METODOLOGIA PARA REGULARIZAÇÃO DA VAZÃO Q95 ESPECÍFICA NA BASE HIDROGRÁFICA OTTOCODIFICADA EM TRECHOS INFLUENCIADOS POR BARRAMENTOS DE REGULARIZAÇÃO DE VAZÃO

Pedro Augusto Gonzaga Moreira [1] ; Luiz Eduardo Giacomolli Machado [2], Rodrigo Zanelati Ribeiro [3], Emília David Tiago [4] & Lorena Souza e Souza [5]

Palavras-Chave – Outorga de água, Regularização de vazão, Base hidrográfica Ottocodificada.

INTRODUÇÃO

A análise técnica de outorgas de captação de água superficial no Estado de Goiás adota tradicionalmente a vazão específica com permanência de 95% (Q95 específica) como referência de disponibilidade hídrica, conforme prática consolidada de estimativa por curva de permanência (CRUZ; TUCCI, 2008). Por ser de natureza hidrológica natural, esse parâmetro é obtido por regionalização hidrológica (TUCCI, 2002) sem considerar intervenções antrópicas, o que se mostra adequado em trechos de rio não regularizados. No entanto, na presença de barramentos de regularização de vazão — cuja função operacional, descrita desde Rippl (1883), consiste em armazenar volumes nos períodos chuvosos para liberá-los nos períodos secos —, a vazão efetivamente disponível a jusante durante a estiagem é superior à vazão natural local. Ignorar esse aporte nas análises técnicas de outorga resulta em subestimar a disponibilidade hídrica real, podendo levar ao indeferimento de captações tecnicamente viáveis em trechos efetivamente regularizados.

Para equacionar essa discrepância, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma metodologia para qualificar a vazão de referência Q95 específica na Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO). A metodologia reflete o aporte garantido pelas defluências obrigatórias da Resolução nº 66/2024 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Goiás – CERHI, que exige defluência mínima de 100% da Q95 anual no local do barramento, sem descaracterizar a referência natural da BHO nas áreas não influenciadas por essas estruturas.

METODOLOGIA

Na BHO, a rede hidrográfica é segmentada em trechos entre confluências, cada um associado à sua área de drenagem incremental — a cobacia —, identificada por um código de Otto Pfafstetter que expressa hierarquicamente a topologia de montante e jusante da rede (PFAFSTETTER, 1989; VERDIN; VERDIN, 1999), propriedade que permite percorrer a rede exclusivamente por atributos, sem operações geométricas (SILVA et al., 2008). A metodologia desenvolvida baseia-se em dois princípios hidrológicos fundamentais que orientam a espacialização do efeito regularizador:

1) Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, pedro.gmoreira@goias.gov.br
2) Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, luiz.machado@goias.gov.br
3) Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, rodrigo.ribeiro@goias.gov.br
4) Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, emilia.tiago@fornecedores.goias.gov.br
5) Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, lorena.ssilva@goias.gov.br

1. Princípio da propagação segmentada: O aporte de vazão promovido pela defluência obrigatória de um barramento propaga-se ao longo da rede hidrográfica rio abaixo apenas até encontrar o próximo barramento de regularização (Figura 2). Ao adentrar o reservatório subsequente, a influência da estrutura de montante cessa, e a vazão a jusante passa a ser governada pelas regras operacionais e obrigações legais da segunda estrutura.

2. Princípio das bacias singulares: define-se como bacia singular a cobacia que abriga fisicamente um barramento em seu interior. Por conter o eixo da estrutura, ela reúne duas zonas hidrológicas de regimes distintos (Figura 1): uma a montante do barramento, sob regime natural; outra a jusante, sob regime regularizado. Como um único valor médio não pode representar fielmente ambas as zonas, essas cobacias são classificadas como bacias singulares (indicadas pelo campo bacia_singular_com_barragem no produto final). Elas mantêm seus valores de Q95 original de referência, delegando a análise hidrológica da captação ao momento da avaliação individual de outorga, conforme a localização exata do ponto em relação ao barramento.

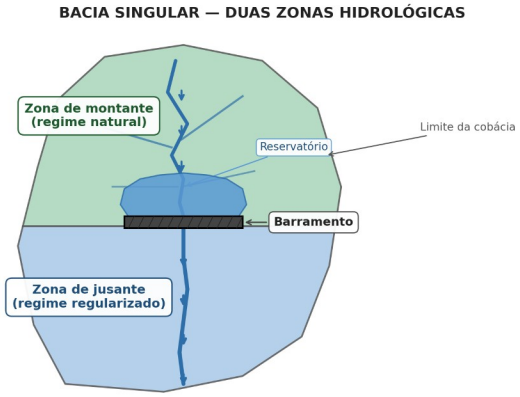


Figura 1 – Esquema conceitual de uma bacia singular: a presença de um barramento no interior da cobacia cria uma zona de montante sob regime natural e uma zona de jusante sob regime regularizado.

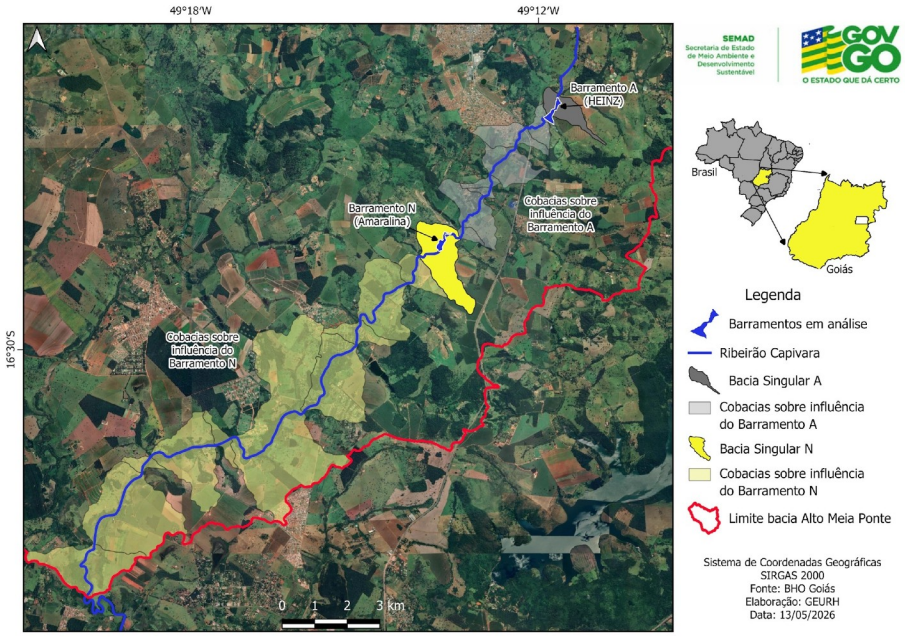


Figura 2 – Mapa de influência dos barramentos A (Heinz) e N (Amaralina) na bacia do Alto Rio Meia Ponte.

O procedimento é executado de forma automatizada, para cada mês do período de seca, em cinco etapas: (i) identificação — percorre-se o cadastro de barramentos e marcam-se como bacias

singulares as cobacias que contêm ao menos uma estrutura; (ii) cálculo do incremento — para cada estrutura, obtém-se Δ = defluência exigida − vazão natural local, esta última dada pelo produto da área de drenagem do barramento pela Q95 específica da cobacia; (iii) delimitação do trecho — identifica-se a rota de cobacias a jusante até o próximo barramento ou o exutório; (iv) aplicação — soma-se Δ à vazão absoluta acumulada de cada cobacia do trecho; e (v) conversão — divide-se a nova vazão acumulada pela respectiva área de drenagem acumulada, retornando à vazão específica (L/s/km²). As cobacias singulares preservam seu valor natural original.

RESULTADOS

A metodologia é demonstrada para um par real de barramentos na bacia do Alto Rio Meia Ponte: o Barramento A (Heinz, montante), na cobacia 869529441, com 29,95 km² de área de drenagem; e o Barramento N (Amaralina, jusante), na cobacia 8695294171, com 133,76 km². O período crítico abrange julho, agosto e setembro, com Q95 específica natural de 2,746, 2,224 e 1,438 L/s/km², respectivamente.

A Tabela 1 consolida os cálculos e os resultados de vazão específica regularizada nas cobacias imediatamente a jusante das estruturas (869529435 para o Barramento A; 8695294155 para o Barramento N).

Estrutura / Trecho	Mês	Q95 Nat. Local (L/s)	Defl. Exigida (L/s)	Incremento Δ (L/s)	Q95 Esp. Nat.* (L/s/km²)	Q95 Esp. Reg.* (L/s/km²)	Ganho Rel. (%)
Barramento A (Heinz)	Julho	82,25	101,17	18,92	2,746	2,929	6,7%
	Agosto	66,62	101,17	34,55	2,224	2,559	15,0%
	Setembro	43,08	101,17	58,09	1,438	2,000	39,1%
Barramento N (Amaralina)	Julho	367,34	451,97	84,63	2,746	3,326	21,1%
	Agosto	297,53	451,97	154,44	2,224	3,283	47,6%
	Setembro	192,40	451,97	259,57	1,438	3,218	123,8%

*Tabela 1 – Características físicas, vazões naturais, defluências exigidas, incrementos e vazões específicas regularizadas para os Barramentos A e N. *Valores nas cobacias imediatamente a jusante das estruturas.*

O ganho relativo amplia-se à medida que a estiagem avança e a vazão natural se reduz: a jusante do Barramento A, evolui de 6,7% em julho para 39,1% em setembro; a jusante do Barramento N, de 21,1% para 123,8% no mesmo intervalo, por ser a defluência exigida proporcionalmente maior frente à vazão natural local.

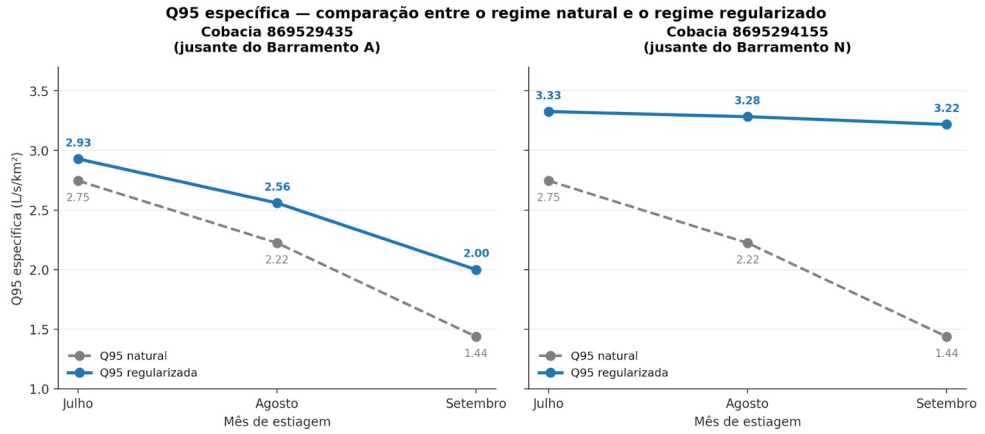


Figura 3 – Comparação entre as curvas de vazão Q95 específica natural e regularizada nos meses de estiagem a jusante dos Barramentos A e N.

A Figura 3 evidencia o efeito: enquanto a curva natural decresce acentuadamente com o avanço da estiagem, a curva regularizada a jusante do Barramento N torna-se praticamente plana, com variação inferior a 0,11 L/s/km² nos três meses críticos — a estabilização hidrológica entregue pela operação da estrutura de acúmulo.

CONCLUSÕES

A modelagem espacial da regularização de vazão representa um avanço técnico e jurídico na gestão dos recursos hídricos em Goiás, com dois desdobramentos operacionais:

Em cobacias regularizadas não singulares, o analista utiliza diretamente o valor regularizado do GeoPackage de saída, que reflete o ganho garantido pela Resolução CERHI nº 66/2024;

Em cobacias singulares, a vazão de referência no GeoPackage representa a condição natural, e a outorga de novas captações requer avaliação pontual, caso a caso, no Sistema de Suporte à Decisão de Outorga (SSDO), conforme o ponto se situe a montante (regime natural) ou a jusante (regime regularizado) da barragem.

A generalização estadual do método depende da complementação cadastral das estruturas (volume útil e vínculo espacial das captações de reforço), da fiscalização contínua das defluências mínimas e de estudos de disponibilidade hídrica a montante.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. (2017). Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 (BHO 2017). Brasília, DF.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE GOIÁS - CERHI. (2024). Resolução CERHI nº 66, de 2024. Estabelece critérios e procedimentos para outorga de direito de uso de recursos hídricos e dá outras providências. Goiânia, GO.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. (2008). “Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n. 1, pp. 111-124.

PFAFSTETTER, O. (1989). Classificação de bacias hidrográficas. Departamento Nacional de Obras de Saneamento - DNOS, Rio de Janeiro, RJ. (Manuscrito não publicado).

RIPPL, W. (1883). “The capacity of storage reservoirs for water supply”. Minutes of the Proceedings of the Institution of Civil Engineers, v. 71, pp. 270-278.

SILVA, N. S. et al. (2008). “Sistema de otto-codificação modificado para endereçamento de redes hidrográficas”. Revista Árvore, v. 32, n. 5, pp. 891-897.

TUCCI, C. E. M. (2002). Regionalização de vazões. Editora da UFRGS, Porto Alegre, RS, 256 p.

VERDIN, K. L.; VERDIN, J. P. (1999). “A topological system for delineation and codification of the Earth’s river basins”. Journal of Hydrology, v. 218, n. 1-2, pp. 1-12.