

DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO RIO GRANDE DO SUL PARA FINS DE OUTORGA: BALANÇO HÍDRICO INTEGRADO AO SIOUT RS

Eduardo Manara¹; Dieyson Pelinson²; Amanda Fadel³; Fernando Scottá⁴, Raíza Schuster⁵; Aline Kaliski⁶ & Paola Pereira⁷

RESUMO – Considerando a necessidade de modernizar os procedimentos relacionados aos usos dos recursos hídricos sob a gestão do Estado do Rio Grande do Sul, e prestar serviços públicos com eficiência, promovendo o desenvolvimento sustentável e a melhoria contínua, o Sistema de Outorga do RS (SIOUT) foi criado com o intuito de aperfeiçoar o gerenciamento das concessões de outorga por meio de ferramentas que explorem as informações relativas aos recursos hídricos de forma eletrônica e integrada nas bacias hidrográficas. O objetivo do trabalho foi transcrever os dados hidrológicos existentes de cada bacia em um nível de detalhe adequado para análises de outorgas com o auxílio de ferramentas em ambiente SIG, criando o SIG-SIOUT. Em linhas gerais a metodologia descrita foi capaz de espacializar a disponibilidade hídrica para a maior parte do Estado do Rio Grande do Sul, na escala de detalhamento da base cartográfica do Estado (1:25.000). Dessa forma promove a realização de forma expedita do balanço hídrico em praticamente qualquer região do RS, por intermédio do módulo Balanço Hídrico no SIG-SIOUT, conferindo subsídio sólido na tomada de decisões para concessões de outorga aos usuários de água pelos analistas do Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura.

ABSTRACT – Considering the need in modernizing the procedures related to the use of water resources management of the State of Rio Grande do Sul (RS), and to provide efficient public services, promoting sustainable development and continuous improvement, the RS Grant System (*Sistema de Outorga do RS* - SIOUT) was created with the aim of improving the management of water concessions by creating an watershed integrated online system. The objective of this work was to transcribe the existing hydrological data of each basin in a level of detail suitable for water grant analysis, with GIS tools, creating the SIG-SIOUT. The described methodology exhibits the water availability for most of the State of Rio Grande do Sul, in the detail scale of the cartographic base of the State (1: 25.000). It promotes prompt execution of the water balance in almost any region of the State of Rio Grande do Sul, through the Water Balance module in the SIG-SIOUT, streamlining and granting a solid subsidy in the decision-making process for water user's concessions by the Department of Water Resources of the Secretariat of Environment and Infrastructure.

Palavras-Chave – Outorga de uso da água, balanço hídrico, SIOUT-RS

¹ Graduando em Engenharia Hídrica. Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH-UFRGS). eduardonmanara@gmail.com

² Graduando em Engenharia Hídrica. Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH-UFRGS). dieyson_12@hotmail.com

³ Departamento de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul. amanda-fadel@sema.rs.gov.br

⁴ Departamento de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul. fernandoscotta.sema@gmail.com

⁵ Departamento de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul. raiza-schuster@sema.rs.gov.br

⁶ Departamento de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul. aline-kaliski@sema.rs.gov.br

⁷ Departamento de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul. paola-pereira@sema.rs.gov.br

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída através da Lei Federal 9.433/97 (BRASIL, 1997), traz consigo objetivos e diretrizes para assegurar à atual e futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Dessa forma, promove a gestão sistemática e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos através de instrumentos como os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água e a outorga dos direitos de usos. Contudo, a implementação e incorporação das diretrizes nos órgãos gestores para a alocação eficiente de água entre os diversos usuários ainda enfrenta dificuldades, e não é de hoje que a gestão das políticas públicas carece de ações efetivas e concretas para garantir acesso de recursos à população.

A falta de regramento do consumo de água para o atendimento de diversos usos tem contribuído para o aumento desenfreado das demandas, gerando assim conflitos entre os usuários em diferentes regiões do Brasil, se fazendo necessário racionalizar e disciplinar o uso. A maioria dos conflitos decorre da falta de planejamento e gestão de recursos hídricos, os quais se encontram intimamente ligados à carência de informações que associam as vazões já outorgadas com a atual disponibilidade hídrica (BORK, 2018; CRUZ, 2001).

Neste contexto, o Estado do Rio Grande do Sul está trabalhando para tornar a efetivação dos instrumentos da PNRH reais ferramentas para a gestão prática dos recursos hídricos, desmistificando a complexidade e implantando uma metodologia simples, mas com alto valor agregado à gestão das águas no Estado. Este artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento da ferramenta de balanço hídrico operacional e expedita para utilização pelo corpo técnico do Departamento de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul na análise de solicitações de outorga.

A disponibilidade hídrica de uma região está associada a componentes sociais, econômicos, políticos e ambientais, sendo expressa em função de uma vazão de referência que estabelece um limite superior de água a ser disponibilizado entre os usuários (Cruz e Silveira, 2007; Silva *et al.*, 2005). A ferramenta desenvolvida, portanto, realiza o balanço entre as disponibilidades hídricas superficiais das bacias hidrográficas de domínio estadual e os usos de água cadastrados no Sistema de Outorga (SIOUT RS). A disponibilidade hídrica no Rio Grande do Sul foi estimada na escala de detalhamento da base cartográfica do Estado (1:25.000), através da compilação de diversos estudos já realizados em diferentes níveis de detalhamento, e sua integração ao SIOUT foi o foco principal da metodologia descrita a seguir. Desta forma, a ferramenta realiza o balanço hídrico em qualquer corpo hídrico do Estado considerando a disponibilidade de água e dados de usos da água registrados em um ambiente online.

ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

Considerando a necessidade de realizar o balanço hídrico em qualquer trecho de rio passível de um pedido de outorga, buscou-se espacializar a disponibilidade hídrica nas diferentes bacias do Estado. Para isso, foram utilizados dados vazões específicas de estudos hidrológicos existentes que quantificam vazões mínimas de referência para diversas regiões do estado, como o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e os Planos de Bacia Hidrográfica (PBH), e metodologias mais gerais de regionalização pela área.

Portanto, foi desenvolvida uma base de dados compatível com os trechos de drenagem da base cartográfica do Estado em escala 1:25.000 com informação de área de drenagem para aplicação da metodologia de regionalização e demais dados necessários para a implantação do balanço hídrico no SIOUT RS. Foram utilizados dados hidrológicos de cada bacia, dados altimétricos do Modelo Digital de Elevação (MDE) da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) em resolução espacial de 30 metros e a base cartográfica da hidrografia do Estado em escala de 1:25.000. Em ambiente SIG, manipulando os dados citados, foi possível gerar arquivos espaciais que subdividem as bacias em bacias menores (chamadas de mini-bacias, compatíveis com cada trecho de drenagem) e hierarquizá-las entre si (relação de montante para jusante).

A partir disso foi montado o banco de dados das informações espacializadas para integração com o SIOUT RS. A ferramenta Balanço Hídrico, fruto dessa integração, é um ambiente no qual é possível simular, considerando dados cadastrados de diferentes usos de água, um balanço hídrico em qualquer região da bacia e definir se na região é possível deferir pedidos de outorgas frente a um balanço positivo entre a disponibilidade de águas e seus respectivos usos dos diferentes usuários. A Figura 1 apresenta um fluxograma detalhado da metodologia descrita.

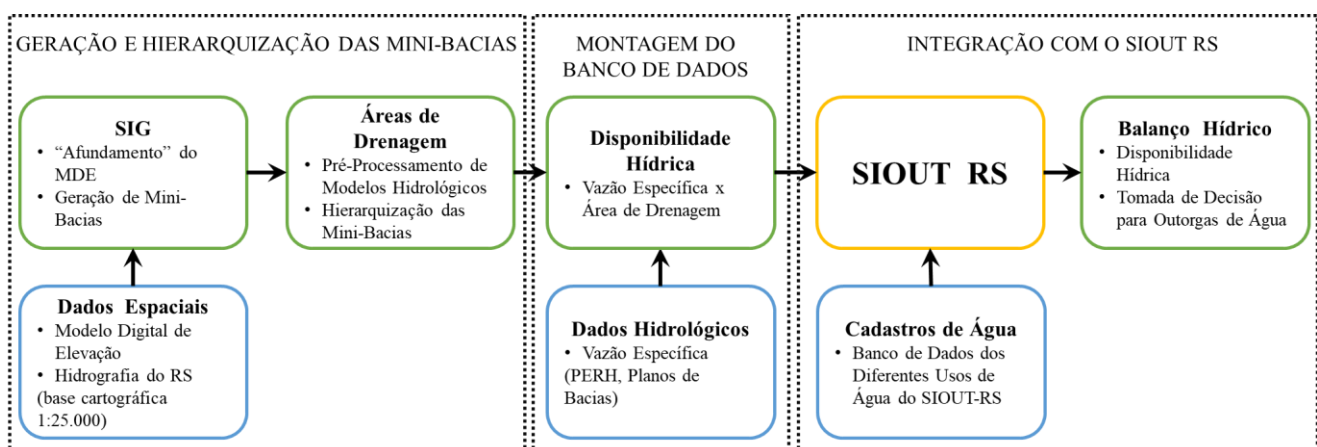


Figura 1 – Fluxograma da metodologia de geração da disponibilidade hídrica das bacias do RS para realização do balanço hídrico integrado ao SIOUT.

GERAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DAS MINIBACIAS

Esta primeira etapa de geração e hierarquização das mini-bacias para cada bacia hidrográfica do RS foi realizada inteiramente em ambiente SIG. Lançando-se mão de ferramentas de geoprocessamento e de análises topológicas como o Arc Hydro Tools (Maidment, 2002) e o IPH-Hydro Tools (Siqueira *et al.*, 2015), gerou-se os arquivos espaciais de mini-bacias a partir do modelo digital de elevação e da base hidrográfica (recortados para a região de cada bacia). Para esta finalidade, são necessários diversos processamentos intermediários que se encontram descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos processos de geração e hierarquização das mini-bacias.

Processo	Descrição
DEM Reconditioning	Ferramenta do ArcHydro Tools que permite o "afundamento" do MDE utilizando a base hidrográfica do Estado (Base Cartográfica 1:25.000).
Sink and Destroy	Permite a Remoção de Depressões no Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado.
Flow Accumulation	Fornece um arquivo com fluxos acumulados que drenam para cada célula do MDE (a partir do ponto mais a jusante).
Stream Definition	Fornece a rede de drenagem da bacia a partir do arquivo de fluxos acumulados gerado e de um limiar de área mínima (número de células do MDE ou área em km ²) para que se inicie a drenagem em um canal.
Stream Segmentation	Divide a rede de drenagem gerada em segmentos que se subdividem em confluências.
Watershed Delineation	Define a delimitação da bacia hidrográfica até um ou mais pontos de exutórios.
Catchment Delineation	Define a área de captação que drena para cada trecho de rio segmentado (mini-bacias).
MGB Preprocessing	Ferramenta do IPH HydroTools que fornece a relação de hierarquização entre as mini-bacias (informação de qual mini-bacia está a jusante) e de área total a montante de cada mini-bacia.

Fontes: Siqueira *et al.*, 2015; Paz *et al.*, 2011; Araújo Júnior *et al.*, 2011.

MONTAGEM DO BANCO DE DADOS

O Estado do Rio Grande do Sul é dividido, para fins de gestão dos recursos hídricos, em três grandes regiões hidrográficas, Região Hidrográfica do lago Guaíba, do Litoral e do Rio Uruguai (Rio Grande do Sul, 2007), as quais são subdivididas em um total de 25 bacias hidrográficas de acordo com a Figura 2. Todas as 25 bacias do Estado foram processadas de forma individual conforme as etapas anteriormente descritas e foram consolidados os valores de referência para as vazões específicas de acordo com os estudos existentes.

Como existem diversos estudos relacionados à disponibilidade hídrica para as bacias hidrográficas do Estado, foi estabelecida a seguinte ordem de prioridade para seleção do estudo para definição da vazão específica em cada bacia: Plano de Bacia (Rio Grande do Sul, 2018), Plano Estadual de Recursos Hídricos (Rio Grande do Sul, 2007), Estudo de Disponibilidade do RS (Rio Grande do Sul, 2011) ou outro quando necessário. Ainda, uma vez que os estudos existentes

consideram grandes áreas de drenagem como pontos de referência para obtenção dos dados para a regionalização, frequentemente ocorre superestimativa das vazões para áreas de drenagem menores; por isso, para as regiões estimadas com área de drenagens inferior a 10 km² foi utilizada uma metodologia desenvolvida internamente na FEPAM de acordo com o apoio e indicações de Carrillo (2018), na qual são consideradas áreas menores para a regionalização.

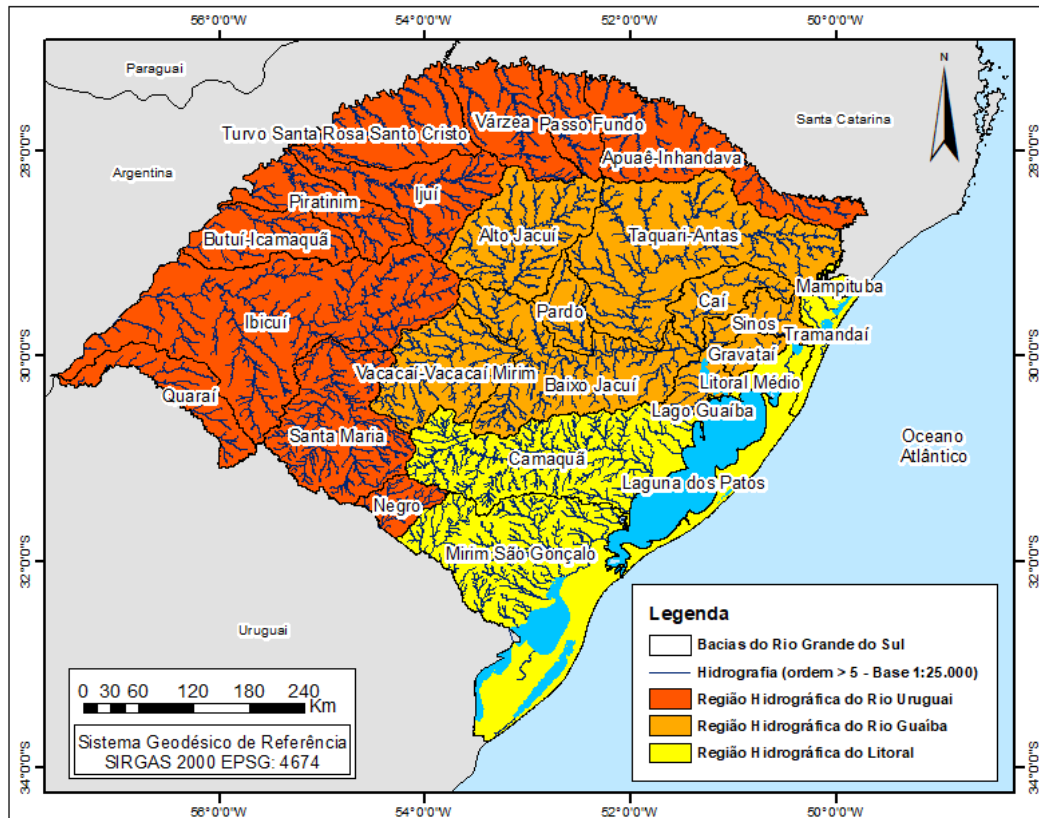


Figura 2 – Subdivisões das bacias e regiões hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul.

A informação de área de drenagem total de cada mini-bacias gerada na etapa anterior é relacionada com as vazões específicas de cada região, considerando o padrão da vazão de referência de bacia, e esta informação é agregada ao banco de dados das mini-bacias. Também é agregada ao banco de dados a informação do percentual máximo outorgável de cada bacia. Cabe ressaltar que, conforme definido no Plano Estadual de Recursos Hídricos, o padrão de vazão de referência no RS é a Q90, sendo 50% desta o máximo outorgável; contudo, estes valores referenciais podem variar conforme o definido no Plano de Bacia.

INTEGRAÇÃO COM O SIOUT-RS: FERRAMENTA DE BALANÇO HÍDRICO

Os arquivos espaciais de todas as bacias do Estado (subdivididas em mini-bacias compatíveis com os trechos de drenagem da hidrografia 1:25.000), contendo os dados hidrológicos relevantes e os parâmetros máximos para a alocação da água para fins de outorga, são a base de informações de disponibilidade hídrica para o Estado para fins de outorga. Esta informação foi acoplada ao SIOUT-

RS, dentro da plataforma SIG denominada SIG-SIOUT. É a partir dela que se possibilita realizar o balanço hídrico em qualquer corpo hídrico do Estado.

Dentro do SIOUT, para um dado ponto definido para a simulação de balanço hídrico, é identificada de forma imediata qual a mini-bacia que representa este ponto e as informações relacionadas a ela constantes no banco de dados (área de drenagem, padrão da vazão de referência, percentual máximo outorgável e vazão de referência). A partir da relação de hierarquia entre as mini-bacias, é delimitada a área de drenagem à montante do ponto simulado e identificadas quais as mini-bacias à jusante deste ponto podem ter a sua disponibilidade impactada por uma captação adicional simulada.

De forma prática e ágil, considerando os dados cadastrados de usos de água contidos na base interna do SIOUT RS, o balanço hídrico para a mini-bacia na qual está sendo realizada a simulação de captação e nas demais à jusante é gerado de acordo com a equação:

$$BalH = Perc.Out * Qref - \sum QsioutM - Qsimula \quad (1)$$

Onde BalH = balanço hídrico (m³/s); Per.Out = percentual da vazão de referência outorgável para a região (%); Qref = vazão de referência calculada para a região (m³/s) e QsioutM = vazões respectivas aos usos de água que existem a montante da mini-bacia de realização do balanço hídrico (m³/s); Qsimula = vazão testada.

Para a mini-bacia do ponto de realização da simulação é definido se há disponibilidade hídrica para a captação que está sendo simulada. Para as mini-bacias a jusante, é verificado o comprometimento da vazão disponível para outorga (Perc.Out*Qref). O comprometimento é classificado em limites de gestão: até 50% o comprometimento é considerado limitado; de 50% a 100%, é considerado significativo; e acima de 100% o comprometimento é inaceitável.

RESULTADOS

Em linhas gerais a metodologia descrita foi capaz de gerar a disponibilidade hídrica discretizada para todo o Estado do Rio Grande do Sul, na escala de detalhamento da base cartográfica do Estado. Além disso, promove a realização de forma rápida do balanço hídrico em praticamente qualquer região do RS, por intermédio do acoplamento na ferramenta SIOUT-RS, agilizando e conferindo subsídio consistente na tomada de decisões para concessões de outorga entre os usuários de água. Para ilustrar os ganhos dessa ferramenta, será utilizado como exemplo a bacia hidrográfica do Rio Pardo, situada na região central do Estado.

Bacia do Rio Pardo

A bacia do Rio Pardo possui uma área de aproximadamente 3.658 km² abrangendo municípios como Rio Pardo, Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires. Seus principais cursos de água

são o Rio Pardinho, Rio Pequeno, Arroio Andréas e o Rio Pardo. A irrigação é o principal destino dos usos de água na bacia (RIO GRANDE DO SUL, 2005). A Tabela 2 apresenta as características da bacia com relação às suas vazões específica e as características das principais componentes existentes no banco de dados do processamento das mini-bacias nas regiões consideradas na bacia.

Tabela 2 – Características da bacia e banco de dados da bacia do Rio Pardo – RS.

Características da Bacia do Rio Pardo		Informações do Banco de Dados							
Região	Vazão esp	Qref	perc_out	Qpadrao	AreaMini	AreaDren	MiniJus	Mini	Cod Bac
Sub-bacias do Rio Pardo	0.0028	3.4142	0.5	Q90	0.0657	1446.683	21105	21104	15
Sub-bacias do Rio Pardinho	0.00133	1.4369	0.5	Q90	0.4435	1080.374	21003	21001	15
Unidade do Baixo Pardo (exceto no curso principal)	0.00279	0.133	0.5	Q90	0.3769	47.681	20290	20273	15
Curso principal do Rio Pardo na Unidade Baixo Pardo	0.00236	8.5845	0.5	Q90	0.3326	3637.516	21232	21231	15
Áreas de drenagem < 10 km ²	0.00286	0.0012	1.5	Q90	0.4207	0.4207	14367	10534	15

Vazão esp - Vazão Específica (m³/s.km²)
 Qref - Vazão de referência estimada (m³/s)
 Qpadrao - Padrão para a vazão de referência na bacia hidrográfica
 perc_out - Percentual máximo outorgável (%)
 AreaMini - Área da mini-bacia (km²)
 AreaDren - área de drenagem acumulada a montante de cada mini-bacia (km²)
 MiniJus - Código da mini-bacia a jusante
 Mini - Código da mini-bacia
 CodBac - Código no SIOUT RS de cada bacia hidrográfica

Para o caso da bacia foi utilizado um limiar para o início da rede de drenagem de 100 células do MDE, fazendo assim com que a rede sintética gerada se encontre bem próxima da hidrográfica da base cartográfica. O processamento das mini-bacias está apresentado na Figura 3, com o resultado expresso em termos da vazão de referência por mini-bacia (em azul, à direita), considerando sua respectiva área de drenagem (em verde, à esquerda).

Na Figura 4 se encontra o *layout* de visualização da plataforma SIG do SIOUT-RS para o caso da bacia de exemplo. O ponto marcado se encontra no Rio Pardo, e é possível visualizar toda a sua área de drenagem do ponto selecionado (em azul) e realizar o balanço hídrico considerando todos os usos cadastrados a montante e a vazão de referência calculada para a mini-bacia correspondente à coordenada da marcação. A implementação dessa metodologia na ferramenta do Balanço Hídrico no SIOUT-RS está em fase final e, por enquanto, é disponibilizada apenas para o insumo de análise dos técnicos que avaliam as solicitações de outorga pelo uso da água. Os resultados podem ser visualizados na Figura 4, onde é apresentado o layout do SIG-SIOUT.

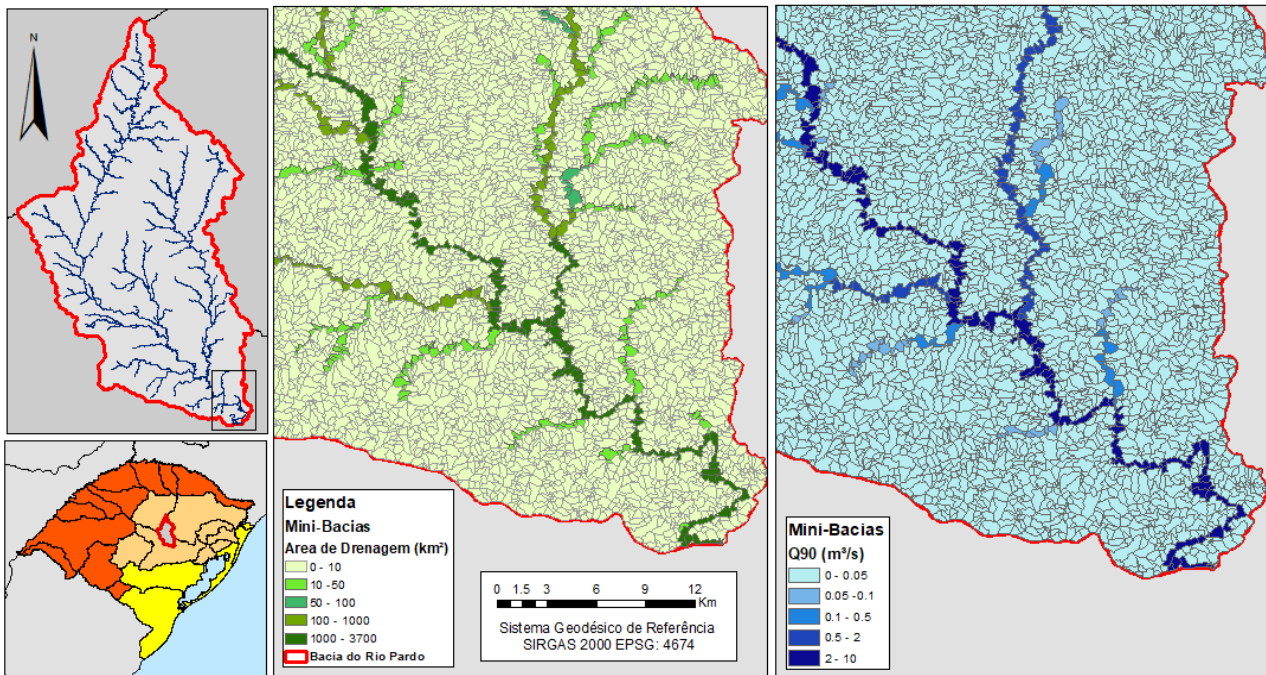


Figura 3 – Geração das Mini-bacias e Q90 para a Bacia do Rio Pardo.

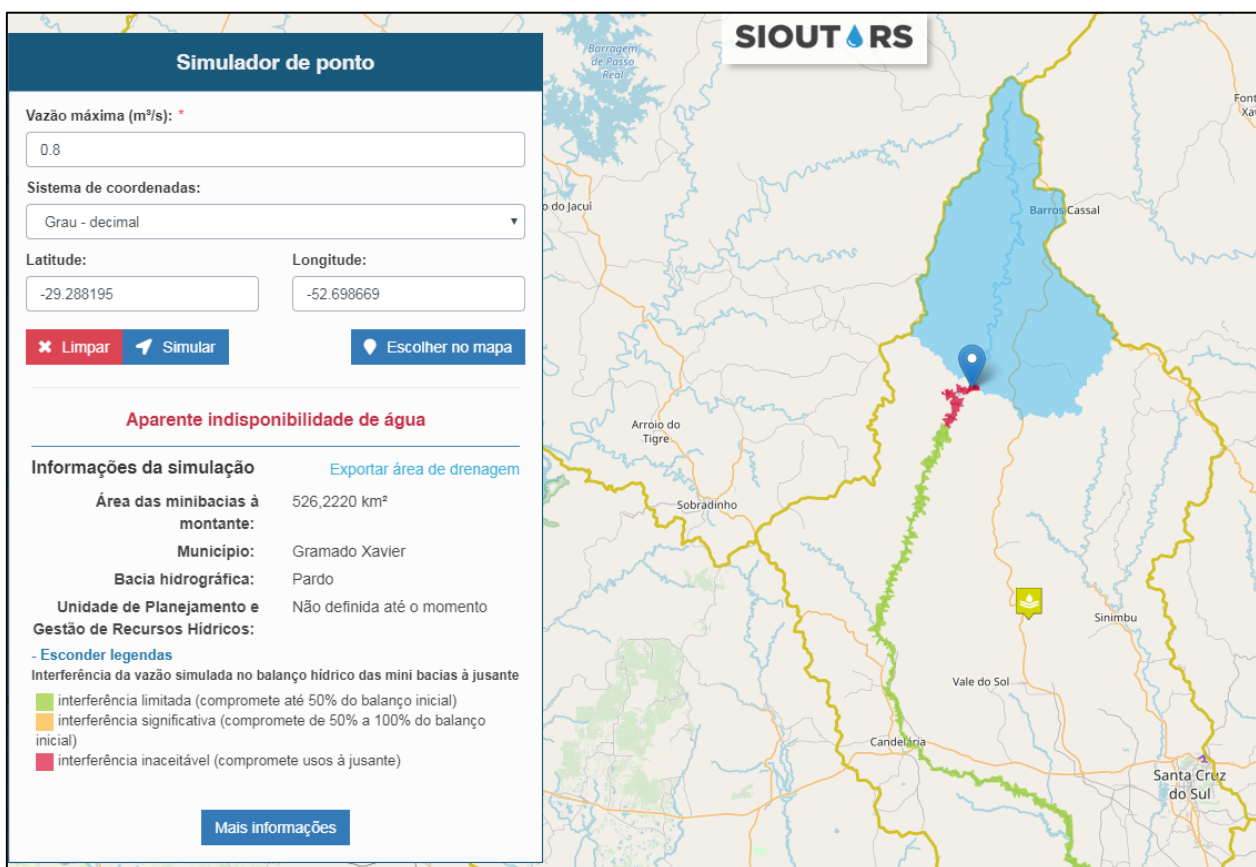


Figura 4 – Layout de Visualização da Bacia do Rio Pardo no SIOUT-RS.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da metodologia descrita foi possível gerar a disponibilidade hídrica para todo o estado do Rio Grande do sul e uma escala de detalhamento capaz de englobar e considerar praticamente todos os cursos de água passíveis de serem utilizados como fontes de águas entre os

diferentes usuários e os resultados se mostraram satisfatórios frente à simplicidade que a metodologia carrega.

A disponibilidade hídrica criada acoplada ao Sistema de Outorga de água do Rio Grande do Sul (SIOUT RS) se mostrou de grande auxílio à gestão das águas a nível estadual. Dentro do sistema SIOUT RS, a ferramenta de balanço hídrico pode ser realizada de forma operacional e expedita pelo corpo técnico do Departamento de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul. No que diz respeito em aperfeiçoar e agilizar o gerenciamento das concessões de outorga, a ferramenta de balanço hídrico se mostrou útil e adequada, consolidando-se atualmente como método de tomada de decisão para fins de outorga no RS.

O SIOUT RS possui uma interface amigável na qual atualmente são feitos todos os cadastros de usos de água de forma eletrônica. A plataforma pode ser acessada através do link: <<http://www.siout.rs.gov.br>>. A metodologia descrita neste artigo vem sendo implementada na plataforma desde 2017 e desde então tem passado por aprimoramentos na geração das mini-bacias e na montagem dos bancos de dados para atingir cada vez mais níveis de excelência na fidelidade dos dados hidrológicos do Estado do Rio Grande do Sul.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem à Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura, em especial as Divisão de Outorga e Fiscalização e Divisão de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, ao Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal (LEMAF – UFLA) e ao Grupo de Pesquisa de Hidrologia de Grande Escala (HGE – IPH/UFRGS).

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO JÚNIOR, G. J. L. D.; PINTO, M. B. P; TRIGO, A. J; PRADO, A.; TEIXEIRA, A. A.; FERREIRA, F. V.; BORELLI, A. J.; SILVA, M. A.; SCHERER-WARREN, M.; GODINHO, J. M. (2011). “Metodologia de delimitação de áreas de drenagem por trecho de curso d’água coincidente com a cartografia em diferentes escalas utilizando modelo digital de elevação”. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE. Artigos, p. 1256 – 1262.
- BRASIL (1997). Ministério do Meio Ambiente. Lei Federal 9433, 08.01.97, que institui a Política e o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, in: *Política Nacional de Recursos Hídricos*, Secretaria Nacional de Recursos Hídricos, Brasília, D. F.
- BORK, C. K. (2018). *Regionalização de Vazões Mínimas para o Estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos. Centro de Desenvolvimento Tecnológico. Universidade Federal de Pelotas, 156 p.

- CARRILLO, D. P. (2018). *Vazões de Referência para Pequenas Áreas de Drenagem no Estado do Rio Grande do Sul*. (Comunicação Pessoal).
- CRUZ, J. C. (2001). *Disponibilidade Hídrica para Outorga: Avaliação de Aspectos Técnicos e Conceituais*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 199p.
- CRUZ, J. C.; SILVEIRA, G. L. (2007). “Disponibilidade Hídrica para Outorga (II): Avaliação Integrada por Bacia”. *Revista de Gestão de Águas da América Latina*. V.4. n. 2. Pp. 65-76.
- MAIDMENT, D. (2002). *Arc Hydro: GIS for Water Resources*. Redlands. CA. USA: ESRI.
- ONU (2015). *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 04 de Abril de 2019.
- PAZ, A. R.; BUARQUE, D. C.; COLLISCHONN, W.; VICTORIA, D. C. (2001). “Discretização de Modelos Hidrológicos de Grande Escala: Grade Regular x Mini-Bacias” In, *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Maceió. Porto Alegre. ABRHidro.
- RIO GRANDE DO SUL (2005). Secretaria Estadual do Meio Ambiente. *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Pardo*. Porto Alegre. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g090-bacia-hidrografica-do-rio-pardo>. Acesso em: 04 de Abril de 2019.
- RIO GRANDE DO SUL (2007). Secretaria Estadual do Meio Ambiente. *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul – Relatório Síntese da Fase A*. Porto Alegre. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/plano-estadual-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 04 de Abril de 2019.
- RIO GRANDE DO SUL (2011). *Elaboração de Estudos de Disponibilidades Hídricas no Rio Grande do Sul como subsídios a definição das vazões de referência para fins de outorga de direito dos recursos hídricos*. Porto Alegre.
- RIO GRANDE DO SUL (2018). *Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul*. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em 04 de Abril de 2019.
- SILVA, A. M.; OLIVEIRA, P. M.; MELLO, C. R.; PIERANGELI, C. (2005). “Vazões Mínimas e de Referência para Outorga na Região do Alto Rio Grande, Minas Gerais”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V.10. n.2. pp 374-380.
- SIQUEIRA, V, A; FLEISCHMANN, A, S; JARDIM, P, F; FAN, F, M; COLLISCHONN, W. (2016). “IPH-Hydro Tools: a GIS coupled tool for watershed topology acquisition in open-source environment.” *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 21. pp. 274-287.