



**I SIMPÓSIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO**  
Integrando conhecimentos científicos em defesa do Velho Chico.

---

**CONTRIBUIÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA PARA O RIO SÃO FRANCISCO: MODELAGEM HIDROGEOLÓGICA DAS BACIAS DO RIO GRANDE E RIO CORRENTE (BA)**

*Roger Dias Gonçalves<sup>1\*</sup>; Bruno Zanon Engelbrecht<sup>2</sup>; Chang Hung Kiang<sup>3</sup>; Flávio de Paula e Silva<sup>4</sup>*

**Resumo** – O Sistema Aquífero Urucuia (SAU) representa um manancial estratégico no oeste baiano, sendo responsável pela vazão dos principais afluentes da margem esquerda do rio São Francisco no período de estiagem, entre eles o rio Grande e o Rio Corrente, seus principais afluentes na Bahia. O SAU possui a geometria de um espesso tabuleiro que compreende uma área de aproximadamente 125.000 km<sup>2</sup> com uma espessura média de 155m, composto por arenitos do Grupo Urucuia (Bacia Sanfranciscana) sobreposto aos metassedimentos do Grupo Bambuí. Este trabalho tem como objetivo a construção de um modelo de fluxo de águas subterrâneas nas bacias do Rio Grande e do Rio Corrente avaliando a contribuição do SAU para o Rio São Francisco. A simulação numérica foi empreendida utilizando o método dos elementos finitos empregado no algoritmo computacional FEFLOW. Os valores de condutividade hidráulica para o aquífero variaram de  $1 \times 10^{-5}$  m/s a  $5 \times 10^{-4}$  m/s e as taxas de recarga média em aproximadamente de 15% a 25% da precipitação média. A vazão de saída de água do aquífero para os rios soma 420 m<sup>3</sup>/s, ratificando a grande parcela de contribuição do SAU para a vazão do Rio São Francisco, com indícios da influência do embasamento metacalcário na porção oeste.

**Palavras-Chave** – Simulação numérica; Elementos finitos; Balanço de fluxo.

## INTRODUÇÃO

O Sistema Aquífero Urucuia (SAU) compõe a bacia hidrográfica do Rio São Francisco (Figura 1) e corresponde a um dos principais aquíferos contribuintes para o fluxo de águas do Rio São Francisco. O SAU destaca-se pela ampla área de ocorrência (125.000 km<sup>2</sup>), por apresentar a maior reserva hídrica subterrânea da bacia (135,3 m<sup>3</sup>/s) e pela sua importância na manutenção da vazão permanente dos rios da margem esquerda do Rio São Francisco como Carinhanha, Grande e Corrente (ANA, 2004). Esse sistema aquífero abrange seis estados brasileiros e seu fluxo de base contribui com uma vazão de 735 m<sup>3</sup>/s para o Rio São Francisco, 217 m<sup>3</sup>/s para o Rio Tocantins e 47 m<sup>3</sup>/s para o Rio Parnaíba (ANA, 2013).

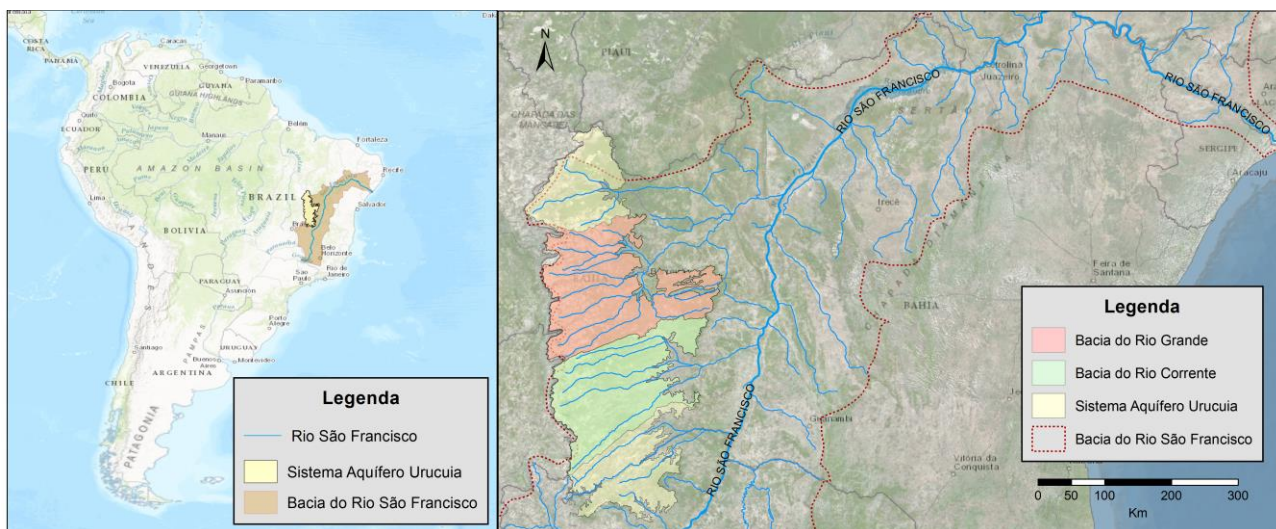


Figura 1 – Localização do Sistema Aquífero Urucuia, bacia do Rio São Francisco e bacias do Rio Grande e Rio Corrente.

O crescimento agrícola e demográfico do oeste baiano, principal área de ocorrência do SAU, intensifica a utilização dos recursos hídricos subterrâneos para o abastecimento da população da região e para o uso na irrigação de extensas plantações de algodão, sorgo, milho e soja. Devido à baixa densidade de drenagem e esta crescente demanda de água, vários rios já atingiram o limite legal máximo outorgável (SILVA *et al*, 2005), conduzindo assim a uma maior procura pela água subterrânea, muitas vezes sem o devido controle.

O SAU é um aquífero do tipo intergranular, com geometria de um tabuleiro espesso constituído por rochas do Grupo Urucuia. O Grupo Urucuia insere-se no contexto geotectônico da Bacia Sanfranciscana, reúne espesso pacote predominantemente arenoso e seus depósitos são resultado da interação de sistemas eólico e fluvial; assenta-se em discordância sobre as rochas da bacia do Parnaíba (CHANG & SILVA, 2015), do Grupo Bambuí e, localmente, sobre terrenos granito-gnáissicos do Complexo Gnáissico-Migmatítico de Correntina, Almas-Cavalcante e do embasamento Arqueano.

Neste trabalho foi confeccionado um modelo hidrogeológico de fluxo de águas subterrâneas no intuito de validar o modelo conceitual proposto para o SAU nas bacias hidrográficas do Rio Grande e Rio Corrente, e avaliar a contribuição desse aquífero para a manutenção da vazão do Rio São Francisco.

## METODOLOGIA

Para a elaboração do modelo matemático e a simulação numérica do fluxo das águas subterrâneas em regime permanente foi empregado o método de elementos finitos através do software FEFLOW - *Finite Element Subsurface Flow e Transport Simulation System*® (DIERSCH, 2014). A flexibilidade dos elementos finitos em adaptar-se a geometrias complexas e a possibilidade de refinamento e ajustes da malha em locais de interesse fazem desse método o mais adequado para modelagem de geometrias como o Urucuia.

Os domínios modelados apresentam geometria complexa e foram discretizados na Bacia do Rio Grande numa única camada de 27.358 km<sup>2</sup> (314 mil elementos) perfazendo 4.250 km<sup>3</sup> e na Bacia do Rio Corrente com 22.695 km<sup>2</sup> de área (486 mil elementos) totalizando um volume de 2.954 km<sup>3</sup>. A topografia do terreno foi obtida a partir do processamento de dados SRTM e a base impermeável do modelo foi gerada a partir da interpolação de dados disponíveis de perfis de poço, sondagens elétricas e de afloramentos visitados em campo.

O modelo conceitual proposto para o SAU considera o sistema aquífero regional livre e intergranular. As heterogeneidades litológicas descritas no Grupo Urucuia são descontínuas e não são representativas na análise do fluxo das águas subterrâneas em escala regional (Figura 2). Devido à geomorfologia de platô isolado do Grupo Urucuia e assumindo que as unidades subjacentes do Grupo Urucuia não possuem conectividade expressiva, o modelo conceitual adotado propõe a condição de não fluxo nos limites laterais e na base do SAU.

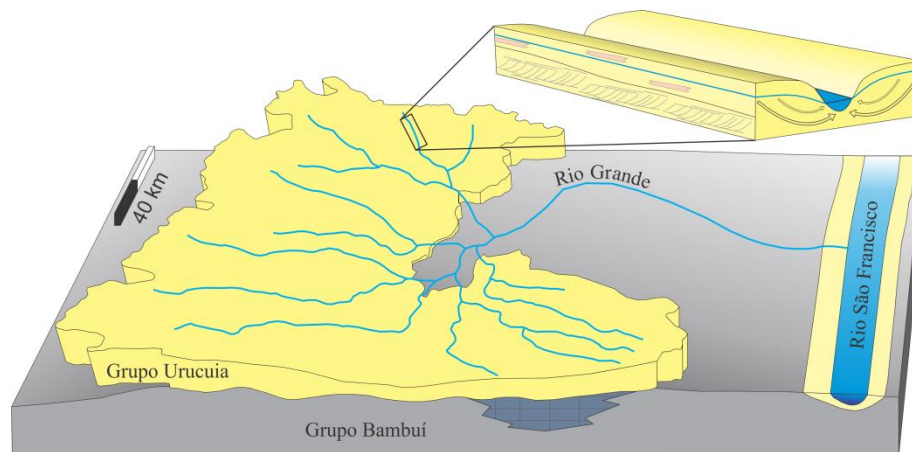


Figura 2 – Diagrama esquemático ilustrando o modelo conceitual de fluxo de águas subterrâneas.

As drenagens que cortam o SAU encontram-se fortemente dissecadas e correspondem às zonas de descarga do aquífero. Essas drenagens, por sua vez, são responsáveis por transportar água do escoamento de base do SAU para o Rio São Francisco. Nestas drenagens que cortam o SAU, foram aplicadas as condições de contorno de carga especificada.

Para a calibração da carga hidráulica simulada foram utilizados os dados de nível d'água de 21 poços na Bacia do Rio Grande e 22 poços na Bacia do Rio Corrente. Foi aplicado um refinamento na malha numérica nas imediações dos poços de calibração, das drenagens e nas fronteiras do domínio. A calibração do modelo hidrogeológico deu-se pelo ajuste dos parâmetros de condutividade hidráulica e recarga, até que a carga hidráulica simulada apresentasse alta correlação com a carga hidráulica dos poços de observação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor de condutividade hidráulica do SAU na Bacia do Rio Corrente obtido através da simulação numérica foi de  $9,7 \times 10^{-5}$  m/s, enquanto que na Bacia do Rio Grande variou de  $1 \times 10^{-5}$  m/s a  $5 \times 10^{-4}$  m/s, revelando uma variação desse parâmetro entre a porção oeste e a porção leste desta bacia, esta última mais condutiva.

Os valores de taxa de recarga variaram de 267 a 142 mm/ano na Bacia do Rio Corrente e de 322 a 150 mm/ano nas regiões de recarga da Bacia do Rio Grande, que compreende cerca de 15% a 25% da taxa de precipitação anual. A utilização desses parâmetros permitiu representar o fluxo de águas subterrâneas de forma fidedigna (Figura 3), apresentando coeficientes de determinação e correlação em torno de 99% entre as cargas hidráulicas simuladas e observadas.

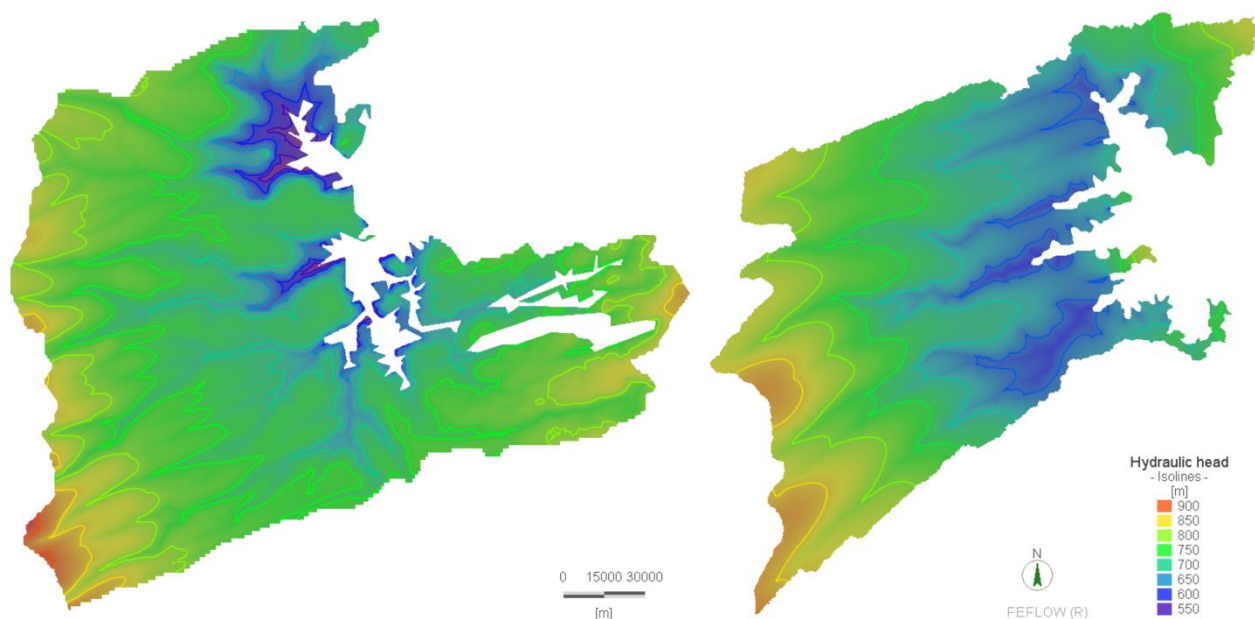


Figura 3 – Mapas potenciométricos das bacias hidrogeológicas do Rio Grande (esquerda) e Rio Corrente (direita).

O fluxo de água escoado do SAU para as drenagens foi calculado em  $146 \text{ m}^3/\text{s}$  na Bacia do Rio Corrente e de  $274 \text{ m}^3/\text{s}$  na Bacia do Rio Grande, perfazendo um total de  $420 \text{ m}^3/\text{s}$ . A exploração de águas subterrâneas não foi considerada nesse modelo estacionário devido à impossibilidade de se avaliar a relevância dos dados de outorga, operação e vazão dos poços de bombeamento no balanço hídrico numa série histórica longa.

## CONCLUSÕES

A grande maioria dos estudos do SAU foi realizada na sua porção oeste, com destaque para os trabalhos executados nas sub-bacias do Rio das Fêmeas e do Rio do Cachorro, e com isso havia a premissa de homogeneidade hidráulica em toda a bacia. No entanto, este trabalho indica uma heterogeneidade na porção leste do SAU, onde há um alto do embasamento e presença de metacálcários em contato com os arenitos do Grupo Urucuaia.

O valor do escoamento de base obtido nas simulações dos modelos da Bacia do Rio Grande e do Rio Corrente,  $420 \text{ m}^3/\text{s}$ , representa 49% da vazão de permanência ( $Q_{95}$ ) do Rio São Francisco ( $854 \text{ m}^3/\text{s}$ ), estimada por ANA (2004), e confirma a efetiva participação do SAU nessas bacias no fluxo das águas para o Rio São Francisco, denotando sua importância para a manutenção da vazão do São Francisco. Contudo, é importante pontuar sobre a possibilidade de que parte desse volume de água ao sair do Urucuaia através dos rios, na porção leste, possa estar sendo drenado para o embasamento metacálcário do Grupo Bambuí.

## REFERÊNCIAS

- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2004). *Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco*. Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). Nota técnica. Disponibilidade hídrica quantitativa e usos consuntivos na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Brasília, 71 p.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2013). Estudos Hidrogeológicos na Bacia Hidrográfica do São Francisco - Sistema Aquífero Urucuia/Areado e Sistema Aquífero Bambuí. [http://cbhsaofrancisco.org.br/?wpfb\\_dl=1825](http://cbhsaofrancisco.org.br/?wpfb_dl=1825). Acesso em 24 de abril de 2016.
- CHANG, H.K.; SILVA, F. P. (2015). Contribuição ao arcabouço geológico do sistema aquífero Urucuia. *Revista Geociências*. São Paulo, v. 34, n. 4, pp. 872-882.
- CPRM e UFBA – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS E UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. (2007). *Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste Brasileiro*. Hidrogeologia da bacia sedimentar do Urucuia: Bacias hidrográficas dos rios Arrojado e Formoso – Meta B – Caracterização Geológica e Geométrica dos Aquíferos. Salvador, 72 p.
- DIERSCH, H.J.G. (2014). *FEFLOW – Finite Element Modeling of Flow, Mass and Heat Transport in Porous and Fractured Media*. Springer, Berlin, 996 p.
- SILVA, F.F.; NETO, A.V.L; CARDOSO. E.R.; SCHUSTER, H.D.M. (2005). Aplicação da modelagem matemática no uso conjunto água superficial e subterrânea para a gestão de recursos hídricos no oeste do Estado da Bahia. In: *ABRH, Simpósio de Recursos Hídricos da Amazônia*, 2, Palmas (TO).