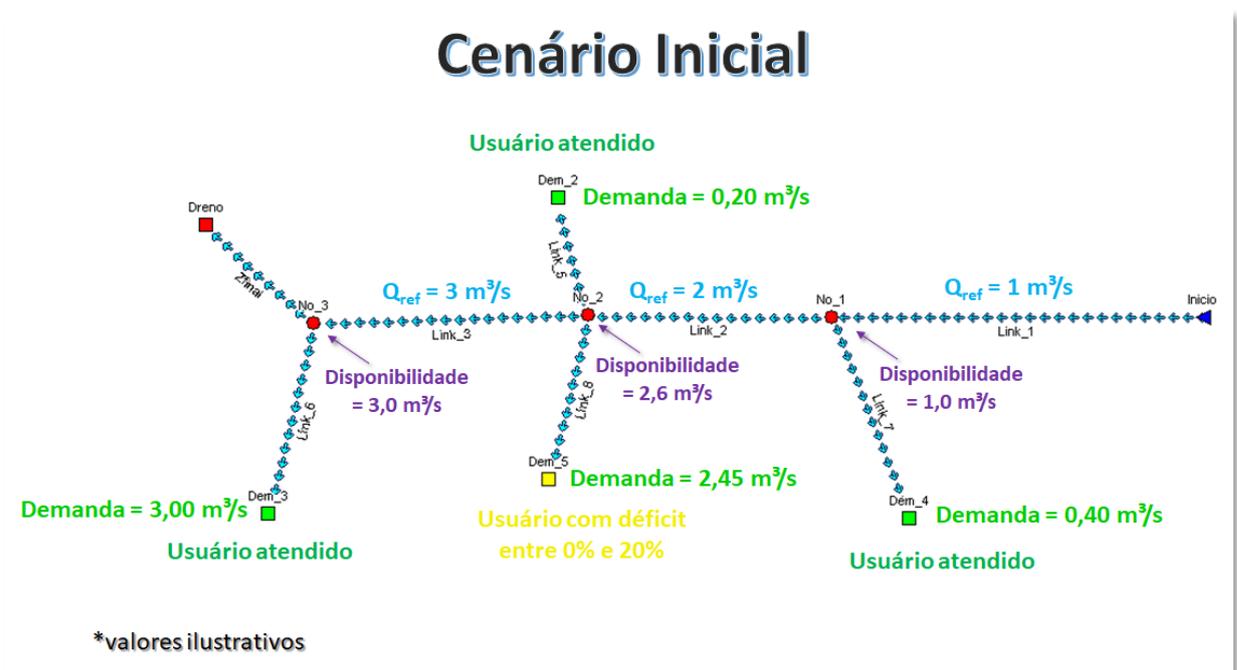
A FIGURA 92 mostra um exemplo hipotético de cenário inicial de uma bacia hidrográfica composta por:

- três cursos d'água (Link_1, 2 e 3) com suas respectivas vazões de referência;
- quatro usuários outorgados (Dem_2, 3, 4 e 5) com suas demandas de captação.

Neste cenário, três usuários estão sendo atendidos e um usuário apresenta um déficit de demanda entre 0% e 20%, mais especificamente um déficit de $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$, pois para o usuário Dem_5, apesar de chegar uma disponibilidade hídrica de $2,60 \text{ m}^3/\text{s}$ "sobra" para ele $2,40 \text{ m}^3/\text{s}$, pois o usuário Dem_2 é atendido primeiro, porque tanto Dem_2 quanto Dem_5 apresentam a mesma prioridade, pois são usuários já outorgados e estão retirando água do mesmo nó de passagem, nesse caso, o algoritmo do programa direciona o fluxo para o nó inserido primeiro na rede, isto é pela ordem de chegada na bacia hidrográfica.

FIGURA 92

Exemplo ilustrativo de um cenário inicial



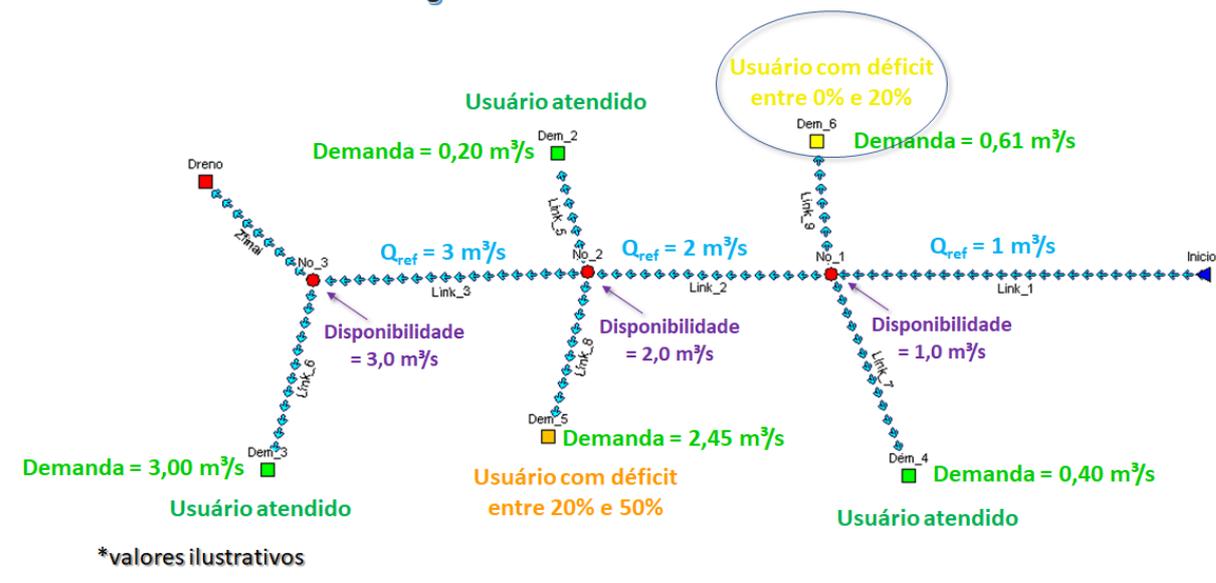
Elaboração do autor.

Com a inclusão de um novo usuário (novo nó de demanda), o analista precisará simular (rodar) a rede (item 3.1.2 *Barra de Botões*, página 23), gerando um resultado que mostrará uma nova situação hídrica da bacia hidrográfica (FIGURA 93).

FIGURA 93

Exemplo de nova situação hídrica - Inserção de novo usuário

Inserção de novo usuário



Elaboração do autor.

Neste novo cenário, o usuário Dem_6 está solicitando uma outorga de $0,61 \text{ m}^3/\text{s}$, mas onde ele capta existe uma disponibilidade hídrica de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ comprometida de $0,40 \text{ m}^3/\text{s}$ pela captação do usuário Dem_4, sobrando assim $0,60 \text{ m}^3/\text{s}$ e faltando $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ para Dem_6, resultando em um déficit de 1,6%.

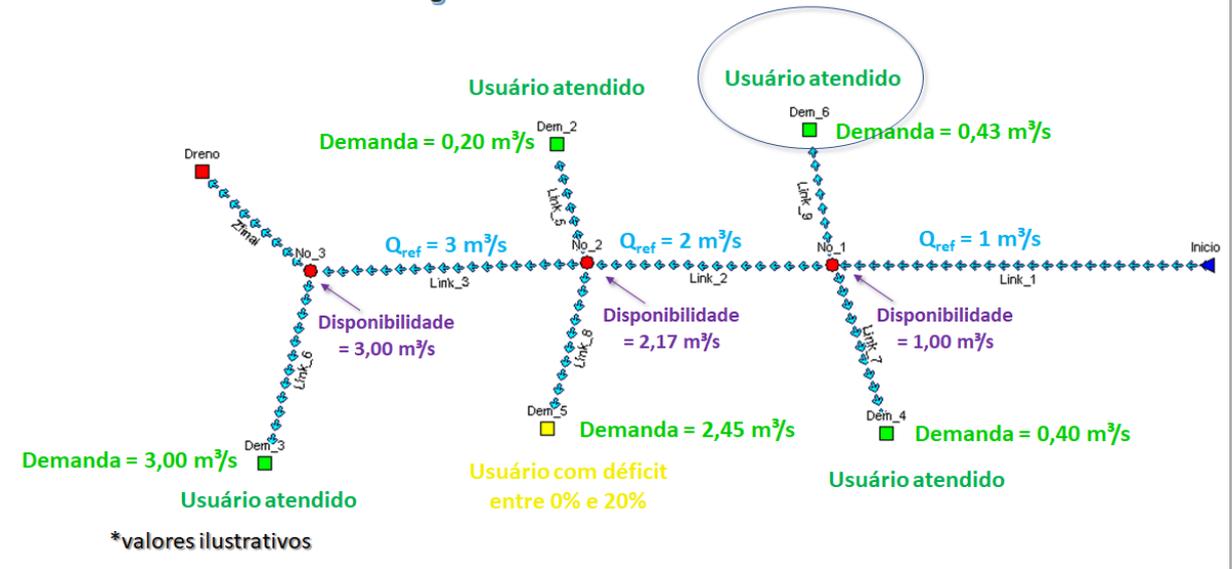
Além disso, o usuário Dem_5, a jusante, foi comprometido, uma vez que seu déficit aumentou de 2% para 27%, mas como a condição deste usuário não pode mudar (já está outorgado), será preciso readequar o pedido de outorga do usuário Dem_6 para que este não prejudique o menos possível os usuários a jusante e que se garanta água para este usuário. A opção, neste caso, foi diminuir o seu valor de captação para $0,43 \text{ m}^3/\text{s}$ (FIGURA 94).

Apesar de o usuário Dem_5 ainda continuar no "prejuízo", uma vez que este já apresentava um déficit hídrico, o mesmo diminuiu em relação ao cenário anterior de 27% para 20%, isto é, dentro da faixa de classificação em que o mesmo se encontrava antes da entrada do usuário Dem_4 (déficit entre 0% e 20%).

FIGURA 94

Readequação do valor de captação

Inserção de novo usuário



Elaboração do autor.

Nestes casos, o valor a ser outorgado vai depender do bom senso do analista técnico, que deverá ponderá-lo, levando em consideração o tipo de uso da água. Por exemplo, supõe-se que o usuário Dem_6 seja destinado à indústria e o usuário Dem_5 (com déficit) à dessedentação de animais, o analista poderia diminuir ainda mais a possibilidade de captação do uso industrial em favor do uso pecuário, modificando a sua prioridade de uso.

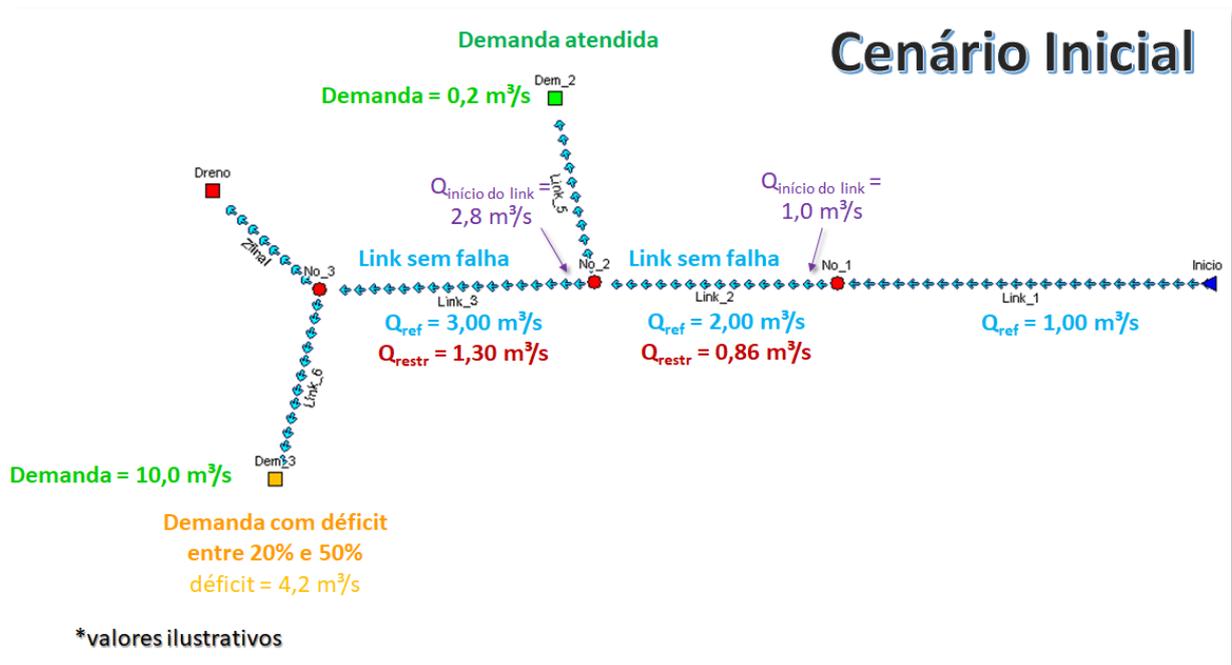
Também se poderia optar pela adoção de um limite de captação individual, baseado na vazão de referência, em que o usuário pode solicitar a outorga, caso o novo usuário não pertença às prioridades de consumos humano e animal, mas sua vazão seja até esse limite e não haja água, pode-se sugerir de levar a pauta para o Conselho Estadual de Recursos Hídricos ou Comitê de Bacias da bacia hidrográfica em questão, para discutir a alocação negociada.

Na sequência é apresentado um exemplo em que é considerada a vazão de restrição nos links de disponibilidade.

Neste exemplo (FIGURA 95), a condição inicial da rede de simulação não apresenta falha nos links de disponibilidade, isto é, as vazões no início deles estão maiores que a vazão de restrição imposta, além disso existe um usuário (Dem_3) que apresenta um déficit de $4,2 m^3/s$ em sua vazão outorgada.

FIGURA 95

Exemplo de um cenário inicial com vazão de restrição

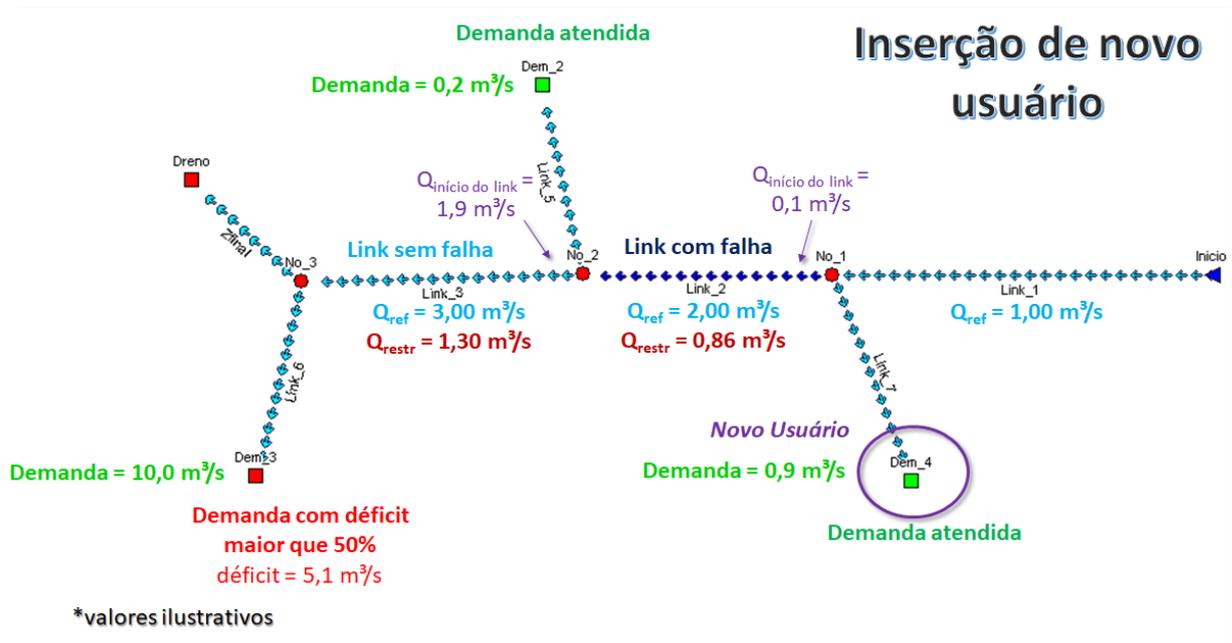


Elaboração do autor.

Com a inserção de um novo usuário Dem_4 na rede de simulação, a condição hídrica da mesma passa a apresentar falha no Link_2, pois a vazão no início deste link ($0,1 \text{ m}^3/\text{s}$) é menor que a vazão de restrição ($0,86 \text{ m}^3/\text{s}$), devido à captação de $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ do novo usuário (FIGURA 96), além disso o déficit do usuário já outorgado Dem_3, aumentou de $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (42%) para $5,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (51%).

FIGURA 96

Exemplo de falha no link



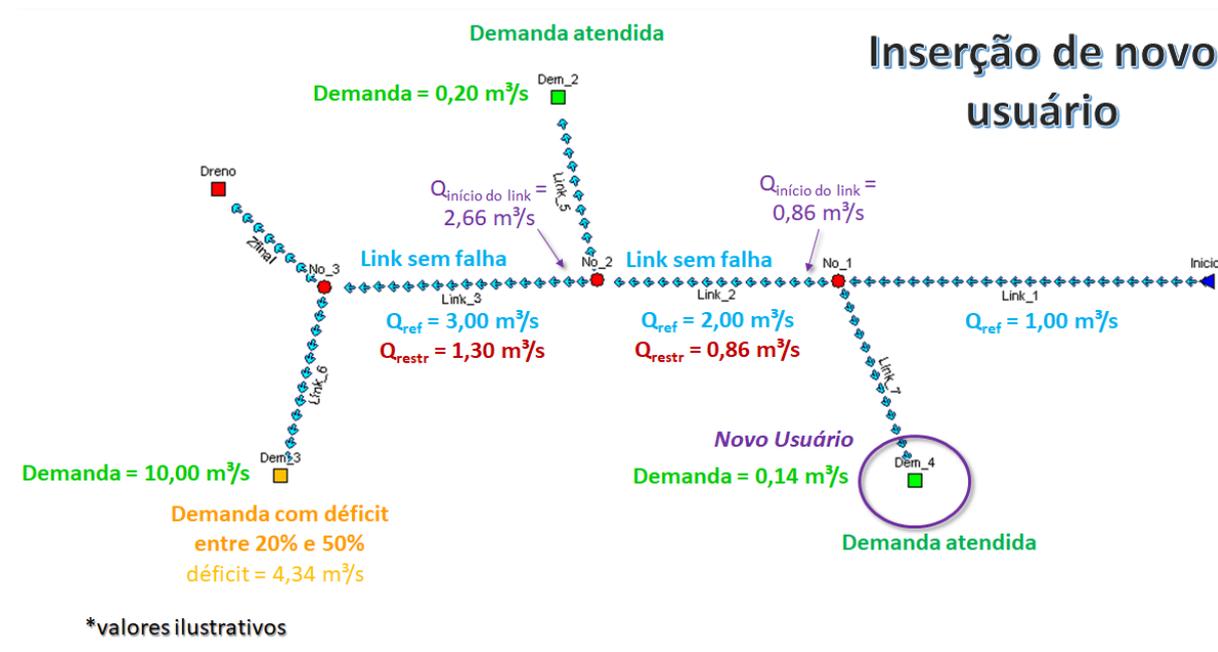
Elaboração do autor.

Caso o analista técnico se depare com esse tipo de situação, a opção, neste caso, seria diminuir a vazão de captação do usuário Dem_4, para que a mesma não faça ocorrer a falha no

Link_2, neste caso, a vazão de captação do usuário Dem_4 precisaria ser diminuída para 0,14 m³/s. Todavia, o usuário Dem_3 apresenta um aumento do seu déficit em relação ao cenário inicial, de 42% para 43%, mas ele está dentro da faixa original (déficit entre 20% e 50%).

FIGURA 97

Readequação do valor da demanda



Elaboração do autor.

Observação: durante o uso do OutorgaLS é normal que o arquivo da rede aumente de tamanho por conta do número de simulações realizadas e da inserção de novos elementos na rede, isso pode ser minimizado utilizando-se da ferramenta de compactação de um programa de banco de dados (no Access® da Microsoft®, por exemplo, é o comando “Compactar e Reparar Banco de Dados”), sempre tomando o cuidado de fazer um backup do arquivo em questão.

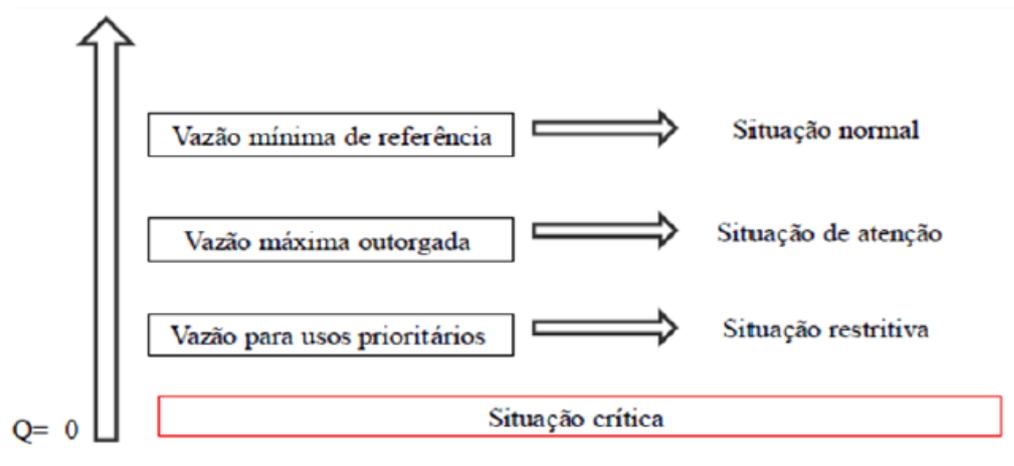
Prioridades de uso da água no OutorgaLS

Nos casos em que a bacia hidrográfica está apresentando falta de disponibilidade hídrica para atender os usuários, cabe ao Estado estabelecer quais procedimentos devem ser feitos para garantir o uso múltiplo das águas. É nesse contexto, que se pode utilizar das prioridades dos nós de demanda no SSD OutorgaLS (item 5.1 Procedimentos para inserção de novo ponto de captação hídrica na rede OutorgaLS).

Segundo o PERH/RO, caso o curso d’água esteja em uma situação restritiva (FIGURA 98), a SEDAM tem o papel de identificar os usuários que não são prioritários para restringir a concessão da outorga destes para minimizar os conflitos pelo uso da água.

FIGURA 98

Relação de disponibilidade hídrica e sua situação



Fonte: PERH/RO (2017).

O PERH/RO classificou a disponibilidade hídrica de um curso d'água de acordo com a situação na qual este se encontra, em quatro categorias:

- **situação normal:** garantia de atendimento aos usos múltiplos e à manutenção dos ecossistemas;
- **situação de atenção:** o percentual máximo da vazão de referência está outorgado e a vazão no rio está limitada à vazão remanescente, necessária a racionalização da água;
- **situação restritiva:** vazões decrescendo, não há garantia para atendimento aos usos múltiplos, aplicar restrições aos usos não prioritários;
- **situação crítica:** vazões decrescendo, os usuários prioritários também sofrem restrições e estas tornam-se mais severas aos demais.

Em situações de escassez hídrica, as políticas de recursos hídricos nacional e estadual definem como uso prioritário da água: o consumo humano e a dessedentação animal, portanto, as prioridades a serem colocadas no programa OutorgaLS devem obedecer a esta diretriz.

Já para a restrição aos usuários não prioritários, segundo o PERH/RO (2017), a mesma deve ser estabelecida juntamente com os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) para evitar conflitos de interesses nas regiões problemáticas, além disso, a definição dos valores de referência para classificação da situação dos corpos hídricos, quanto à disponibilidade de água, precisa ser detalhada em estudos específicos nos planos de bacias hidrográficas.

Portanto, no caso do SSD OutorgaLS, enquanto não forem elaborados os estudos para a designação dos usos não prioritários, bem como para os valores de referência de classificação da situação hídrica dos cursos d'água, das regiões hidrográficas do estado de Rondônia, as prioridades inseridas no SSD OutorgaLS, em situação restritiva, apresentarão a princípio os seguintes valores:

- **Prioridade = 1** → Usos prioritários = consumo humano e dessedentação animal;
- **Prioridade = 2** → Demais usos.

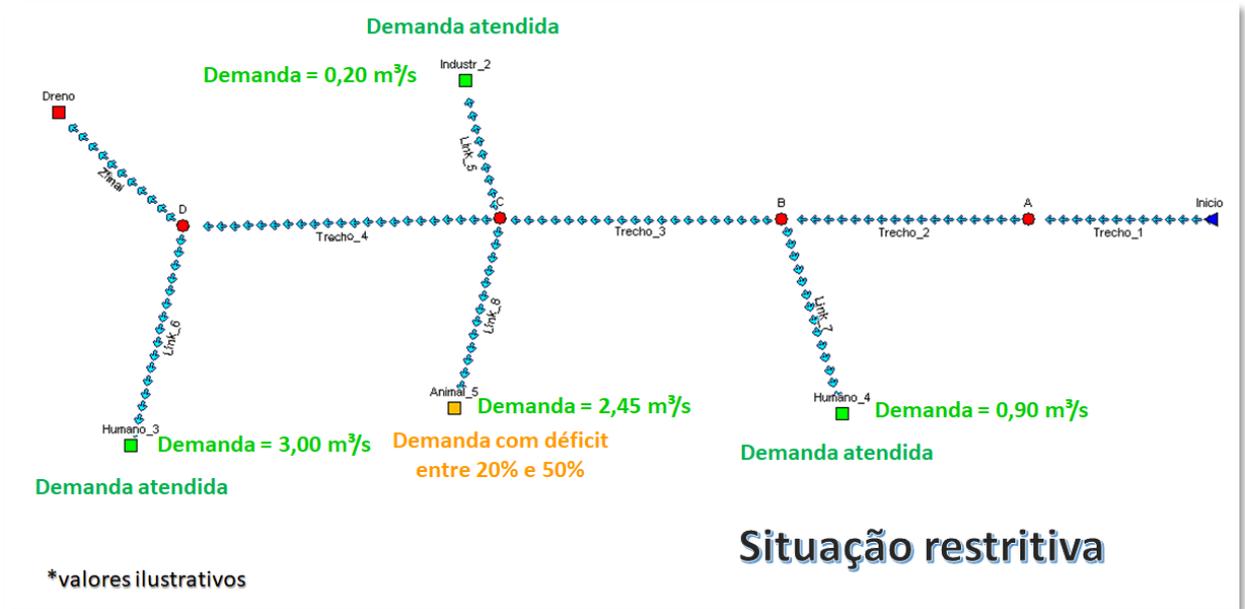
Além da modificação dos valores das prioridades nos nós de demanda, caso seja necessário, os valores outorgados também deverão ser modificados para atender tanto aos usos prioritários como às condições iniciais de atendimento dos usuários existentes.

Por exemplo, têm-se um cenário de situação restritiva numa bacia hipotética (FIGURA 99) que apresenta quatro usuários nas seguintes situações:

- Humano_4: uso para abastecimento humano atendido com captação de 0,90 m³/s;
- Animal_5: uso para dessedentação animal parcialmente atendido com déficit de 0,55 m³/s (22%);
- Industr_2: uso industrial atendido com captação de 0,20 m³/s;
- Humano_3: uso para abastecimento humano atendido com captação de 3 m³/s.

FIGURA 99

Exemplo de bacia hidrográfica em situação restritiva

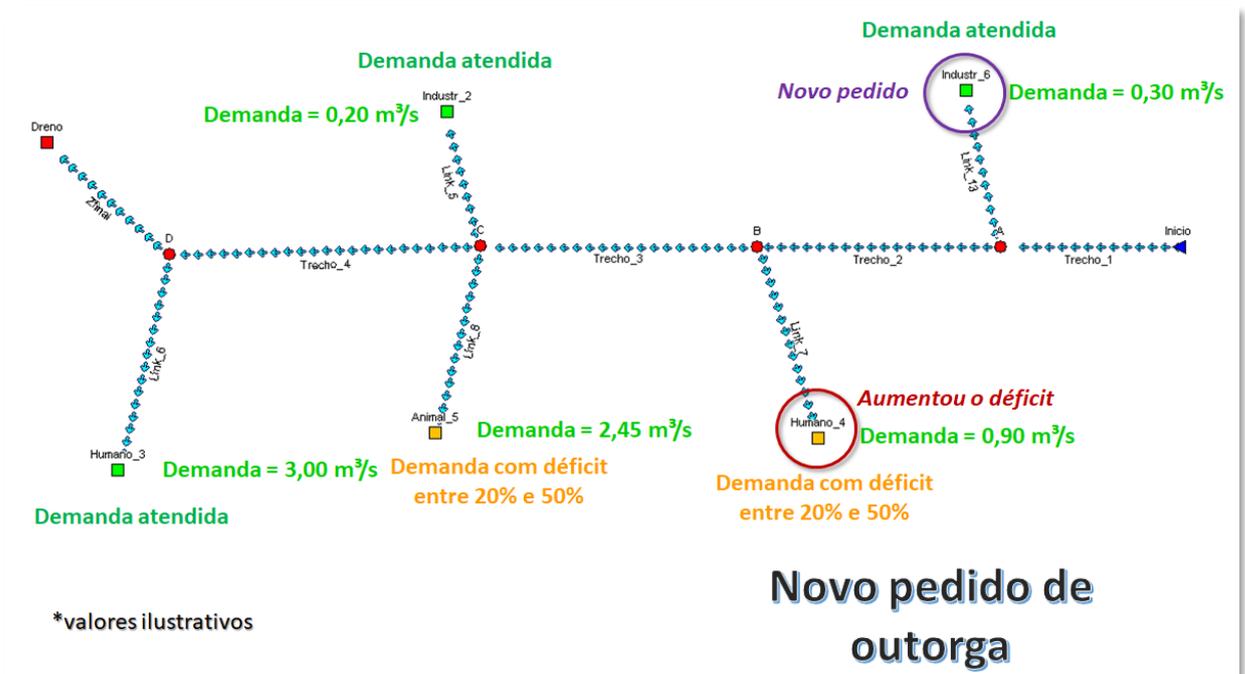


Elaboração do autor.

Um novo pedido de outorga é feito para uso industrial para captar $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$ no nó A da rede de simulação. Esse novo pedido prejudicou o atendimento do usuário Humano_4 criando um déficit de 22% (FIGURA 100).

FIGURA 100

Exemplo com a inserção de um novo pedido de outorga

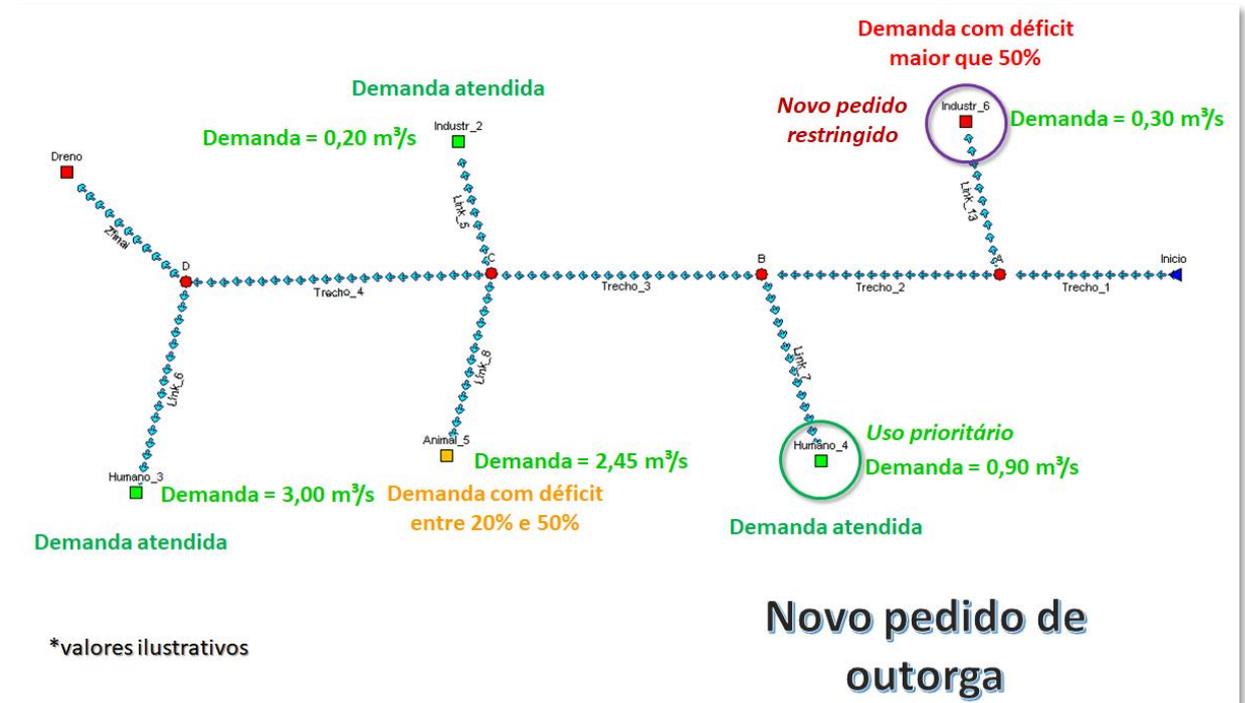


Elaboração do autor.

Como a situação inicial da bacia hidrográfica estava já na situação restritiva, é preciso restringir os usos não prioritários, em favor dos usos de consumo humano e de dessedentação animal. Isto é feito, modificando a prioridade do pedido do usuário Industr_6 para o valor 2, o que resulta no cenário em que os usos prioritários são atendidos ou que voltaram à situação inicial (FIGURA 101). Neste exemplo, o usuário Industr_6 teve seu pedido de outorga reduzindo para 33% da vazão inicialmente requerida.

FIGURA 101

Exemplo de priorização de usos da água



Elaboração do autor.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**: relatório pleno. Brasília: ANA, 2017. 169 p.

CARVALHO, M. A. et al. Sistema de suporte à decisão para alocação de água em projetos de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.1, p.10-17, 2009.

EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **Sistema de suporte à decisão para análise e concessão de outorga para captação de água e para lançamento de efluentes**: manual de utilização do SSD OutorgaLS - Plataforma generalizada para análise de concessão de outorga. São Paulo: EPUSP/DEHS, 2012. 48 p.

FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Plataforma Generalizada para Análise de Outorga para Captação de Água e para Lançamento de Efluentes**. São Paulo: FINEP/CTHIDRO/FCTH/FUNCEME, 2007. 152 p. (Relatório Final – Revisão 1).

RAVANELLO, M. M. **Análise técnica, legal e social para subsídios à outorga de direito de uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Ibicuí – RS**. 2007. 130 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Santa Maria, 2007.

RHA – Recursos Hídricos Ambientais - Engenharia e Consultoria Ltda. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Curitiba: RHA/SEDAM/MMA, 2018. 579 p. (Relatório Final).