AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

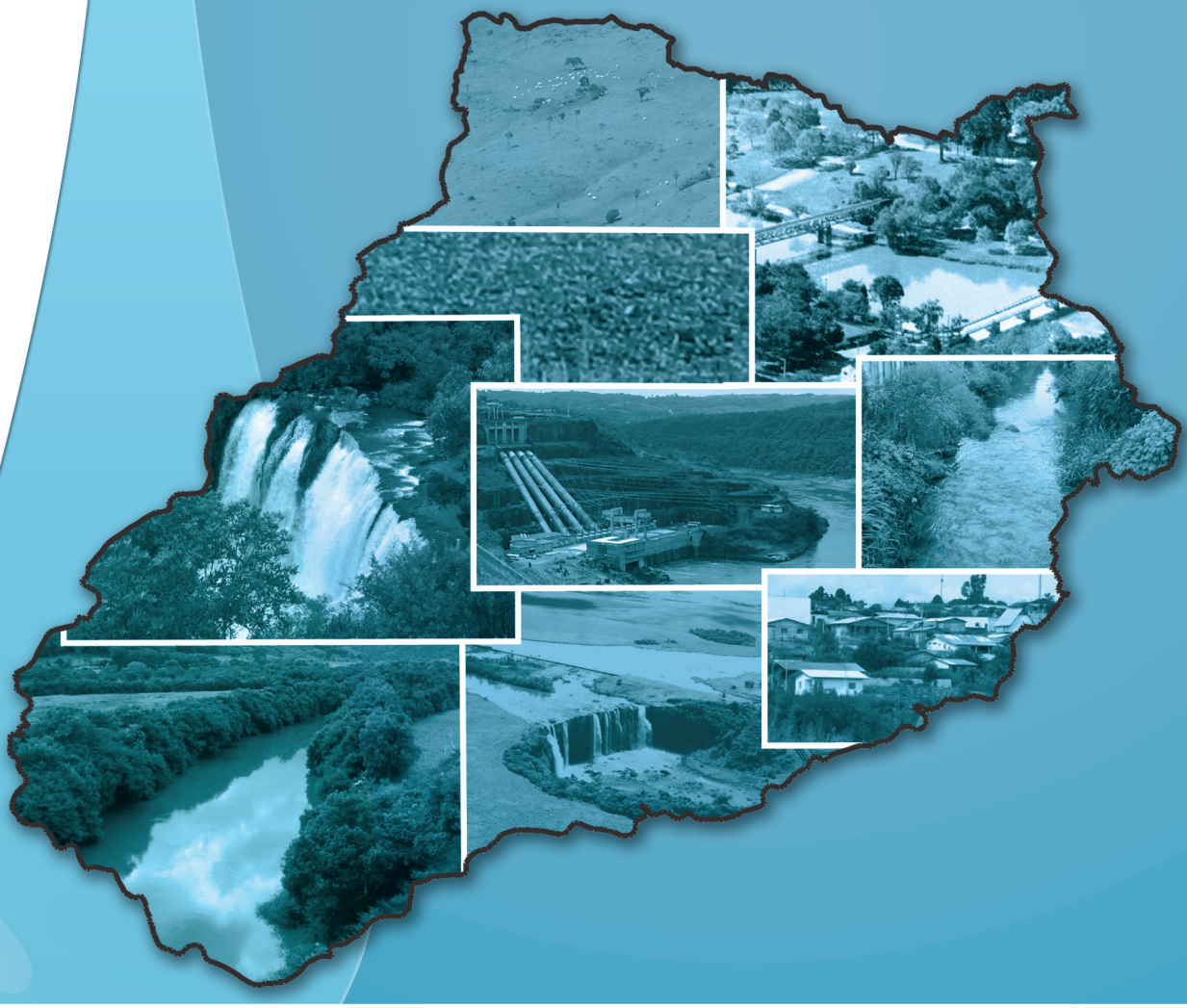
FINALIZAÇÃO DO PLANO DA

BACIA DO RIO JORDÃO

CONTRATO Nº 10/2012

Produto 02: Implementação do AcquaNet

Revisão 0
Setembro/2013



COBRAPE • CIA. BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS

cobrape

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 2
2. METODOLOGIA 3
3. CONCLUSÃO 10
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 11

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Exemplificação da divisão de AEGs em sub-bacias adotadas no AcquaNet 4
Figura 2.2. Exemplificação do sistema da rede de fluxos no AcquaNet 5
Figura 2.3. Divisão das sub-bacias adotadas no AcquaNet 6
Figura 2.4. Exemplificação da rede de fluxo para a bacia do rio Jordão no AcquaNet 9

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1. Distribuição por nós de passagem 7
Quadro 2.2. Taxas de Retorno dos Setores Usuários 8
Quadro 2.3. Volumes Característicos dos Reservatórios da Bacia do Rio Jordão 8

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório, *P02 – Implementação AcquaNet – Revisão 0*, integra os produtos previstos para o processo de elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Jordão (PBH-Jordão) e tem como escopo a geração de um modelo integrado para análise da Bacia Hidrográfica do Rio Jordão. O modelo utilizado é o *software* AcquaNet, versão 3.16, módulo de Alocação de Água. Como dados de entrada para o modelo foram utilizados os resultados obtidos pelos estudos elaborados no âmbito do PBH-Jordão até o momento.

2. METODOLOGIA

O AcquaNet é um *software* que realiza cálculos simples, através de um algoritmo linear, para resolver problemas de alocação de água em sistemas complexos de recursos hídricos.

Os sistemas, que podem representar grandes bacias hidrográficas, são descritos através de uma rede de fluxo, em que as demandas, os reservatórios e as confluências são representados por nós e os trechos de rios são os elos ou links. Para facilitar a localização dos mesmos, o AcquaNet permite a utilização de ferramentas de SIG, possibilitando o manuseio simultâneo de mapas e redes de fluxo.

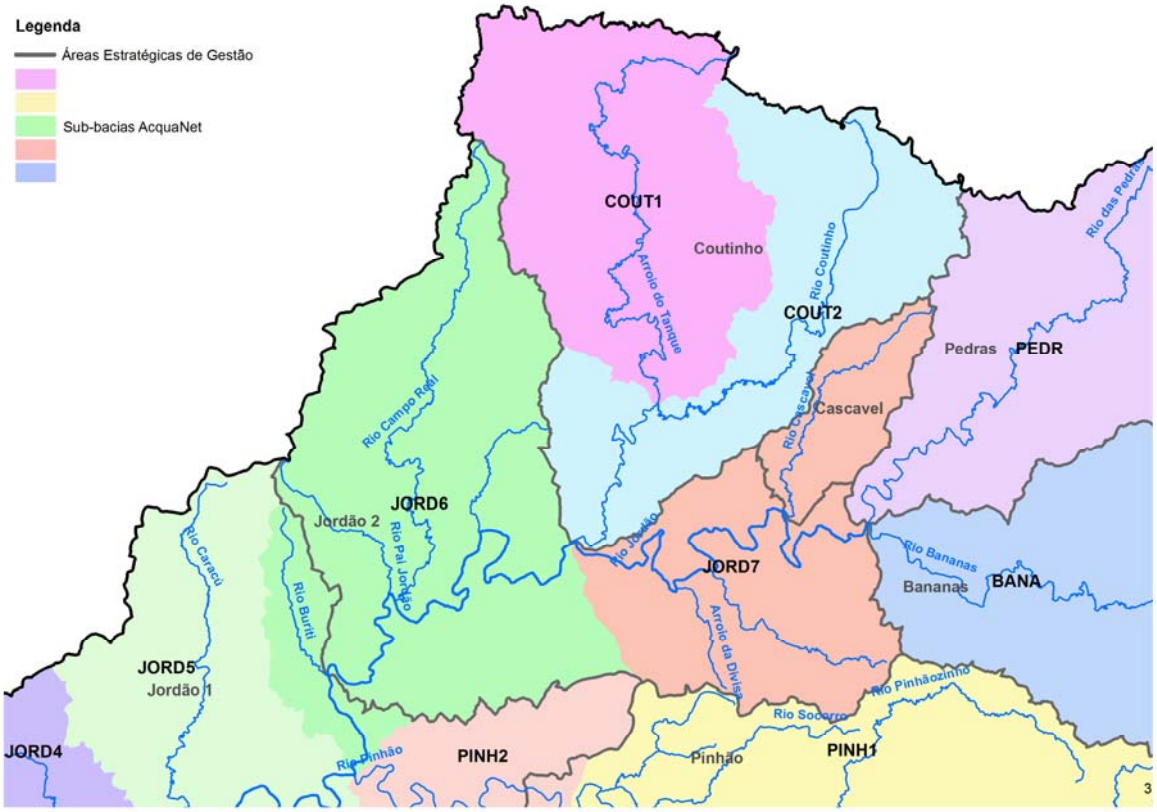
O software permite ainda que o usuário defina prioridades para as demandas, prioridades essas que determinam a ordem de atendimento das demandas. Elas variam de 1 a 99, sendo o valor igual a 1 para a demanda com maior preferência no atendimento, e 99 para a demanda com menor preferência no atendimento. Dessa forma, caso as demandas sejam maiores que a quantidade de água disponível (situação crítica), aquelas com o menor valor numérico de prioridade serão atendidas de pronto e as com valores numéricos maiores somente serão atendidas se possível. As prioridades também podem ser estabelecidas para os volumes-meta dos reservatórios da rede.

Para o Plano da Bacia do rio Jordão, o *software* foi utilizado no modo de simulação contínua, em que os cálculos são efetuados de maneira sequencial no tempo, para um número total de anos igual a 21. Este foi o maior período encontrado com dados de vazões disponíveis.

A bacia foi desenhada com 05 nós auxiliares que armazenam informações quando há confluência e não possuem dados de demandas e disponibilidades, além de 14 nós de passagem no exutório de sub-bacias definidas de forma semelhante às Áreas Estratégicas de Gestão (AEGs). Isto porque as 07 AEGs não formariam uma rede de fluxo. Outros 03 nós estão presentes na rede, representando os reservatórios Fundão, Santa Clara e a Derivação do rio Jordão.

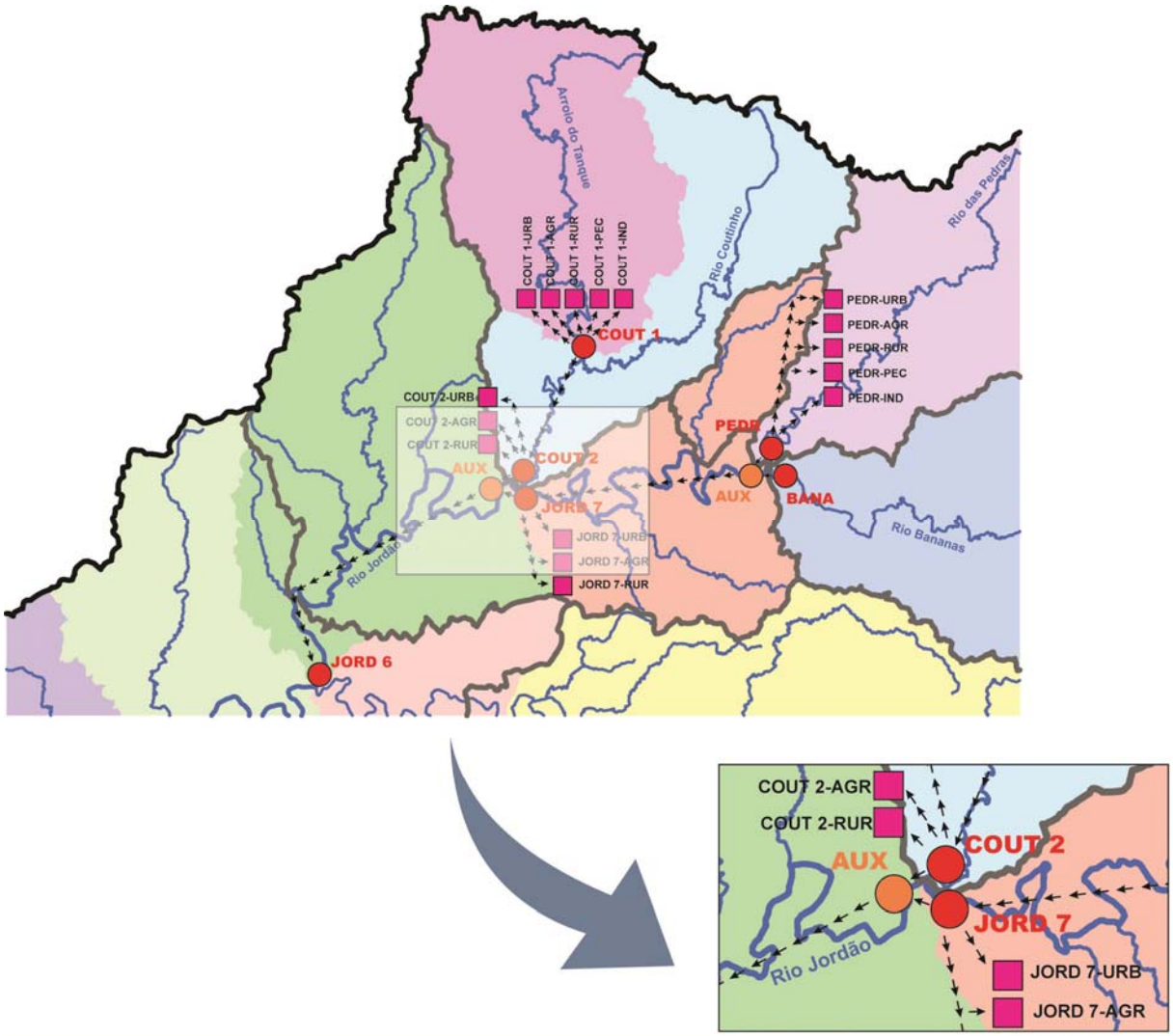
Uma exemplificação é apresentada na *Figura 2.1* na qual se pode verificar que a AEG 04 (Coutinho) foi dividida em duas áreas e, portanto, terá dois nós de passagem (um no exutório da sub-bacia COUT 1 e outro no exutório da COUT 2). Um nó auxiliar, por sua vez, conectará as informações da sub-bacia COUT 2 e JORD 7. Isto para que os fluxos representem os sistemas de recursos hídricos de modo realista, visto que a hidrografia mostra que o Arroio do Tanque deságua no rio Coutinho, o qual deságua no rio Jordão após a sub-bacia JORD 7. Caso esta AEG fosse mantida inteira, as informações de demanda e disponibilidade do nó que representam a AEG Coutinho (sub-bacias COUT 1 e COUT 2) seriam transferidas para o nó da sub-bacia JORD 7 ou da sub-bacia JORD 6, provocando um entendimento equivocado.

Figura 2.1. Exemplificação da divisão de AEGs em sub-bacias adotadas no AcquaNet



A *Figura 2.2* representa o sistema da região da figura anterior no software AcquaNet. Os círculos vermelhos representam os nós de passagens, e o círculo laranja o nó auxiliar que representa a confluência do rio Coutinho com o rio Jordão. Os quadrados rosas simbolizam as diferentes demandas da área a montante do respectivo nó. As setas são os links que representam os trechos de rios.

Figura 2.2. Exemplificação do sistema da rede de fluxos no AcquaNet



Portanto, os nós auxiliares são utilizados quando há confluência entre rios de forma a criar uma sequência correta na rede de fluxos. Esta situação ocorre também entre os rios Pedras e Bananas, por exemplo. Como no caso da AEG Coutinho a confluência não ocorre no exutório, esta AEG foi dividida em duas áreas.

A existência de reservatórios de usinas hidrelétricas, tais como das UHEs Santa Clara e Fundão, também resultou na divisão da AEG em outras sub-bacias (JORD 5 e JORD 4) visto que os reservatórios representam nós na rede de fluxo. Ressalta-se, ainda, que a AEG Cascavel não foi mantida como sub-bacia no AcquaNet pois a área não apresenta demandas representativas. O software aceita apenas valores de demanda em m³/s, assim, a AEG apresentaria valores insignificantes. Portanto, optou-se por agrupá-la com outra sub-bacia resultando na sub-bacia JORD 7.

A relação entre as AEGs e as sub-bacias adotadas no AcquaNet é apresentada na *Figura 2.3*.

Divisão das sub-bacias adotadas no AcquaNet

Figura 2.3

AGUASPARANÁ Instituto das Águas do Paraná

cobrape

Legenda

- Reservatórios
- Áreas Estratégicas de Gestão
- Sub-bacias AcquaNet

52°0'0"W
51°30'0"W
25°30'0"S
26°0'0"S

COUT1
Coutinho
COUT2
Rio Coutinho
Rio Campo Real
JORD6
Rio Pai Jordão
Rio Buriti
Rio Jordão
Jordão 2
Rio Caracú
JORD5
PINH2
JORD4
Jordão 1
JORD1
JORD3
Rio Capivara
CAPG
Rio Capão Grande
JORD2
Rio das Torres
Pedras
Rio das Pedras
PEDR
Rio Cascavel
Cascavel
JORD7
BANA
Bananas
Rio Bananas
Rio Pinhãozinho
PINH1
Rio Pinhão
Pinhão
Rio Boi Carreiro

Convenções

- Limite da Bacia do Rio Jordão
- Municípios

N

1:400.000

0 2 4 8 12 16 Km

Rio Jordão

Os 14 nós de passagem foram nomeados em acordo com o nome do rio principal que passa pela região que cada nó representa. Para os rios que passavam por mais de um nó, como o rio Jordão, após as letras foram colocados números de forma decrescente a partir da nascente. A distribuição dos nós por Área Estratégica de Gestão encontra-se no *Quadro 2.1* a seguir.

Quadro 2.1. Distribuição por nós de passagem

Área Estratégica de Gestão	Nó de passagem	Nome do Rio
Pedras	PEDR	Rio das Pedras
Bananas	BANA	Rio Bananas
Cascavel	JORD7	Rio Jordão
Coutinho	COUT1	Rio Coutinho
	COUT2	
Jordão 2	JORD7	Rio Jordão
	COUT1	Rio Coutinho
	JORD6	Rio Jordão
Pinhão	PINH1	Rio Pinhão
	PINH2	Rio Pinhão
Jordão 1	PINH2	Rio Pinhão
	JORD5	Rio Jordão
	JORD4	Rio Jordão
	JORD3	Rio Jordão
	CAPG	Rio Capão Grande
	JORD2	Rio Jordão
	JORD1	Rio Jordão

Os dados de entrada, de demandas e de disponibilidades hídricas, devem representar as vazões médias mensais, sem dados faltantes, na unidade de m³/s. Além disso, a série deve conter o mesmo período que o horizonte de planejamento da simulação.

Cada elemento da rede de fluxos (nós e links) deve apresentar as características da área que está representando. Assim, a disponibilidade hídrica de cada nó indica a quantidade de recurso hídrico disponível na área abrangida pelo nó.

Em cada nó foram colocadas as demandas referentes à região, sendo que todas elas receberam prioridades iguais a 10. Ou seja, inicialmente não haverá usos prioritários. Mas esse valor pode ser alterado facilmente caso haja necessidade, de forma a priorizar setores ou demandas específicas. Ainda no que se refere às demandas, é possível inserir uma taxa de retorno, onde se escolhe para qual nó a água restante se encaminhará. Para a BHJ, os retornos foram feitos sempre para o nó à jusante e as taxas de retorno utilizadas são apresentadas no *Quadro 2.2*.

Quadro 2.2. Taxas de Retorno dos Setores Usuários

Demanda	Taxa de retorno (%)
Urbana	80
Agrícola	20
Rural	50
Industrial	80
Pecuária	20
Aquicultura	95
Mineração	90

Fonte: ANA (2005).

Além dos 14 nós de passagem, a rede compõe-se de 03 nós representando os reservatórios. O *Quadro 2.3* apresenta as características destes nós.

Quadro 2.3. Volumes Característicos dos Reservatórios da Bacia do Rio Jordão

Reservatório	Nó	Volume Máximo (Mm^3)	Volume Mínimo (Mm^3)	Volume Inicial (Mm^3)
Derivação do Rio Jordão[1]	DER	110,00	85,00	110,00
Fundão[2]	FUND	34,59	30,66	34,59
Santa Clara[2]	SAN	431,22	169,15	431,22

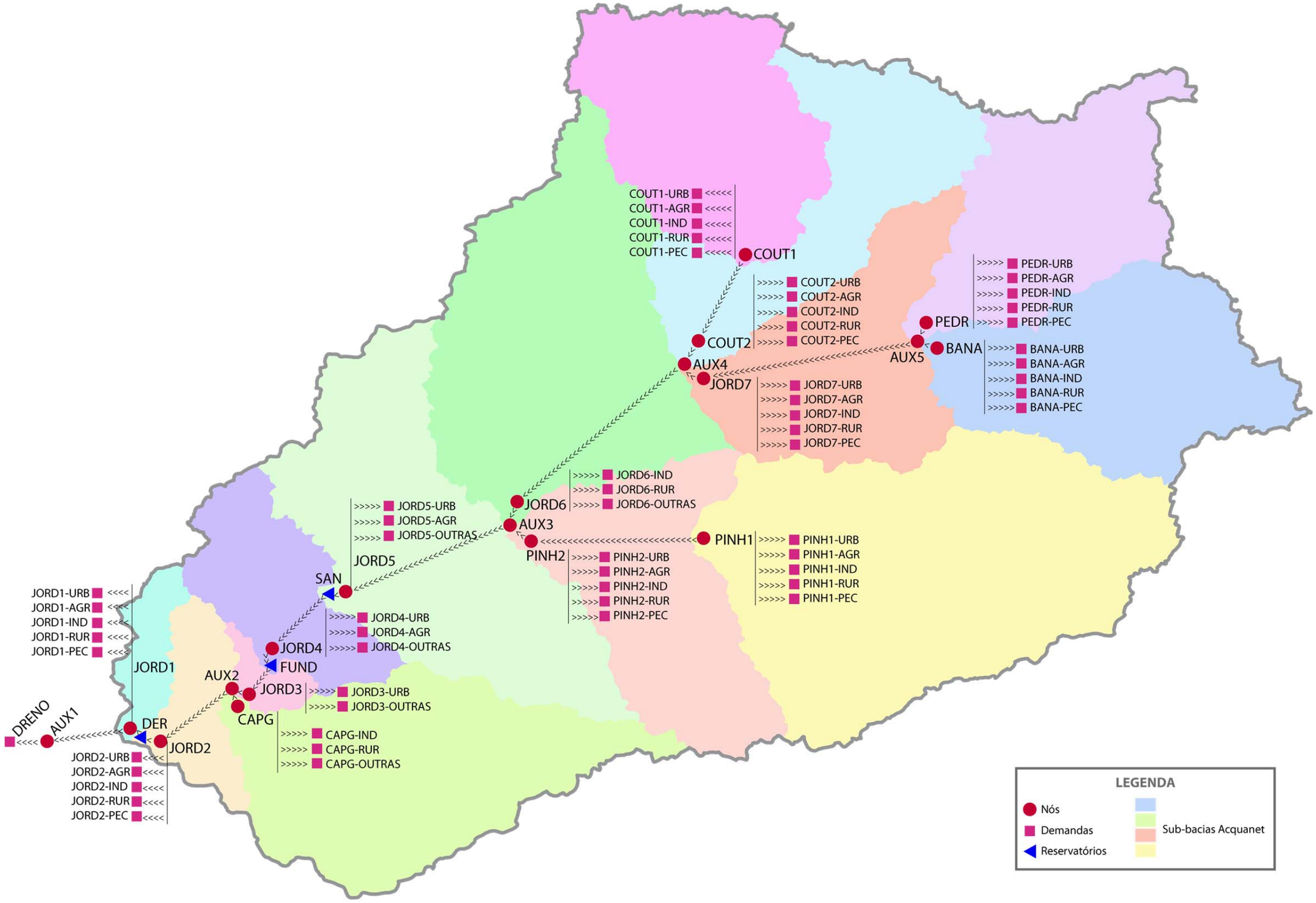
Fonte: [1]ONS (2013); [2]LACTEC (2012).

Os nós de reservatórios receberam os valores de prioridade 20, significando que as demanda dos setores usuários serão atendidas com prioridade em relação ao enchimento dos reservatórios.

Foi criada, ao final da rede de fluxo, uma demanda fictícia que tem a função de receber a água excedente do sistema. Esta recebe o nome de dreno e não é prioritária (o valor numérico da prioridade é 99), existindo apenas para que o excesso de água não se “perca” na rede.

Uma exemplificação da rede de fluxo traçada para a bacia do rio Jordão é apresentada na *Figura 2.4*.

Figura 2.4. Exemplificação da rede de fluxo para a bacia do rio Jordão no AcquaNet



Fonte: Elaborado pela Consultora.

3. CONCLUSÃO

Os resultados da modelagem, que teve sua metodologia descrita acima, serão entregues ao cliente em formato MDB. O produto compõe-se de dois arquivos, um considerando e outro desconsiderando a taxa de retorno. Os arquivos MDB deverão ser abertos diretamente pelo software AcquaNet.

Os arquivos conterão as redes de fluxos representadas conforme descrito anteriormente, com as definições de cálculo para simulação contínua (de maneira sequencial no tempo) e calibração mensal, iniciando em janeiro de 1980 e com duração de 21 anos. Foi escolhido o algoritmo Out-Of-Kilter para execução do cálculo. A capacidade dos links foi definida como constante ao longo do tempo.

Os resultados do sistema são apresentados em planilhas e gráficos em seções separadas para reservatórios, demandas, nós de passagem e links. É possível selecionar quais elementos se deseja visualizar os resultados. Por exemplo, selecionando-se somente as demandas urbanas de todos os nós e analisando o déficit e a vazão fornecida, pode-se verificar se houve falta de água e em que data isso ocorreu. A informação da vazão fornecida informa a quantidade de água indisponível para atender a demanda.

Adicionalmente, é possível utilizar a opção ‘Resultados do Sistema’ que apresenta os resultados totais de forma única, como sistema. Por exemplo, selecionando-se as demandas e os déficits será apresentada uma coluna com a soma dos déficits para cada mês. Além disso, é possível visualizar um resumo dos resultados, o que permite uma visão geral do que acontece com os elementos selecionados.

O AcquaNet permite, ainda, a comparação de resultados de diferentes projetos. Para isto, é preciso que os projetos tenham sido previamente calculados utilizando o mesmo tipo de simulação, tenham o mesmo mês e ano inicial, mesmo número de anos para o horizonte de simulação e de série histórica de vazões e a mesma opção de cálculo. A comparação pode ser feita entre elementos, dados e resultados.

Cabe destacar que caso haja interesse, com base nos arquivos entregues, o próprio cliente poderá alterar as configurações, tanto de cálculo como valores de entrada, definir diferentes prioridades, adicionar novos reservatórios e analisar diferentes situações para a Bacia.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Agência Nacional de Águas. Brasília. 2005.

LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. **Relatório anual do automonitoramento trismestral da qualidade das águas superficiais do rio Jordão, na região da Usina Hidrelétrica de Fundão.** Curitiba, PR. 2012.

LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. **Relatório anual do automonitoramento trismestral da qualidade das águas superficiais do rio Jordão, na região da Usina Hidrelétrica de Santa Clara.** Curitiba, PR. 2012.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO**. Inventário de Dados Técnicos de Aproveitamentos Hidroelétricos.** Disponível em: < http://www.ons.org.br>. Acesso em: Fevereiro de 2013.