



Universidade de Brasília

Faculdade UnB Planaltina - FUP

Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos –

ProfÁgua UnB

Raísa Fernanda Ribeiro de Vasconcelos

Modelo de alocação econômica ótima da água para o conflito hídrico no
Alto São Marcos

Brasília-DF

2020

Raísa Fernanda Ribeiro de Vasconcelos

Modelo de alocação econômica ótima da água para o conflito hídrico no
Alto São Marcos

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – Prof.Água, por meio da Universidade de Brasília – UNB, *Campus Planaltina*, como requisito à obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Honorato da Silva Júnior

Brasília-DF

2020

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

VV331m Vasconcelos, Raísa Fernanda Ribeiro de
Modelo de alocação econômica ótima da água para o conflito
hídrico no Alto São Marcos / Raísa Fernanda Ribeiro de
Vasconcelos; orientador Luiz Honorato da Silva Júnior. --
Brasília, 2020.
102 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado Profissional em Rede
Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) --
Universidade de Brasília, 2020.

1. Alto São Marcos. 2. Modelo hidro-econômico. 3. Alocação
eficiente de água. 4. Valor econômico da água. 5. Conflito
hídrico. I. Silva Júnior, Luiz Honorato da , orient. II.
Título.

Raísa Fernanda Ribeiro de Vasconcelos

Modelo de alocação econômica ótima da água para o conflito hídrico no
Alto São Marcos

Banca examinadora

Prof. Dr. Luiz Honorato da Silva Júnior
Orientador
Prof. Água/PPGP/UnB

Prof. Dr. Wilde Cardoso Gontijo Júnior
Prof. Água/UnB

Prof. Dr. Celso Vila Nova de Souza Júnior
PPGP/UnB

Brasília-DF
2020

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha família, os responsáveis por toda e qualquer conquista da minha vida.

Raísa Fernanda Ribeiro de Vasconcelos

AGRADECIMENTOS

A Deus, que abençoa a cada dia minha vida e que me deu sabedoria, tranquilidade, fé e coragem para aproveitar as oportunidades a mim concedidas e para concluir este trabalho.

Aos meus pais, Rosilene e Fernando, e a minha irmã, Ralítsa, por todo o apoio, compreensão e amor dispendidos durante toda a minha vida, sobretudo nos momentos mais desafiadores. Vocês me concederam valores, inspiração e propósito para doar o melhor de mim a cada projeto, e me motivam diariamente com conselhos e bons exemplos.

Ao meu namorado, Josué, pelo companheirismo incondicional sempre com muito amor, franqueza e sabedoria. Seus ensinamentos me acompanharam durante todo o trabalho e me motivaram a entregar o meu melhor.

Ao meu orientador, Professor Luiz Honorato, pelo suporte, incentivo e necessárias críticas dispendidas durante o curso e a elaboração desta dissertação.

À Universidade de Brasília, a cada membro do corpo docente, a coordenação e a administração do curso, sou grata pela oferta do mestrado e por toda a dedicação e empenho em torná-lo inovador e formar grandes profissionais.

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°.2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Wilde Cardoso Gontijo Júnior e Prof. Dr. Celso Vila Nova de Sousa Júnior, pelas contribuições à pesquisa, sempre oportunas e enriquecedoras.

Aos meus amigos e colegas de mestrado, que compartilharam comigo a honra de ser a primeira turma do ProfÁgua - Polo UnB, sempre com muita união em todos os momentos dessa caminhada e com quem troquei experiências e adquiri muitos aprendizados.

RESUMO

A água sempre foi, é e sempre será o principal fator de produção e objeto de disputa entre os diversos agentes econômicos em âmbito local, nacional e mundial; o que resulta em escassez hídrica. A conjugação de finitude do recurso e urgência de uma disponibilidade eficiente e justa tornam os conflitos hídricos iminentes. O conflito do Alto São Marcos destaca-se pela disputa entre o setor de geração hidrelétrica e irrigação, que incorpora os níveis de governança federal, estadual e de bacia na gestão da água. Tais características tornam a tarefa de alocação um enorme desafio. Este trabalho, em formato multipaper, objetiva acrescentar racionalidade econômica e ponderar medidas de mitigação para o conflito do Alto São Marcos por meio da otimização da alocação de água, proposta por um modelo hidro-econômico elaborado e aplicado ao caso em estudo. O primeiro trabalho, denominado “O conflito hídrico no Alto São Marcos: características, dilemas e desafios” caracteriza o conflito, a evolução regulamentar dos instrumentos aplicados e, ainda, discute os dilemas e desafios impostos. Apresenta-se uma contextualização da bacia no que concerne as suas principais atividades econômicas demandantes do recurso escasso; histórico dos principais eventos normativos tangentes à bacia; e, por fim, identificação dos desafios à resolução do conflito. A partir da execução metodológica, faz-se uma análise das diversas medidas para mitigar o conflito e promover segurança hídrica, evidenciando que a regulação da dicotomia dos usos deve estar vinculada a harmonia entre as competências de governança e a promoção de medidas que primem uma alocação otimizada. O segundo trabalho, denominado “A dinâmica da curva de demanda e da remuneração da água no conflito do Alto São Marcos” mensura o efeito econômico que as vazões outorgadas a montante da UHE Batalha teriam sobre o setor elétrico a partir da definição do valor econômico da água e determinação do custo de oportunidade das outorgas. A metodologia empregada é baseada nos trabalhos de Machado (2009) e FGV (2003) e nos dados obtidos do histórico de operação da hidrelétrica. Corrobora-se com uma análise acerca da curva de demanda para os setores e da mensuração do custo de oportunidade por perfis de remuneração e geração. Resultados que potencialmente suportam as tomadas de decisões políticas que busquem equilíbrio econômico e eficiência na alocação da água. O terceiro trabalho, denominado “Modelo hidro-econômico para o conflito hídrico no Alto São Marcos” trata da construção e aplicação de um modelo hidro-econômico que otimize a alocação de água entre a geração hidrelétrica e a irrigação, e tenha como parâmetro o valor econômico do recurso hídrico definido pela maximização de lucros intersetoriais. A metodologia empregada é acompanhada de um levantamento da utilização de modelagem hidro-econômica atrelada a conflitos hídricos e da efetiva elaboração e aplicação do modelo, baseado no que foi proposto por Fujisawa (2016) e Silva (2017), além de utilizar de programação não linear e das condições contorno de Karush-Kuhn-Thucker em um cenário determinístico. Conclui-se com a aplicação do modelo que a otimização da alocação hídrica reduziu o valor da água para o setor irrigante, indicação de eficiência da dinâmica sazonal configurada. Contudo, apesar da racionalidade econômica inserida, a política de priorização do uso pelo setor irrigante defasou a remuneração e geração da UHE Batalha, o que revela o efeito do volume outorgado a montante desta e mensura seu impacto na segurança hidroenergética. Este trabalho, portanto, pretende contribuir com o debate acerca do conflito hídrico no Alto São Marcos propondo uma análise sobre a evolução do conflito que permita depreender a dinâmica de usos estabelecida na bacia, que, atrelada ao modelo hidro-econômico colabore para avaliação de políticas intersetoriais e auxilie os tomadores de decisão na mensuração do efeito econômico dos normativos regulatórios e da alocação de água.

Palavras-chave: Alto São Marcos. Modelo hidro-econômico. Alocação eficiente de água. Valor econômico da água. Conflito hídrico.

ABSTRACT

Water has always been, is and will always be the main factor of production and object of dispute between the various economic agents at the local, national and world level; which results in water scarcity. The combination of resource finitude and the urgency of an efficient and just availability make water conflicts imminent. The Alto São Marcos conflict stands out for the dispute between the hydroelectric generation and irrigation sector, which incorporates the levels of federal, state and basin governance in water management. Such characteristics make the allocation task a huge challenge. This work, in a multipaper format, aims to add economic rationality and consider mitigation measures for the Alto São Marcos conflict through the optimization of water allocation, proposed by a hydro-economic model developed and applied to the case under study. The first work, called “The water conflict in Alto São Marcos: characteristics, dilemmas and challenges” characterizes the conflict, the regulatory evolution of the instruments applied and, further, discusses the dilemmas and challenges imposed. A contextualization of the basin is presented in terms of its main economic activities that demand the scarce resource; history of the main normative events tangent to the basin; and, finally, identification of challenges to conflict resolution. From the methodological execution, an analysis is made of the various measures to mitigate the conflict and promote water security, showing that the regulation of the dichotomy of uses must be linked to the harmony between governance competences and the promotion of measures that prioritize an allocation optimized. The second work, called “The dynamics of the demand curve and water remuneration in the Alto São Marcos conflict” measures the economic effect that the flows granted upstream of the Batalha HPP would have on the electricity sector from the definition of the economic value of the water and determining the opportunity cost of grants. The methodology used is based on the work of Machado (2009) and FGV (2003) and on the data obtained from the hydroelectric plant's operating history. It is corroborated by an analysis of the demand curve for the sectors and the measurement of the opportunity cost by remuneration and generation profiles. Results that potentially support political decision making that seeks economic balance and efficiency in water allocation. The third work, called “Hydro-economic model for the water conflict in Alto São Marcos” deals with the construction and application of a hydro-economic model that optimizes the allocation of water between hydroelectric generation and irrigation, and takes as a parameter the value of the water resource defined by maximizing intersectoral profits. The methodology employed is accompanied by a survey of the use of hydro-economic modeling linked to water conflicts and the effective elaboration and application of the model, based on what was proposed by Fujisawa (2016) and Silva (2017), in addition to using non-programming. linear and Karush-Kuhn-Thucker boundary conditions in a deterministic scenario. It is concluded with the application of the model that the optimization of water allocation reduced the value of water for the irrigating sector, an indication of the efficiency of the configured seasonal dynamics. However, despite the economic rationale inserted, the policy of prioritizing use by the irrigating sector lagged the remuneration and generation of HPP Batalha, which reveals the effect of the volume granted upstream of it and measures its impact on hydroenergetic security. This work, therefore, intends to contribute to the debate about the water conflict in Alto São Marcos, proposing an analysis on the evolution of the conflict that allows to understand the dynamics of uses established in the basin, which, linked to the hydro-economic model, collaborates for the evaluation of policies intersectoral actions and assist decision makers in measuring the economic effect of regulatory regulations and water allocation.

Keywords: High Saint Mark. Hydro-economic model. Efficient water allocation. Economic value of water. Water conflict.

LISTA DE FIGURAS

Artigo: O conflito hídrico no Alto São Marcos: características, dilemas e desafios

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio São Marcos	13
Figura 2 – Área irrigada por pivôs centrais na Bacia do São Marcos de 1986 a 2015 e perspectiva de crescimento desta para o período entre 2015 a 2040.....	15
Figura 3 – Vazões médias anuais reservadas aos usos consuntivos a montante da UHE Batalha de 2005 até o ano de 2040 em comparação com as vazões médias anuais demandadas pelos irrigantes para o mesmo período.....	18
Figura 4 – Divisão de queda para o rio São Marcos na nascente até o remanso do reservatório de Emborcação, evidenciando os aproveitamentos hidrelétricos (AHE) e sua distribuição espacial.	20
Figura 5 – Levantamento cronológico de eventos, normativos, deliberações e portarias aplicados ao conflito do alto São Marcos	22
Figura 6– Vazões médias mensais reservadas aos usos consuntivos a montante da UHE Batalha até o ano de 2040 de acordo com Res ANA nº 564/2010 e a sazonalidade da Res nº 364/2005 em comparação com as vazões mínimas do histórico	28

Artigo: A dinâmica da curva de demanda e da remuneração da água no conflito do alto São Marcos

Figura 1 - Diagrama esquemático das usinas hidrelétricas a partir da UHE Batalha até UHE Itaipu	43
Figura 2 – Vazões naturais mensais para a UHE Batalha, em metros cúbicos por segundo, para os meses dos anos de 2014 a 2019	49
Figura 3 – PLDs mensais para o submercado SE/CO, em R\$/MWh, para o período entre os anos de 2014 a 2019.....	50
Figura 4 – Valor da Água comparativo para o sistema isolado e em cascata para os anos de 2014 a 2019	53
Figura 5 – Diferença entre a Vazão Afluyente e a Vazão Natural Afluyente para a UHE Batalha em m ³ /s.....	54
Figura 6 – Perspectiva de crescimento da área irrigada na bacia do São Marcos para o período de 2011 a 2040, elaboradas com base no histórico de crescimento e sem considerar restrições hídricas, ambientais e estruturais.....	55
Figura 7 – Diferença de remuneração anual para o setor elétrico em cem milhões de reais e diferença de geração por ano em MWmês	56
Figura 8 – Curva de demanda para geração de energia elétrica para UHE Batalha com cascata e irrigação no alto da bacia do São Marcos	58

Artigo: Proposição de um modelo hidro-econômico aplicado ao conflito hídrico no alto São Marcos utilizando otimização com programação não-linear para alocação de água

Figura 1 – Diagrama esquemático das usinas hidrelétricas a partir da UHE Batalha até a UHE Itaipu	75
---	----

Figura 2 – Valor da água em R\$/m ³ para os irrigantes federais outorgados pela ANA a montante da UHE Batalha.	77
Figura 3 – Renda anual em milhões de reais e valor da água em R\$/m ³ para cada irrigante federal outorgado pela ANA a montante da UHE Batalha.	79
Figura 4 – Renda anual em milhões de reais para o setor elétrico e para o setor irrigante a partir da dinâmica de comportamento real e do modelo elaborado.	81
Figura 5 – Valor da água para o setor irrigante a partir da dinâmica do modelo elaborado no trabalho e da dinâmica real em comparação com o valor da água para a hidrelétrica.	83
Figura 6 – Comparativo entre as rendas anuais em milhões de reais para o setor elétrico e para o setor irrigante a partir da dinâmica do modelo elaborado no trabalho.	85

LISTA DE TABELAS

Artigo: O conflito hídrico no Alto São Marcos: características, dilemas e desafios

Tabela 1– Governança hídrica na bacia do São Marcos em função do estado, órgão gestor estadual, unidade de gestão hídrica (UGH) e comitês de bacia hidrográfica (CBH).	14
---	----

Artigo: A dinâmica da curva de demanda e da remuneração da água no conflito do alto São Marcos

Tabela 1– Potência Instalada e Produtibilidade média para as UHEs da cascata do trabalho	51
--	----

SUMÁRIO

Considerações Iniciais.....	4
O conflito hídrico no Alto São Marcos: características, dilemas e desafios.....	6
1 Introdução.....	7
2 Breve relato sobre o atual estado da arte.....	8
3 Contextualização da bacia hidrográfica do São Marcos	12
4 Histórico de eventos	21
5 Dilemas.....	27
6 Conclusão	31
7 Referências	33
A dinâmica da curva de demanda e da remuneração da água no conflito do alto São Marcos	39
1 Introdução.....	40
2 Contexto Geográfico e Econômico da bacia do São Marcos	41
3 Metodologia.....	46
4 Resultados.....	48
5 Conclusão	59
6 Referências	60
Proposição de um modelo hidro-econômico aplicado ao conflito hídrico no alto São Marcos utilizando otimização com programação não-linear para alocação de água	64
1 Introdução.....	65
2 Breve relato sobre o atual estado da arte.....	66
3 Metodologia.....	71
4 Resultados.....	78
5 Conclusão	86
6 Referências	87
Considerações Finais.....	93

Considerações Iniciais

A água sempre foi, é e sempre será o principal fator de produção e objeto de disputa entre os diversos agentes econômicos em âmbito local, nacional e mundial; o que resulta em escassez hídrica. A conjugação de finitude do recurso, urgência de uma disponibilidade eficiente e justa e um balanço hídrico sustentável tornam os conflitos hídricos iminentes.

A alocação da água ganha relevância em cenários de disputa de usuários por oferta escassa de água. Um panorama que fomenta a discussão acerca da dinâmica de usos, incorporação de critérios econômicos e delimitação de prioridades, sobretudo, para conflitos multisetoriais. No caso da Bacia do São Marcos a concorrência dá-se majoritariamente entre o setor de geração hidrelétrica e de agricultura, sob uma dinâmica que incorpora três níveis de governança da água: federal, estadual e de bacia, por abranger corpo hídrico transfronteiriço entre os estados de Goiás e Minas Gerais.

A disputa pela água na região é fruto da falta de planejamento setorial integrado e de monitoramento da evolução dos irrigantes utilizadores da técnica de pivô central a montante da unidade hidrelétrica (UHE) Batalha, (OCDE, 2015). Desse modo, promove-se atendimento insuficiente das demandas hídricas, tensionamento entre os agentes e delimitações de prioridades de uso pelos órgãos gestores na bacia. Conflito que buscou-se conter através do estabelecimento do marco regulatório para a região, instrumento que, atualmente, enfrenta os impasses da insuficiente regularização dos usuários existentes; da inadequada repartição de água entre os Estados; da ineficiência do uso da água; e, da ultrapassagem das vazões disponibilizadas para usos consuntivos a montante da UHE Batalha pelas demandas.

Este trabalho, em formato *multipaper*, pretende estudar o problema do conflito hídrico na bacia do Alto São Marcos visando contribuir com o debate e ponderar medidas de mitigação para o conflito do Alto São Marcos por meio da otimização da alocação de água entre os diversos setores da economia propondo um modelo hidro-econômico.

No primeiro trabalho, denominado “O conflito hídrico no Alto São Marcos: características, dilemas e desafios”, busca-se caracterizar a disputa entre os setores irrigante e elétrico, apresentar o histórico da evolução regulamentar dos instrumentos adotados, e ainda, discutir os dilemas e desafios impostos ao conflito hídrico. Propõe-se uma contextualização da bacia no que concerne as suas principais atividades econômicas demandantes do recurso escasso;

elaboração de um histórico dos principais eventos normativos tangentes à bacia; e, por fim, a identificação dos desafios à resolução do conflito.

No segundo trabalho, denominado “A dinâmica da curva de demanda e da remuneração da água no conflito do Alto São Marcos”, o enfoque é a mensuração do efeito econômico que as vazões outorgadas a montante da UHE Batalha teriam sobre o setor elétrico a partir da definição do valor econômico da água e determinação do custo de oportunidade das outorgas. Baseado no método proposto por Machado (2009) e FGV (2003), e nos dados obtidos do histórico de operação do Operador Nacional do Sistema e do histórico de preço de liquidação de diferenças consolidado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.

No terceiro trabalho, denominado “Modelo hidro-econômico para o conflito hídrico no Alto São Marcos”, trata-se da construção e aplicação de um modelo hidro-econômico que otimize a alocação de água entre a geração hidrelétrica e a irrigação, e tenha como parâmetro o valor econômico do recurso hídrico definido pela maximização de lucros intersetoriais. A metodologia empregada é acompanhada de um levantamento da utilização de modelagem hidro-econômica atrelada a conflitos hídricos e da efetiva elaboração e aplicação do modelo, baseado no que foi proposto por Fujisawa (2016) e Silva (2017), além de utilizar de programação não linear e das condições de Karush-Kuhn-Thucker em um cenário determinístico.

Este trabalho, portanto, pretende contribuir com o debate acerca do conflito hídrico no Alto São Marcos propondo uma análise sobre a evolução do conflito que permita depreender a dinâmica de usos estabelecida na bacia, que, atrelada ao modelo hidro-econômico colabore para avaliação das políticas intersetoriais e auxilie os tomadores de decisão na mensuração do efeito econômico da alocação negociada de água.

O conflito hídrico no Alto São Marcos: características, dilemas e desafios

Resumo

A escassez hídrica é, provavelmente, um dos grandes desafios impostos às sociedades modernas e o Alto São Marcos, uma unidade de planejamento hídrico localizada entre o Distrito Federal e os Estados de Goiás e Minas Gerais, representa bem os conflitos que envolvem disputa multisetorial da água como recurso. O conflito observado nesta região configura-se como um potencial caso piloto de aplicação de instrumentos econômicos para a gestão do recurso, sendo necessário, contudo, antes, uma adequada caracterização do ambiente econômico, seus dilemas e desafios. Assim, o objetivo deste trabalho é fazer uma caracterização da disputa entre os setores irrigante e elétrico, apresentar o histórico da evolução regulamentar dos instrumentos adotados, e ainda, discutir os dilemas e desafios impostos. Para a consecução deste trabalho foi inicialmente proposta uma contextualização da bacia no que concerne as suas principais atividades econômicas demandantes do recurso escasso; elaboração de um histórico dos principais eventos normativos tangentes à bacia; e, por fim, a identificação dos desafios à resolução do conflito. Assim sendo, a partir da execução metodológica, verificou-se que seria necessário um conjunto de medidas para mitigar o conflito do São Marcos, que antes de se propor soluções efetivas relacionadas à eficiência ou à equidade, faz-se necessária, também, a adoção de medidas que perpassam pela construção de um diagnóstico sobre a situação atual e pela regulação dos usos vinculados à harmonia entre as competências de governança do rio e seus afluentes. Ressalte-se ainda a necessidade de levantamento de dados atualizados dos irrigantes estaduais e federais, o que permitirá um diagnóstico mais pormenorizado do conflito em comparação aos limites normativos estabelecidos.

Palavras-chave: Conflito hídrico. Bacia Alto São Marcos. Setor elétrico. Pivô Central. Rio São Marcos. Governança da água

Abstract

Water scarcity is probably one of the greatest challenges imposed on modern societies and Alto São Marcos, a water planning unit located between the Federal District and the states of Goiás and Minas Gerais, represents well the conflicts involving multisetorial water dispute as a resource. The conflict observed in this region is configured as a potential pilot case for the application of economic instruments for the management of the resource, being necessary, however, before, an adequate characterization of the economic environment, its dilemmas and challenges. Thus, the objective of this work is to characterize the dispute between the irrigating and electric sectors, to present the history of the regulatory evolution of the instruments adopted, and also to discuss the dilemmas and challenges imposed. To carry out this work, a contextualization of the basin was initially proposed with regard to its main economic activities demanding the scarce resource; elaboration of a history of the main normative events tangent to the basin; and, finally, the identification of challenges to conflict resolution. Therefore, from the methodological execution, it was found that a set of measures would be necessary to mitigate the São Marcos conflict, which before proposing effective solutions related to efficiency or equity, it is also necessary to adopt measures that go through the construction of a diagnosis of the current situation and the regulation of uses linked to the harmony between the governance powers of the river and its tributaries. It is also worth mentioning the need to collect updated data on state and federal irrigators, which will allow a more detailed diagnosis of the conflict in comparison to the established normative limits.

Keywords: Water conflict. Alto São Marcos Basin. Electric sector. Central Pivot. São Marcos River. Water governance

1 Introdução

A escassez hídrica é, provavelmente, um dos grandes desafios impostos às sociedades modernas e o Alto São Marcos, uma unidade de planejamento hídrico localizada entre o Distrito Federal (DF) e os Estados de Goiás (GO) e Minas Gerais (MG), representa bem os conflitos que envolvem disputa multisetorial da água como recurso, neste caso, a geração de energia e agricultura irrigada. O conflito observado nesta região configura-se como um potencial caso piloto de aplicação de instrumentos econômicos para a gestão do recurso, sendo necessário, contudo, antes, uma adequada caracterização do ambiente econômico, seus dilemas e desafios.

A gestão da água é delimitada por quatro diferentes domínios com diferentes níveis de monitoramento e fiscalização e, enfrenta o crescimento dos usos consuntivos a montante da usina hidrelétrica (UHE) Batalha acima dos outorgados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para o empreendimento. Os usos consuntivos configuram-se, sobretudo, por agricultores irrigantes que adotam a técnica de pivôs-centrais e destacam-se nacionalmente por sua produção, favorecida pelas características de clima, relevo e solo da região. A geração de energia dá-se pela UHE Batalha, um reservatório de regularização a montante da cascata de grandes hidrelétricas, a exemplo da UHE Serra do Facão, UHE Emborcação e UHE Itaipu, pertencente ao sistema interligado nacional (SIN) e operado centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema (ONS). A dinâmica de usos na região vem se intensificando, acirrando a disputa de interesses e demandando diversos instrumentos de gestão para a regulação do uso, coordenação de interesses e estabelecimento de prioridades por parte dos órgãos gestores, conselhos de recursos hídricos e comitês de bacia hidrográfica.

O objetivo deste trabalho é fazer uma caracterização da disputa entre os setores irrigante e elétrico, apresentar o histórico da evolução regulamentar dos instrumentos adotados, e ainda, discutir os dilemas e desafios impostos.

Este é um trabalho de natureza exploratória com o intuito de contextualizar o conflito do Alto São Marcos sob o ponto de vista hídrico e energético, com vistas a fomentar a discussão existente a respeito da evolução das políticas públicas adotadas na região e da regulação econômica do uso. A referida abordagem analisa alternativas de solução ao conflito considerando as demandas setoriais, sobretudo, agricultura irrigada e setor elétrico.

2 Breve relato sobre o atual estado da arte

A gestão dos recursos hídricos em bacias onde se configura a escassez hídrica e conflitos multisetoriais exige abordagens mais sofisticadas, a exemplo das alocações negociadas de águas e os marcos regulatórios, conforme apresentado pela OCDE (2015). Entenda-se que as alocações negociadas de água são definidas como processo periódico de negociação entre os usuários de reservatórios com o objetivo de ajustar as demandas à oferta disponível, considerando os direitos existentes e a sua disponibilidade sazonal; e, os marcos regulatórios são conjuntos de regras definidas após discussões com os órgãos gestores, usuários, comitês e órgãos ambientais de uma bacia, aplicadas a um corpo de água ou sistema hídrico para conter cenários conflituosos e empregar os instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Para a bacia do rio São Marcos, cujos cursos d'água têm jurisdição compartilhada pelos Estados de Goiás e Minas Gerais, Distrito Federal e União estabeleceu-se o Marco Regulatório de Uso da Água, pactuado entre a ANA e os órgãos gestores de recursos hídricos goiano e mineiro. Instrumento adotado devido a necessidade de compatibilização entre os usos de irrigação e energia elétrica, sobretudo na região a montante da UHE Batalha conhecida como Alto São Marcos, e à previsão do Artigo 17 do Decreto nº 3.692, de 19 de dezembro de 2000 (BRASIL, 2000), de atribuir à ANA definir requisitos de vazão mínima na transição de corpos d'água de domínio Estadual para os de domínio Federal.

No estabelecimento das prioridades de uso, os critérios para a outorga de direitos à água contidos nos planos de recursos hídricos definirão como a água será compartilhada entre as diferentes regiões geográficas ou administrativas, setores e escalas temporais. Devendo ser feita uma distinção clara entre priorização e otimização no processo de decisão alocativa. Enquanto a priorização determina quais são as regiões ou setores que devem ter preferência alocativa, a otimização assegura que a água seja alocada de forma eficiente. (OCDE, 2015). Sendo a priorização um processo mais político e a otimização um processo mais técnico, ambos, porém, são estratégicos para a governança da água. Baseado neste entendimento, pressupõe-se que estes são enfoques que os gestores devem considerar em suas decisões, sobretudo no caso da bacia do São Marcos em função do múltiplo domínio, da prioridade nacional pela geração de energia hidrelétrica e da relevância em nível estadual e de bacia da agricultura irrigada.

Segundo Campos, Studart e Costa (2002), a alocação de água engloba desde as atividades de avaliação das disponibilidades até aquelas de realocação, as quais somente têm lugar após o

comprometimento de todos os recursos. Os mesmos autores, Campos e Studart (2001), ainda definem que para a água ser utilizada e controlada em níveis satisfatórios de quantidade e de qualidade, seja pela geração atual ou pela futura, são necessários mecanismos de planejamento e gerenciamento integrado, descentralizado e, sobretudo, participativo. Ideais que se complementam e suportam a discussão de políticas intersetoriais intrinsecamente à gestão de recursos hídricos. Esses ideais podem ser exemplificados pelo apoio de diversos setores junto aos instrumentos normatizados pela Lei das Águas (Brasil, 1997), a exemplo dos planos de recursos hídricos, da outorga e cobrança pelo uso de recursos hídricos, e, pelo regime de direitos de uso de recursos hídricos que objetiva assegurar o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

OCDE (2015) destaca que é preciso encontrar um equilíbrio entre a coerência com as políticas de recursos hídricos mais amplas e a adaptação a contextos locais. O referido ainda destaca que há um incentivo perverso que resulta em pedidos de outorga superdimensionados, tendo em vista que existem benefícios, e poucas desvantagens, para que os usuários solicitem mais água do que necessitam. Conjuntura exemplificada pelo que ocorre em Goiás onde 7% dos pivôs centrais de irrigação estão inativados, mas mantém a outorga como uma reserva operacional. Supracitado comportamento que agrava as tensões distributivas entre os usuários.

Além disso, há a questão de monitoramento, que na bacia do São Marcos ainda é crítica em relação a grande quantidade de pivôs centrais irregulares. Bof (2018) destaca que os usos da água para irrigação na bacia superam em muito os outros usos, tanto em número de outorgas quanto em vazão outorgada. O referido autor afirma que 43% da vazão hídrica consumida pelos irrigantes do Alto São Marcos não estaria outorgada.

É importante destacar que a outorga, como instrumento da PNRH, destaca-se como fundamental para garantia do efetivo exercício dos direitos de acesso à água e para o controle dos usos. A falta de monitoramento das demandas outorgadas implica na dificuldade de análise da disponibilidade hídrica e da determinação de alternativas de prioridades de uso, algo observado também na bacia em estudo.

Moreira et. al. (2012) analisa que o fato de não haver vazões outorgadas é um dos motivos para que ocorra um conflito de uso de água. A carência de informações torna crítico o conflito do Alto São Marcos entre os setores de geração de energia e de irrigação a respeito das restrições estabelecidas e da pouca visão sobre o crescimento dos usos concorrentes.

Tal concepção sobre a evolução do conflito buscou ser contornada por estudos desenvolvidos na região. Um exemplo é o de Pinhati (2018) que acrescenta à discussão a perspectiva sobre a capacidade máxima de expansão da irrigação que a bacia do São Marcos conseguiria suportar com data base de 2016. Concluindo que embora existam quase 250.000 hectares de terras disponíveis para instalação de pivôs centrais, apenas 64.608 hectares teriam viabilidade técnica e econômica para serem amplamente atendidos para as necessidades hídricas do milho na safra de inverno, correspondendo a 3.779 pivôs centrais potenciais. O referido resultado foi obtido por uma simulação que adotou cenário hipotético de todos os pivôs centrais existentes em setembro de 2006 com a cultura de milho, devido a alta necessidade de irrigação, superior as plantações de feijão e soja, usuais na região. Assim, têm-se uma informação fundamental para o planejamento dos usos e outorgas conferidas na bacia do São Marcos devido ao limite superior de pivôs potenciais.

Frise-se que, conforme Soares (2019) *apud* Furquim e Abdala (2016) há um contraste do relevo na bacia, onde o alto São Marcos é plano e ondulado e o baixo São Marcos, localizado à jusante da UHE Batalha, é acidentado e montanhoso. As áreas planas, localizadas nas partes mais altas dos corpos hídricos que formam a bacia, são expressivas e economicamente muito importantes, devido à formação de chapadões e vales rasos com fundos planos e vertentes suaves. Tal característica no alto da bacia justifica a alta concentração de pivôs centrais e a alta produtividade agrícola, levando os municípios de Cristalina (GO) e Unaí (MG) a serem o 5º e o 24º maiores PIB agrícolas do Brasil, segundo dados do IBGE (2015).

Soares (2019) buscou otimizar o aproveitamento hídrico superficial na bacia do São Marcos por simulações matemáticas com a ferramenta computacional AQUATOOL com o módulo de otimização OPTIGES entre outubro de 2014 até setembro de 2017. O referido trabalho concluiu que a melhor situação de disponibilidade hídrica foi com a substituição dos critérios de outorga atuais (50% da $Q_{7,10}$ ¹ em Minas Gerais e 70% da Q_{95} ² no Estado de Goiás) por 80% da $Q_{7,10}$ e 70% da Q_{95} , em que 2,3% e 5,5%, respectivamente, foram as áreas acima dos limites outorgáveis. Caracterizou a situação na referida bacia como preocupante no que diz respeito aos volumes captados até o mês de setembro de 2017, principalmente no Alto São Marcos, em que o número de outorgas, principalmente para irrigação é muito elevado. Entretanto, na região do baixo São

¹ $Q_{7,10}$ é a vazão mínima de 7 dias consecutivos e com período de retorno de 10 anos.

² Q_{95} é a vazão mínima esperada em 95% do tempo (ano hidrológico)

Marcos, a situação se mostra confortável, com poucos afluentes com outorgas acima do permitido, apresentando uma boa disponibilidade hídrica

Silva e Hora (2015) objetivaram em seu trabalho analisar o conflito pelo uso da água entre a atual e futura demanda da irrigação e o aproveitamento hidrelétrico da UHE Batalha, buscando avaliar a questão das possíveis perdas de energia produzida, associadas aos usos consuntivos crescentes a montante da hidrelétrica. Por meio de cenário de simulação utilizando a ferramenta computacional SisUCA – Sistema de Simulação de Usinas com Usos Consuntivos da Água, obtiveram perdas energéticas variando entre 8,0% e 19,7% para energia média, e entre 7,6% e 19,2% para energia firme. Concluindo que, a falta de referências de problemas solucionados e bem geridos no que tange à conflitos pelo uso da água entre o setor elétrico e a agricultura tornam a bacia do São Marcos uma região de grande preocupação. Constatando que, a médio prazo, é necessária a discussão para flexibilização das outorgas e energia assegurada pela UHE Batalha.

Sado, Warren e Roig (2018) objetivaram obter informações que possam subsidiar ações de órgãos gestores de recursos hídricos e que auxiliem o direcionamento de ações de fiscalização dos usos de água. Para isso aplicaram uma metodologia de estimativa de uso consuntivo de água na irrigação em escala local, a partir de dados de sensoriamento remoto obtidos dos satélites Landsat 7, Landsat 8 e TRMM. Concluíram que a metodologia permite estimar o uso de água para irrigação por empreendimentos agrícolas, tendo sido verificada correlação de 0,92 entre os volumes de água estimados por sensoriamento remoto e os volumes medidos por hidrômetros. Uma alternativa para a bacia hidrográfica do Alto São Marcos sem a necessidade de trabalhos de campo e, portanto, de uma logística de altos custos.

Bof (2018) objetivou avaliar os *trade-offs* econômicos entre energia e produção agrícola irrigada na região e mostrar como essa informação poderia contribuir para a alocação negociada da água, a partir do seu valor econômico, comparando com o sistema de alocação atual. Foi empregado um modelo hidro-econômico de otimização explicitamente estocástico para a determinação do valor econômico da água e sua variação no espaço e no tempo, cujos resultados foram empregados em uma contabilidade hídrica realizadas de forma dinâmica. Concluiu-se que os *trade-offs* são significativos e que existem soluções com a possibilidade de compensação econômica de perdas entre os setores envolvidos, soluções que seriam o ponto de partida para desarmar uma situação de conflito e sinalizar aos usuários a localização espacial e o padrão de demanda que pode ser acomodado na bacia, em função do valor econômico da água

Por fim, tem-se a pertinência da incorporação de instrumentos econômicos na gestão de recursos hídricos, tendo em vista que a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências, trouxe como fundamento a água como recurso natural limitado e dotado de valor econômico. A cobrança é o instrumento que reconhece a água como bem econômico e que dá ao usuário uma indicação de seu real valor, além de incentivar a racionalização do uso da água e viabilizar a obtenção de recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contempladas nos planos de recursos hídricos.

Contudo, a OCDE (2015) ressalta que apesar dos instrumentos econômicos preconizados na referida Lei nº 9.433, devam ser usados como ferramentas da política de recursos hídricos, no Brasil eles não são utilizados como tal, ao contrário servem para geração de receitas fiscais.

Em parte, porque, conforme Hartmann (2010) apresenta, os valores de cobrança são muito baixos por resultarem da definição por uma instituição central de regulação hídrica sujeita a pressões sociais e políticas.

Conforme afirmam Rogers, De Silva, Bhatia (2002) esta não é apenas uma situação exclusiva do Brasil, visto que também em outros países, a água é subprecificada, não internalizando as externalidades e geralmente levando a um uso insustentável dos recursos hídricos. Mas declarando que se corretamente gerenciado, esse instrumento tem potencial para promover eficiência econômica e equidade social.

Desta forma, a cobrança pelo recurso como é estabelecida pela norma vigente no Brasil não reflete o valor marginal da água, orienta alocações ineficientes distorcendo os incentivos econômicos e ignora a escassez tratando o bem econômico como bem livre.

3 Contextualização da bacia hidrográfica do São Marcos

Para melhor contextualização deste trabalho, realizou-se uma caracterização da bacia do São Marcos, bem como da irrigação e geração hidrelétrica instituídas na região.

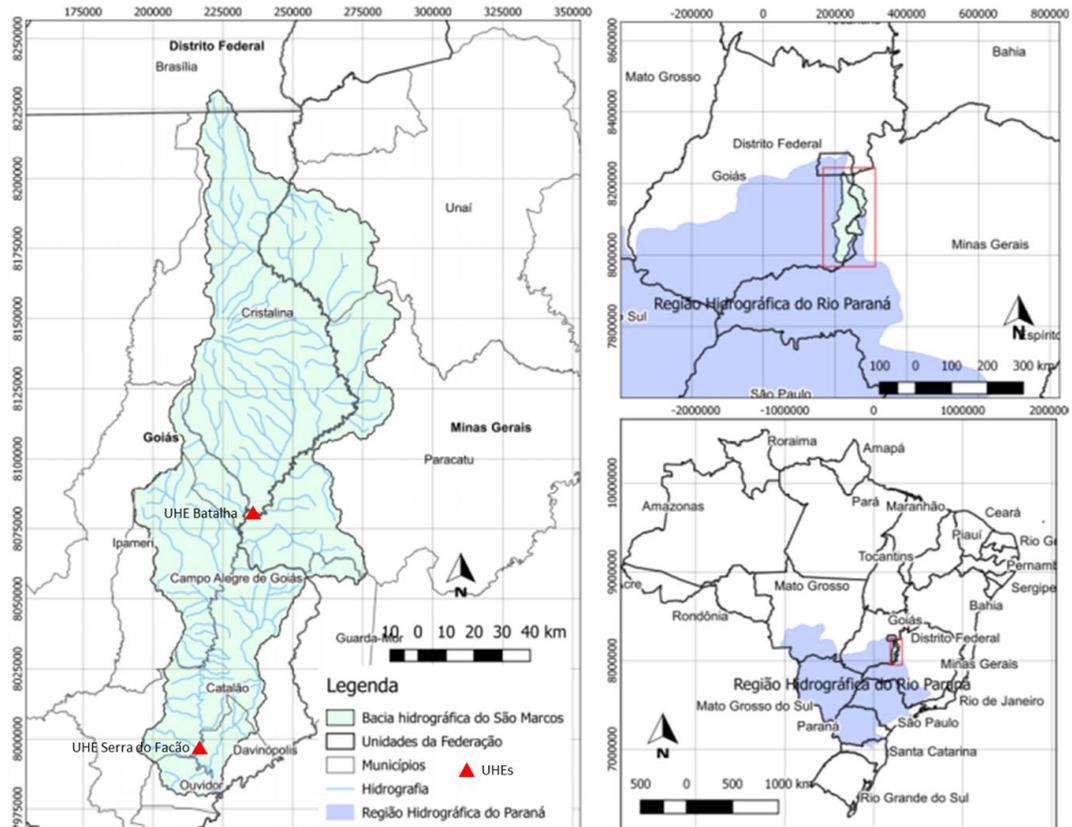
3.1 A bacia

A bacia do São Marcos localiza-se na região central do país, entre os paralelos 16° e 18° de latitude sul, e os meridianos 47° e 48° de longitude Oeste, com uma área de drenagem de

12.089,12 km² dividida entre os estados de Goiás com 72,17% da área e Minas Gerais com 27,41%, além do Distrito Federal com 0,41%, conforme apresentado por IBGE (2000) apud Bof (2018).

O principal rio é o São Marcos de domínio federal e pertencente à bacia hidrográfica do rio Paranaíba e à Região Hidrográfica do rio Paraná. Destaca-se como um dos principais tributários da margem direita do rio Paranaíba, é formado a partir do córrego Samambaia, na região do DF, sendo limítrofe entre os estados de GO e MG, e, percorre uma distância de 480 km até sua confluência com o rio Paranaíba. A Figura 1 apresenta a localização da bacia hidrográfica do rio São Marcos.

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio São Marcos



Fonte: Bof (2018). Adaptado pela autora.

Na referida figura observa-se que em seu percurso, o rio São Marcos banha os municípios goianos de Catalão, Cristalina, Ouvidor, Campo Alegre de Goiás, Ipameri e Davinópolis; além dos municípios mineiros de Paracatu, Unai e Guarda-Mor. O referido rio apresenta os aproveitamentos hidrelétricos, instalados e em operação, de Batalha e Serra do Facão, sob a concessão da empresa Furnas Centrais Elétricas.

Segundo o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (ANA, 2013), com vistas a permitir um planejamento adequado, a bacia do rio Paranaíba foi dividida em vinte Unidades de Planejamento Hídrico (UPH), dentre elas a UPH nº 18 Alto São Marcos, que é a área de estudo deste trabalho, representando a porção da bacia a montante da UHE Batalha com 6,7 mil km² e ocupação de 55% da área.

Ressalte-se que algumas UPHs, localizadas nas divisas dos estados, estão inseridas em mais de uma Unidade de Gestão Hídrica (UGH), devido ao fato de as UGHs respeitarem os limites estaduais da bacia, enquanto as UPHs respeitam unicamente os fatores hidrográficos e hidrológicos. Diante dessa conjuntura, tem-se que a UPH Alto São Marcos se relaciona com as UGHs apresentadas na Tabela 1, dinâmica que justifica a instauração dos comitês de bacia hidrográfica (CBH) estaduais que incorporam a região, bem como exemplifica a governança das águas vigente.

Tabela 1 – Governança hídrica na bacia do São Marcos em função do estado, órgão gestor estadual, unidade de gestão hídrica (UGH) e comitês de bacia hidrográfica (CBH).

Domínio	Órgão Gestor	UGH do PRH Paranaíba	CBH estaduais	CBH interestaduais
GO	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD-GO)	São Marcos	CBH dos Rios Corumbá, Veríssimo e da Porção Goiana do Rio São Marcos	CBH Paranaíba
MG	Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM-MG)	Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba	CBH dos Afluentes Mineiros do Alto Rio Paranaíba	
DF	Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal (ADASA-DF)	Lago Paranoá, Descoberto, Corumbá, São Bartolomeu e São Marcos	CBH Paranaíba-DF	

Fonte: Elaborada pela autora.

A partir da referida tabela, observa-se que a governança hídrica na bacia hidrográfica do Alto São Marcos envolve a dinâmica de quatro CBHs que interagem além dos limites estaduais. Ressalte-se que aos CBHs cabem estabelecer prioridades para outorga de direito de uso específicas em nível de bacia por meio de planos de recursos hídricos, sujeito às regras e outorgas de direito

de uso definidas pelos órgãos gestores estaduais e federal e à regulação dos usos nos corpos federais pela ANA, conjuntamente com a integração ao sistema nacional de gestão de recursos hídricos. Portanto, a existência dos comitês mapeados permite depreender que a dinâmica de alocação de água na bacia em tela é mais complexa e exige articulação entre os níveis federal, estadual e de bacia.

Auferindo as características da bacia do São Marcos que fundamentaram a instauração da disputa de usos na região, salienta-se a caracterização dada em ANA (2014) de que o relevo heterogêneo, com chapadões e vales abertos em suas porções mais altas são ideias para a agricultura tecnificada, e que, as montanhas e vales encaixados com acentuada declividade em suas porções mais baixas são propícios para a geração de energia hidrelétrica. O setor elétrico é representado pela UHE Batalha, localizada na cabeceira do rio São Marcos, e o setor irrigante é representado por agricultores que utilizam, sobretudo, a técnica de pivô central para a produção de sementes, grãos e hortaliças de alto valor agregado.

Buscou-se evidenciar a relevância da região da bacia do Alto São Marcos a partir do levantamento da área irrigada por pivôs centrais de 1986 a 2015 e da perspectiva de crescimento entre 2015 a 2040, utilizando-se para tal os dados contidos em ANA (2016). A Figura 2 apresenta, portanto, a área irrigada por pivôs centrais na Bacia do São Marcos de 1986 a 2015 e perspectiva de crescimento desta para o período entre 2015 a 2040.

Figura 2 – Área irrigada por pivôs centrais na Bacia do São Marcos de 1986 a 2015 e perspectiva de crescimento desta para o período entre 2015 a 2040.



Fonte: Dados ANA (2016). Elaborado pela autora.

Na referida figura, observa-se que o crescimento progressivo da área irrigada na bacia do São Marcos é impulsionado efetivamente pela região do Alto São Marcos, onde há maior concentração de pivôs. Ressalte-se que o percentual de área irrigada mapeada na bacia em 2015 era de 8% da área total de 1.208.912 hectares, contudo, o alto São Marcos corresponde a 79,1% desse quantitativo. Com a perspectiva de dobrar sua área irrigada antes de 2040, a representatividade da região do Alto São Marcos consolida o acirramento da disputa pelo recurso hídrico, sobretudo, porque é nesta região em que está instalada a hidrelétrica UHE Batalha. Desse modo, a proposição de políticas que debatam o crescimento da área irrigada na região ganha relevância e perpassam a limitação da oferta hídrica atrelada a maior regularização dos usuários instalados para o acompanhamento evolutivo das demandas.

Frise-se que um limitador para a instauração dos pivôs era a falta de energia elétrica na região (ANA, 2014), entrave que foi suprido expansão da rede de distribuição atrelada à instalação e interligação das hidrelétricas na bacia, permitindo maior disponibilidade de energia para as bombas dos irrigantes. Atualmente, o ritmo de crescimento da área irrigada tende a ser limitado pelas restrições hídricas, culturas plantadas e infraestruturas de apoio à produção e comercialização.

3.2 Irrigação na Bacia

O levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil de 1985 a 2017 (ANA, 2019a) destacou que os estados de Minas Gerais e Goiás concentram, respectivamente, 30,6% e 18,4% da área equipada por pivôs do país. Os municípios de Unaí (MG), Paracatu (MG) e Cristalina (GO) formam a maior concentração de pivôs do Brasil, com 2.558 pontos-pivôs em 191 mil hectares, distribuídos entre os divisores de águas das Regiões Hidrográficas (RH) São Francisco, localizados na sub-bacia do rio Paracatu; e, na RH Paraná, localizados na sub-bacia do rio São Marcos, afluente do rio Paranaíba. Ressalte-se que somente o polo São Marcos da RH Paraná apresentou um crescimento de 2000 a 2017 de 41% e área equipada para irrigação por pivôs centrais, chegando a 100.872 hectares em 2017 e ocupando o segundo lugar no ranking nacional de área e densidade.

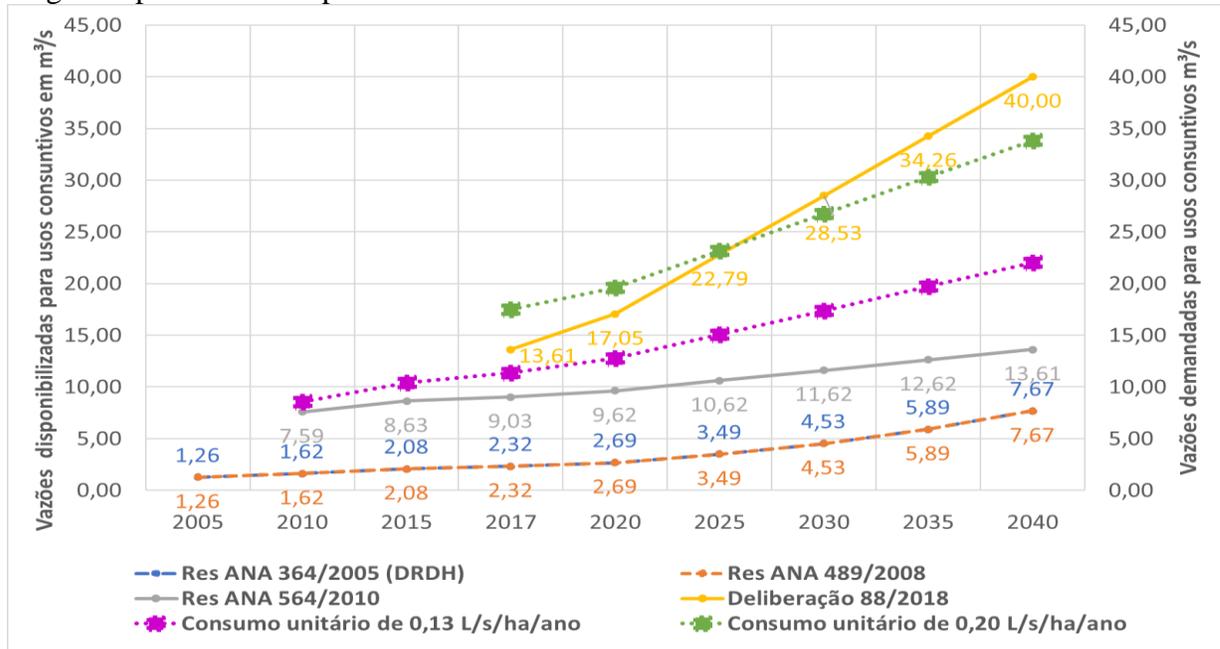
ANA (2014) já havia declarado que desde os primeiros projetos de irrigação desenvolvidos na bacia do São Marcos, os pivôs-centrais foram adotados como sendo os equipamentos ideais para se irrigar as grandes extensões de terras dotadas de pequenas declividades, características dos chapadões e vales abertos da bacia. O elevado grau de eficiência energética e de consumo quanto à água e a baixa demanda de mão-de-obra para sua operação transformaram os pivôs-centrais em uma unanimidade na região, sendo pouquíssimos os agricultores irrigantes que não os utilizam. Declarações que consolidam o diagnóstico obtido pelos levantamentos de agricultura irrigada na bacia, e que permitem orientar políticas voltadas a esta técnica e buscar metas de eficiência para o uso e fiscalização das outorgas.

A evolução do setor irrigante no Alto São Marcos pode ser visualizada por meio do levantamento de vazões médias anuais disponibilizadas para os usos consuntivos a montante da UHE Batalha até o ano de 2040, em metros cúbicos por segundo. Tais vazões foram delimitadas pela Resolução nº 364, de 29 de agosto de 2005 (ANA, 2005), que estabeleceu a Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH) da UHE Batalha, posteriormente convertida em outorga pela Resolução da ANA nº 489/2008, que veio a ser alterada pela Resolução nº 564, de 25 de outubro de 2010 (ANA, 2010d), e, mais recentemente, pela Deliberação nº 88/2018, de 27 de março de 2018 (CBH-Paranaíba, 2018).

Além disso, estimou-se a vazão demandada pelas áreas irrigadas baseando-se na perspectiva de crescimento estabelecida para o período de 2011 a 2040, apresentada em ANA (2014). Desse modo, estipulou-se o montante demandado do recurso em face da previsão dos perímetros irrigados.

Pela Nota Técnica nº 104/2010/GEREG/SOF-ANA, em 30 de agosto de 2010 (ANA, 2010b), houve a delimitação do consumo unitário médio anual de água pela irrigação na bacia do São Marcos de 0,13 l/s/ha. Contudo, a Deliberação nº 88/2018, de 27 de março de 2018 (CBH-Paranaíba, 2018), estabeleceu que na regularização dos usos da área de interesse, para finalidade de irrigação, o limite seria de 0,20 l/s/ha/ano em média para a bacia e integrou uma segunda projeção a partir de 2017. A adoção dos dois valores foi abordada na análise a respeito das vazões demandadas pelo consumo irrigante no Alto São Marcos apresentada na Figura 3, comparativamente com a análise das vazões disponibilizadas normativamente.

Figura 3 – Vazões médias anuais reservadas aos usos consuntivos a montante da UHE Batalha de 2005 até o ano de 2040 em comparação com as vazões médias anuais demandadas pelos irrigantes para o mesmo período.



Fonte: Dados obtidos em ANA (2014). Elaborada pela autora.

A partir da referida figura pode-se observar primeiramente que os valores das vazões disponibilizadas para usos consuntivos no Alto São Marcos foram aumentados ao longo da publicação das normas apresentadas, o que indica um aumento da reserva de água para o setor irrigante, atendendo à previsão de crescimento deste setor e sua necessidade hídrica.

Sob o ponto de vista do setor elétrico, os valores delimitados pela DRDH são tidos como instrumentos de planejamento, porque delimitam a reserva de água para os usos consuntivos a montante do reservatório e permitem mensurar a vazão disponível para a operação da hidrelétrica. Pode-se observar ainda na figura anterior, que já no ano de 2010 este limite não estava sendo respeitado, o que motivou a revisão da vazão disponibilizada para os usos consuntivos pela Resolução nº 564, de 25 de outubro de 2010 (ANA, 2010d). Tal resolução aumentou o valor da vazão reservada aos usos consuntivos a montante da hidrelétrica e, conseqüentemente, diminuiu a oferta hídrica à UHE Batalha para valores inferiores aos esperados somente no ano de 2040.

Contudo, ao confrontar as vazões disponibilizadas com as demandadas é perceptível que, sobretudo para o consumo unitário de 0,13 l/s/ha/ano, o conflito hídrico encontra-se instaurado já no ano de 2010, antes mesmo do início da operação da UHE Batalha em 2014. Isso porque um

balanço hídrico negativo é verificado por uma demanda maior do que a oferta de água, apesar das atualizações normativas estabelecidas.

Ao mudar a base do consumo unitário para 0,20 l/s/ha/ano tem-se que somente a partir de 2025 estima-se que haveria uma mudança de panorama da situação com uma folga para a demanda de água em comparação com os novos limites atribuídos pela Deliberação nº 88/2018, de 27 de março de 2018 (CBH-Paranaíba, 2018). Tal comportamento impactará a reserva de água para a geração de energia, mas incorpora a previsão de crescimento da área irrigada para o período.

Ressalta-se por fim, que a análise de demanda foi feita com base na projeção de crescimento e que não considerou eventuais restrições hídricas, estruturais ou ambientais, podendo ser considerada uma estimativa conservadora e, portanto, necessita-se cautela interpretativa. Além disso, o cadastramento e a regularização de usuários enfrentam um elevado grau de incerteza, quanto às culturas irrigadas e aos preços de mercado das *commodities*, o que dificulta uma previsão mais robusta. O erro por levantamento da área irrigada por satélites e o elevado número de usuários que não pedem outorga culminam em uma margem de segurança menor para o planejamento hídrico local e quantificação das demandas consuntivas e não consuntivas existentes.

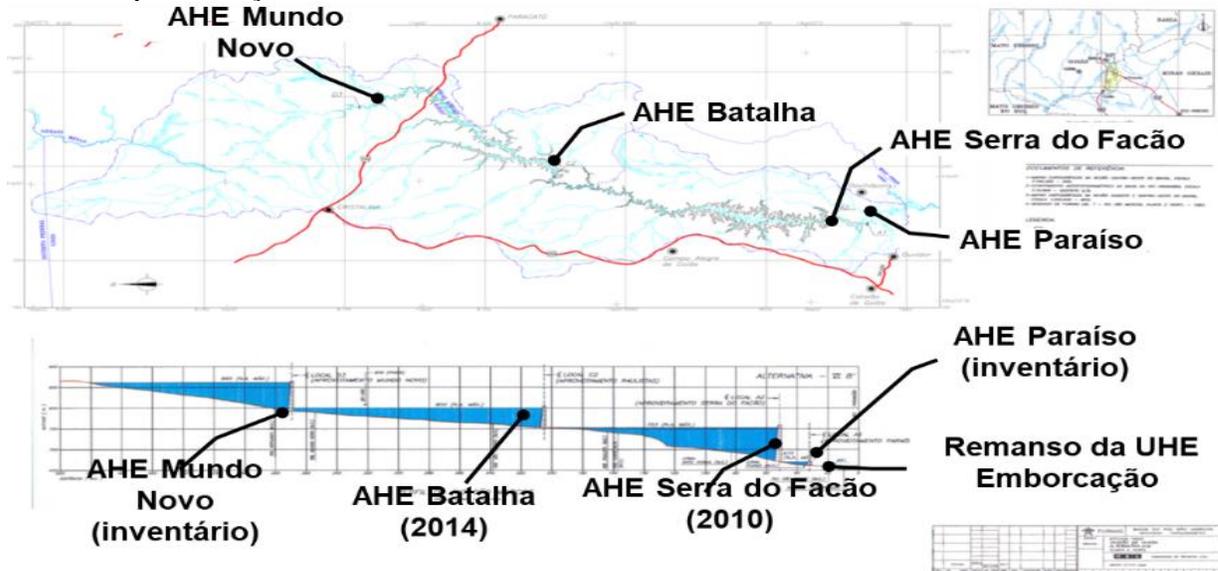
3.3 Geração hidrelétrica na bacia

Além do uso para irrigação, as características geomorfológicas de vale favoreceram para a construção de duas UHEs em cascata. A UHE de Batalha está localizada entre os municípios de Cristalina (GO) e Paracatu (MG) e possui capacidade geradora de 52,5 MW - energia suficiente para abastecer uma cidade de 130 mil habitantes, com outorga de uso da água fornecida à empresa Furnas Usinas Elétricas por meio da Resolução nº 489, de 19 de agosto de 2008 (ANA, 2008). Já a UHE Serra do Facão, localiza-se no estado de Goiás, entre os municípios de Catalão e Davinópolis, cujo reservatório abrange terras de cinco municípios goianos: Ipameri, Campo Alegre de Goiás, Catalão, Davinópolis e Ouvidor, além de um mineiro: Guarda-Mor. Esta usina apresenta capacidade de 210 MW, suficiente para atender a uma cidade com 1,2 milhão de habitantes, sendo um dos maiores empreendimentos de seu Estado, conforme Cunha (2019).

Além destes empreendimentos, projetou-se os aproveitamentos hidrelétricos (AHE) de Mundo Novo e Paraiso nos estudos de inventário hidrelétrico da bacia do rio São Marcos realizado por Furnas entre os anos de 1997 e 1998 e aprovado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 1999, conforme consta de ANA (2014) *apud* PCE *et. al.* 2005. No referido inventário

o enfoque foi a delimitação da divisão de queda do trecho entre a nascente do rio São Marcos e o remanso do reservatório de Emborcação. A Figura 4 apresenta tal divisão e ilustra para fins de planejamento a distribuição espacial dos AHEs e o ano de implementação.

Figura 4 – Divisão de queda para o rio São Marcos na nascente até o remanso do reservatório de Emborcação, evidenciando os aproveitamentos hidrelétricos (AHE), distribuição espacial e ano de implementação.



Fonte: ANA (2014) apud PCE *et. al.* 2005

Na referida figura, observa-se que dentre os empreendimentos, somente a AHE Batalha e Serra do Facão foram implementados, devido a viabilidade econômica e ambiental. A AHE Mundo Novo está com seu processo de reinventário suspenso desde 2014 pelo Despacho ANEEL nº 1806/14. Contudo, trata-se de um aproveitamento estratégico, localizado a montante dos demais e, segundo ANA (2014), teria capacidade para armazenamento de 3.230 km³ e uma potência instaladas de 67 MW. Já a AHE Paraíso tem capacidade de geração inventariada de 48 MW e teve sua DRDH solicitada junto à ANA em 2015.

O fato de a água ser considerada um bem público, no sentido do direito e não no sentido microeconômico implicou que para a construção da UHE Batalha fossem necessárias diversas etapas regulamentares, tais como identificação do potencial de geração presente no corpo hídrico, estudos de inventário, viabilidade e o projeto básico, além do processo de licenciamento ambiental, da construção e entrada em operação dos grupos geradores e da interligação com o Sistema Interligado Nacional (SIN) por meio de subestação e sua transmissão pela concessionária da região.

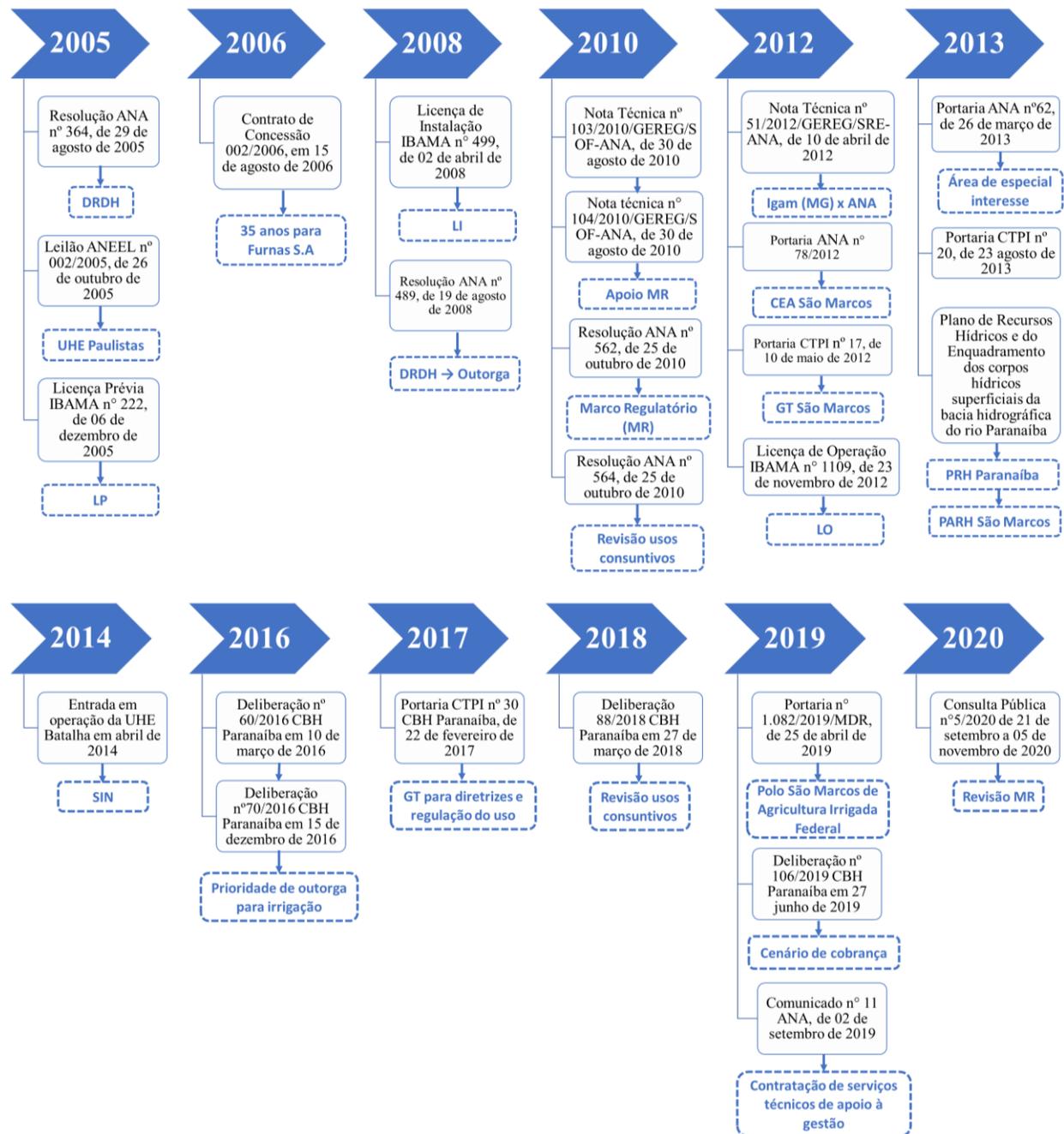
O panorama delimitado pela Lei n° 9433, de 08 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), para o uso do recurso hídrico em aproveitamentos dos potenciais hidrelétricos sujeita que haja outorga pelo Poder Público e a subordina ao Plano Nacional de Recursos Hídricos obedecida a disciplina da legislação setorial específica. Assim, os referidos processos que envolvem a UHE Batalha perpassam pelas articulações entre as políticas setoriais de recursos hídricos e energia elétrica, e estabeleceram diversas restrições tanto ambientais quanto operacionais ao reservatório, tendo em vista sua capacidade de regularização da vazão para os usos a jusante. Contudo, também se implicou em restrições aos usos consultivos a montante do aproveitamento, tendo em vista a delimitação de segurança hídrica estabelecida para o planejamento do empreendimento por meio de sua DRDH (ANA, 2005), possibilitando que fossem firmados contratos de energia firme com o setor elétrico e alicerçar a segurança hidroenergética do sistema.

As restrições regulatórias envolvidas entre os setores permitiram que houvessem revisões do valor da energia assegurada alocada à UHE Batalha a cada cinco anos ou na ocorrência de fatos relevantes, viabilizando que fossem realizadas alterações na reserva hídrica em busca de equilibrar as vazões disponibilizadas para os usos consuntivos com as vazões demandadas pela agricultura irrigante. Contudo, conforme apresentado na Figura 3, tais medidas foram insuficientes diante da evolução do uso da água na irrigação. Arranjo cuja complexidade envolve além da dinâmica do setor agrícola, a regulação de recursos hídricos e de energia elétrica e demanda estudos acerca da eficácia de tais mudanças, bem como sobre o impacto a respeito da garantia energética, da viabilidade financeira do empreendimento, do crescimento, rentabilidade e consumo hídrico dos pivôs centrais na região.

4 Histórico de eventos

O levantamento do histórico dos principais eventos normativos tangentes à bacia faz-se necessário para consolidação do entendimento das ações dos organismos envolvidos, bem como do impacto das medidas mitigadoras e das relações estabelecidas entre os agentes e os órgãos reguladores. A seguir, apresenta-se a Figura 5 com um breve levantamento cronológico dos eventos.

Figura 5 – Levantamento cronológico de eventos, normativos, deliberações e portarias aplicados ao conflito do alto São Marcos



Fonte: Elaborada pela autora.

Na referida figura destacam-se as ações dos órgãos gestores que implicaram no estabelecimento de parâmetros de operacionalização e uso do recurso hídrico frente à realidade

vigente e aos estudos e previsões adotadas. O primeiro momento é a publicação da DRDH para a UHE Batalha pela Resolução nº 364, de 29 de agosto de 2005 (ANA, 2005), que delimitou as condicionantes para a realização do Leilão 002/2005 da ANEEL, de 26 de outubro de 2005, vide o apêndice A, anexo 1 do edital que normatizou o referido leilão (ANEEL, 2005). O referido edital de leilão foi publicado com vistas à contratação da energia proveniente de novos empreendimentos hidrelétricos, dentre eles a UHE Paulistas, localizada no Estado de Goiás e Minas Gerais, que posteriormente mudou de nome e, atualmente, se chama UHE Batalha. Posteriormente, houve a emissão da Licença de Prévia nº 222/2005, em 06 de dezembro de 2005 (IBAMA, 2005), pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) à Empresa Furnas Centrais Elétricas S.A.; aprovando a localização e concepção do empreendimento na fase preliminar do planejamento, atestando a sua viabilidade ambiental e estabelecendo requisitos básicos a serem atendidos nas próximas fases de implantação.

Seguindo a explanação da referida figura, tem-se em 2006 a consolidação do leilão por meio da assinatura do Contrato de Concessão nº 002/2006-MME-UHE BATALHA, de 15 de agosto de 2006 (MME, 2006), de uso de bem público para geração de energia elétrica, que celebram a União e a Empresa Furnas Centrais Elétricas S.A. O referido contrato regula a exploração, pela concessionária, do aproveitamento hidrelétrico UHE Batalha, bem como das respectivas instalações de transmissão de interesse restrito à central geradora, pelo prazo de trinta e cinco anos, contado a partir da data de sua assinatura. A referida concessão para exploração do potencial hidráulico pela UHE Batalha em trecho do rio São Marcos foi outorgada pelo Decreto de 25 de julho de 2006, publicado no Diário Oficial de 26 de julho de 2006 (BRASIL, 2006).

Posteriormente em 2008 foi concedida a Licença de instalação nº 499/2008, de 02 de abril de 2008 (IBAMA, 2008), pelo IBAMA, à Empresa Furnas Centrais Elétricas S.A. Além da publicação da Resolução nº 489, de 19 de agosto de 2008 (ANA, 2008), em que a Agência transformou a DRDH em Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos à Empresa Furnas Centrais Elétricas S.A. mantendo os valores de usos consuntivos previstos na DRDH.

O ano de 2010 destacou-se em relação às medidas de mitigação da oferta. Tais medidas foram implementadas em resposta ao crescimento da demanda na bacia do rio São Marcos, quando se verificou o aumento de áreas irrigadas por imagens de satélite. A publicação da Nota técnica nº 103/GEREG/SOF-ANA, de 30 de agosto de 2010 (ANA, 2010a), comentou que a expansão verificada sinalizava para a possibilidade de que mais água deveria ser alocada para irrigação, em

detrimento da geração de energia. Porém, entendeu-se que não havia fundamento legal imediato para tal realocação, em vista de não haver tal priorização, seja na forma de leis ou de planos de recursos hídricos. De tal maneira que este documento fez uma análise do valor econômico da água na bacia do São Marcos para o setor de irrigação e de geração de energia e os comparou. Como resultado, recomendou-se que seria coerente economicamente realocar água do setor de geração de energia para o setor irrigante, somente no caso de irrigantes com eficiência relativamente alta.

A Nota Técnica nº 104/2010/GEREG/SOF-ANA, em 30 de agosto de 2010 (ANA, 2010b), também trouxe subsídios à elaboração do marco regulatório na bacia do rio São Marcos e propôs uma estratégia de compatibilização dos usos concorrentes pela Área Irrigada Equivalente por Pivô Central (AIEPC) máxima na proporção de 52% em Goiás e 47% em Minas Gerais, como unidade de alocação a ser adotada. A referida Nota Técnica ressaltou a necessidade de compromisso dos órgãos gestores estaduais com competência de emitir outorgas na bacia devendo ser dada prioridade à regularização de pivôs existentes e ainda não outorgados. Foi recomendada a continuidade da verificação dos órgãos gestores pelo atendimento da disponibilidade hídrica e a revisão da outorga da UHE Batalha, além da realização de diligências junto aos estados de Goiás e Minas Gerais, no sentido de replicar institucionalmente o Marco Regulatório nos respectivos órgãos gestores.

Dando prosseguimento, a ANA estabeleceu o Marco Regulatório do Uso da Água na bacia do São Marcos, pactuado entre os órgãos gestores de recursos hídricos dos Estados de Goiás e Minas Gerais, conjuntamente com a ANA, por meio da Resolução nº 562, de 25 de outubro de 2010 (ANA, 2010c). Frise-se que posteriormente houve a revisão da outorga concedida a UHE Batalha por meio da Resolução nº 564, de 25 de outubro de 2010 (ANA, 2010d), que alterou as vazões de usos consuntivos definidos em ANA (2008).

No ano de 2012 teve a publicação da Nota Técnica nº 51/2012/GEREG/SER-ANA, em 10 de abril de 2012 (ANA, 2012), que tratou da análise de uma proposta do IGAM, órgão gestor de recursos hídricos do estado de Minas Gerais, para definição de vazões mínimas na confluência dos rios de seu domínio com o rio São Marcos. Demonstrou-se que as vazões de entrega definidas ferem normativos estabelecidos pela ANA, a exemplo do ANA (2010c), por permitir que o estado mineiro outorgasse acima da vazão/área irrigada alocada a ele. Tais delimitações levariam à inviabilidade hídrica de empreendimentos outorgados nos rios federais e à insuficiência de vazão

afluente para a operação da UHE Batalha. Reafirmou-se, portanto, com a análise deste documento, pela validade do Marco Regulatório do uso da água na bacia do São Marcos.

Em 2012 foi constituída, pela Portaria ANA nº 78/2012, a Comissão Especial de Acompanhamento da Gestão de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Marcos (CEA), com a finalidade de propor a revisão, o acompanhamento e a fiscalização do cumprimento do marco regulatório. Em decorrência da criação da CEA, instituiu-se, por exemplo, a Portaria CTPI nº 17, em 10 de maio de 2012 (CBH-Paranaíba, 2012), que formalizou a criação do Grupo Técnico de Trabalho, GT São Marcos, e definiu as providências para seu funcionamento.

Ainda neste ano houve a emissão da Licença de Operação nº 1109/2012, em 23 de novembro de 2012 (IBAMA, 2012), pelo IBAMA à Empresa Furnas Centrais Elétricas S.A.; uma das condicionantes que possibilitou a entrada em operação da UHE Batalha no ano de 2014.

No ano de 2013 publicou-se o Plano de Recursos Hídricos e do Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (PRH-Paranaíba), (ANA,2013a), que destacou o fato de as vazões disponibilizadas pelo marco regulatório da bacia do São Marcos para usos consuntivos terem sido extrapoladas pelas demandas existentes. Tal cenário motivou a revisão periódica do marco, através da negociação entre os órgãos gestores e os usuários, cumprindo a missão do Plano de articular os atores sociais para garantir a oferta da água e orientar a gestão do recurso. Como produto do PRH-Paranaíba foram produzidos os Planos de Ação de Recursos Hídricos (PARHs) para cada UGH da bacia do rio Paranaíba, dentre eles o PARH São Marcos, ANA (2013b), que também apontou diversos trechos de rio com demanda superior à disponibilidade hídrica nesta região devido a expansão da irrigação.

A Portaria ANA nº 62, de 26 de março de 2013 (ANA, 2013c), declarou de especial interesse para a gestão de recursos hídricos, segundo o balanço hídrico quali-quantitativo, trechos em corpos hídricos de domínio da União, dentre esses trechos, o Rio Samambaia, e seu afluente federal pela margem esquerda, e o Rio São Marcos, da nascente até UHE Batalha na bacia do São Marcos pertencente à Região Hidrográfica Paraná. Adicionalmente, a Portaria CTPI nº 20, de 23 de agosto de 2013 (CBH-Paranaíba, 2013), substituiu a CBH-Paranaíba (2012); passando a ser atribuição do GT - São Marcos: elaborar análise de contexto dos conflitos relacionados aos recursos hídricos na bacia do São Marcos, elaborar ações previstas no Plano referente a bacia do São Marcos e apresentar relatório indicando as estratégias e as ações necessárias a solução dos conflitos.

Conforme o Histórico de Operação (ONS, 2020) a UHE Batalha entrou em operação despachando centralizadamente no SIN no mês de abril de 2014. No ano de 2016, com o conflito devidamente instaurado e impactando cada vez mais os direitos de uso de recursos hídricos, o CBH-Paranaíba posicionou-se por deliberações para definir prioridades de uso na bacia. Dentre os referidos normativos, a Deliberação nº 60/2016, de 10 de março de 2016 (CBH-Paranaíba, 2016a), e Deliberação nº 70/2016, de 15 de dezembro de 2016 (CBH-Paranaíba, 2016b), definiram a prioridade para outorga de direito de uso dos recursos hídricos a montante da UHE Batalha no rio São Marcos para o uso da água superficial na irrigação, observado o disposto no inciso VIII do artigo 7º da Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997). Tal inciso delimita como conteúdo dos Planos de Recursos Hídricos as prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos, que em nível de bacia devem ser definidas, em princípio, pelos comitês de bacia hidrográfica por meio de suas funções consultiva e deliberativa.

Em 2017, o CBH-Paranaíba instituiu por meio da Portaria CTPI nº 30, de 22 de fevereiro de 2017 (CBH-Paranaíba, 2017), GT para proposição de diretrizes para regulação de usos da bacia do rio São Marcos visando a garantia dos usos múltiplos. O referido normativo estabeleceu como atribuições do GT propor limites para irrigação na bacia, propor diretrizes aos órgãos gestores para regularização dos usos da água instalados e propor eventual redução de vazão outorgada à UHE Batalha, buscando manter sua garantia física e propor diretrizes para a regulação dos usos na bacia.

Em 2018, o CBH-Paranaíba aprovou as diretrizes para a regulação de usos na bacia do rio São Marcos por meio da Deliberação nº 88/2018, de 27 de março de 2018 (CBH-Paranaíba, 2018). Como decorrência elevou-se a vazão limite para os usos consuntivos a montante da UHE Batalha, reduzindo-se para tanto a vazão reservada para geração de energia. Além de, com vistas à obtenção da regularidade no atendimento das obrigações impostas em decorrência do acordo de gestão, os órgãos gestores deveriam fomentar os processos coletivos de gerenciamento local dos recursos hídricos por sub-bacia. Tais processos foram exemplificados pela identificação dos usos implantados e revisão dos valores concedidos de outorga, alocação negociada, racionalização da irrigação e reservação coletiva das águas excedentes.

No ano seguinte, em 2019, o São Marcos foi selecionado como um dos vinte e seis Polos Nacionais, áreas especiais de gestão dos recursos hídricos para a agricultura irrigada em escala nacional, de acordo com a Portaria nº 1.082/2019/MDR, de 25 de abril de 2019 (MDR, 2019), que estabelece a iniciativa Polos de Agricultura Irrigada do Governo Federal, e, portanto, salienta a

relevância da região e as estratégias de incentivo do setor sob a ótica do desenvolvimento regional. Em nível de bacia, o CBH-Paranaíba pela Deliberação nº 106/2019, de 27 de junho de 2019 (CBH-Paranaíba, 2019), aprovou cenário considerando a implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos em bacias hidrográficas afluentes ao rio Paranaíba, dentre elas a São Marcos. Normativo que visou assegurar viabilidade financeira para a manutenção de entidade delegatária na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, considerando a implementação com horizonte a partir de 2020.

Adicionalmente, a ANA por meio do Comunicado nº 11, em 02 de setembro de 2019 (ANA, 2019b), informou a contratação de empresa especializada em serviços técnicos em apoio às ações de gestão e regulação de usos de águas na bacia do rio São Marcos. Entende-se que esta é uma ação que tende a permitir atualização da caracterização atual do conflito e, assim, nortear ações que promovam maior segurança hídrica para os usuários presentes e futuros do recurso.

Mais recentemente, em 2020, de 21 de setembro a 05 de novembro foi aberta a Consulta Pública nº 5/2020 (BRASIL, 2020), para obter sugestões da sociedade para a revisão do Marco Regulatório do Uso da Água nos Corpos Hídricos Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos. A proposta da resolução conjunta da ANA, ADASA, IGAM, SEMAD/MG e SEMAD/GO é de limite máximo outorgável de uso consuntivo médio anual na porção da bacia localizada a montante da UHE Batalha de 13,61 m³/s, definindo coeficientes de consumo médios anuais como parâmetros para verificação do limite para uso cuja finalidade é irrigação, discriminado por sistemas, e para as demais finalidades. Há também a exigência de eficiência mínima de 85% para emissão de outorga para irrigação, e o estabelecimento de que os titulares da outorga, independentemente do domínio, devem instalar e manter sistema ou equipamento de medição que permita o monitoramento das captações de água.

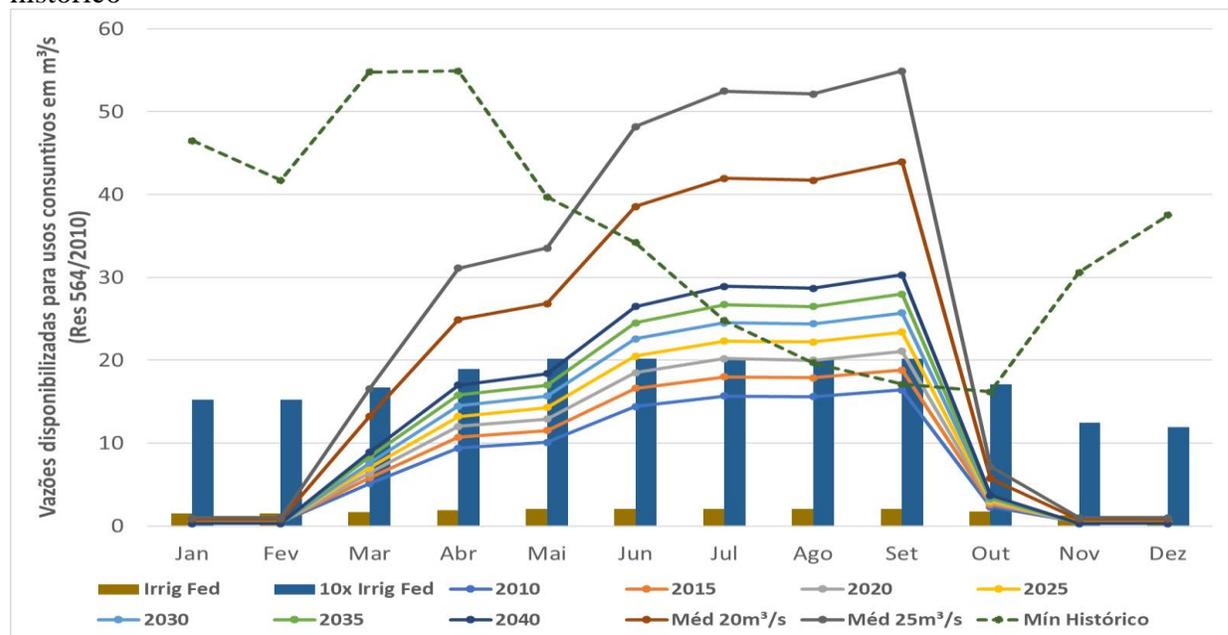
5 Dilemas

Propõe-se uma análise acerca dos dilemas envolvidos para os limites de vazão de usos consuntivos a montante da UHE Batalha do ano de 2010 até o ano de 2040, em intervalos de 5 anos, de acordo com a Resolução nº 364, de 29 de agosto de 2005 (ANA, 2005), que concedeu a DRDH à hidrelétrica em questão e foi o único normativo que delimitou a sazonalidade para as vazões, e com a Resolução nº 564, de 25 de outubro de 2010 (ANA, 2010d), cujos limites de vazão compreendem o intervalo em estudo. Adicionalmente, fez-se séries para os limites de 20 m³/s e 25 m³/s de vazão outorgada para os usos consuntivos, tendo em vista a vazão máxima outorgável de

20,86 m³/s obtida no trabalho de Silva e Hora (2015). Frise-se que as referidas autoras adotaram o limite de 70% da Q₉₅ estabelecido na Resolução n° 542, de 03 de novembro de 2004 (ANA, 2004), para o órgão gestor federal.

A análise proposta é complementada com a utilização dos dados dos irrigantes federais outorgados a montante da UHE Batalha apresentados em ANA (2010a), propiciando a comparação da distribuição sazonal dos irrigantes, bem como da sua demanda por vazões. Tais irrigantes ocupam uma área de 8.145,92 ha, o que representa 12% da projeção da área para o ano de 2010 apresentada em ANA (2014). Considerou-se, portanto, que uma aproximação de dez vezes o número de irrigantes federais, seria uma hipótese razoável para comparação durante o horizonte de tempo projetado. A Figura 6 representa graficamente as vazões médias mensais reservadas aos usos consuntivos a montante da UHE Batalha do ano de 2010 até o ano de 2040, de acordo com ANA, (2010d) e a sazonalidade delimitada em ANA (2005), comparativamente com as vazões mínimas do histórico.

Figura 6– Vazões médias mensais reservadas aos usos consuntivos a montante da UHE Batalha do ano de 2010 até o ano de 2040, de acordo com Resolução ANA n° 564/2010 e a sazonalidade da Resolução ANA n° 364/2005, comparativamente com as vazões mínimas do histórico



Fonte: Dados obtidos da Nota Técnica n° 103/2010/GEREG/SOF-ANA, ANA (2010a), e da Resolução n° 564/2010, ANA (2010d). Elaborada pela autora.

A partir da referida figura observa-se que para os meses de novembro a fevereiro as vazões destinadas aos usos múltiplos a montante da UHE Batalha são mínimas, indicando o planejamento de que o setor irrigante se concentre mais durante os meses de março a outubro. Fato que pode ser observado na distribuição nos irrigantes federais, mas que, contudo, ao se considerar a perspectiva de dez vezes o número de usuários, acaba por apresentar uma demanda hídrica maior do que os limites da distribuição apresentada na DRDH. Comparativamente com a perspectiva do ano de 2010 até 2040 de ANA (2010d), as vazões de dez vezes os irrigantes federais superam a maior parte do tempo os limites disponibilizados, à exceção dos meses de junho a setembro, em que se supera somente até o ano de 2025.

Outro ponto de análise é a comparação com as vazões mínimas da série histórica da vazão afluente à UHE Batalha com as séries anuais de projeção das vazões destinadas aos usos consuntivos. Observa-se que para os meses de julho, agosto e setembro a partir da série do ano de 2025 preveem-se reservas da vazão maiores do que o mínimo histórico, o que poderia indicar a perspectiva de ocorrência de um balanço hídrico negativo na região, tendo em vista a demanda ser maior do que a oferta.

Por fim, as hipóteses de demanda hídrica média anual de 20 m³/s e de 25m³/s configuram-se como situações críticas para a reserva de disponibilidade frente a série mínima de vazões para os meses de junho a setembro, apresentando demanda próxima ao maior patamar de março e abril. Porém, apresentam-se com uma maior margem de alocação de água e de planejamento para o setor irrigante, tendo em vista a dificuldade do levantamento atualizado dos usuários que captam água na região acima do limite insignificante, a possibilidade de existência de reservatórios privados construídos a montante da UHE Batalha, e o sinalizado em OCDE (2015), que afirma que há a estimativa de que cerca de 40% dos usos da água na bacia do São Marcos não são regularizados.

Diante da contextualização e dos dilemas da bacia, do histórico de eventos, normativos, deliberações e portarias aplicados à gestão hídrica na região e do apresentado em ANA (2017), depreende-se que o conflito do São Marcos apresenta dentre seus desafios principais a gestão de quatro domínios da água, referente aos estados de Goiás e Minas Gerais, ao Distrito Federal e à União, cada um com seu órgão gestor, a saber SEMAD/GO, IGAM, ADASA e ANA. Atrelados a atuação do conselho estadual de recursos hídricos de Goiás e de Minas Gerias, conselho de recursos hídricos do Distrito Federal e conselho nacional de recursos hídricos, e dos comitês de bacia hidrográfica dos Rios Corumbá, Veríssimo e porção goiana do rio São Marcos (CVSM – GO), dos

Afluentes Mineiros do Alto Rio Paranaíba (PN1 - MG), do Afluentes do Rio Paranaíba no Distrito Federal (Paranaíba - DF) e do Paranaíba.

Frise-se, contudo, que este não é apenas um conflito institucional em função da complexidade de articulação entre os atores envolvidos, sendo o principal dilema a articulação entre os interesses locais e o interesse nacional, representados por duas políticas construídas a partir de diferentes perspectivas do uso da água e de prioridades para o recurso.

Dessa maneira, as referidas instâncias de governança da água sobrepõem as fronteiras entre as funções executiva, consultiva e deliberativa dos agentes envolvidos no conflito e demandam uma gestão mais robusta do recurso hídrico. A referida condicionante torna primordial o estabelecimento do uso racional econômico entre os agentes atrelado a promoção de segurança hídrica e do gerenciamento integrado da alocação de água. Esta integração poderia ser abrangida por um plano integrado para a bacia do São Marcos com as parcelas goiana e mineira e com o alinhamento entre os comitês de bacia e os órgãos gestores de recursos hídricos estaduais, em vistas a promover a eficácia das recomendações e da implementação das políticas de recursos hídricos específicas para todos os agentes econômicos.

O relatório da OCDE (2015) destaca como desafio no Alto São Marcos o gerenciamento da transição de um regime em que o recurso foi alocado de maneira excessiva para um arranjo sustentável. Para este apontamento tem-se como possível solução o estabelecimento de outorgas coletivas através de incentivos para o desenvolvimento não obrigatório de Associações de Usuários de Água (AUAs) e a operação multiuso do reservatório Mundo Novo a montante da UHE Batalha.

Por outorgas coletivas entende-se outorgas únicas para o setor, capazes de simplificar os requisitos de gestão por meio da transferência da responsabilidade gerencial para os usuários locais. OCDE (2015) argumenta que tal processo reduz o número de pontos de controle, abreviando o custo e o tempo de monitoramento pelo gestor de recursos hídricos, e aumenta a noção de que a alocação da água é um jogo de soma zero, em que os usuários que captam mais do que têm direito acabam restringindo o suprimento de água justamente alocada os demais. Contudo, deve-se resolver questões relacionadas a escala da AUA e à autorregulação dos detentores de outorga coletiva. Solução interessante para o São Marcos, tendo em vista que a dinâmica dos irrigantes da região envolve a gestão das outorgas de cada usuário, sua localização e uso efetivo, fatores atrelados a valorização para a venda de terrenos, a segurança para planejamento de cultivo de grãos e a construção de reservatórios de água.

Já a operação da barragem Mundo Novo como reservatório multiuso é apresentada pela OCDE (2015) como opção que catalisaria a integração dos planos setoriais aos planos de recursos hídricos e permitiria o envolvimento setorial na gestão da bacia hidrográfica. Contudo, seria preciso definir instrumentos para o gerenciamento multiuso, pois enquanto os atores envolvidos esperam geralmente por mais requisitos administrativos e regulatórios, as consultas e o intercâmbio voluntários direto entre as partes interessadas, intra ou intersetoriais, poderiam ser mais eficientes em termos de tempo e custos de transação. Portanto, a referida alternativa apenas remediaria a rivalidade de usos por meio de uma oferta maior de água pela regularização promovida pelo reservatório. De tal maneira que, permanece a necessidade de estabelecer-se uma governança hídrica conjunta entre os agentes, embasada em um monitoramento eficaz e alocação eficiente da água para garantir um balanço hídrico sustentável para a região.

Há ainda a possibilidade de estabelecimento de uma área especial de gestão na bacia. Tal opção configuraria um caso piloto para experimentar a descentralização da responsabilidade pela gestão dos rios federais, tendo em vista a dominialidade do rio São Marcos. Precedência que, segundo a OCDE (2015), necessita da avaliação da vontade de ambos os estados para assumir a responsabilidade de gerenciar o rio de forma coordenada e da sua capacidade de se engajar em tal esforço colaborativo.

De forma geral, as diversas soluções apresentadas para o conflito na bacia do São Marcos perpassam pela garantia de uma maior segurança hídrica aos atuais e futuros usuários da água. Sendo necessário o estabelecimento de uma base de dados de informações que possibilite o estabelecimento de limites de oferta na bacia, embasem uma realocação de água e uma priorização do recurso entre os setores e usuários individuais consistente com os planos para a bacia. Tal articulação carece de maior representatividade institucional dos irrigantes e de estabelecimento espaços para diálogos e mensuração do efeito econômico e impacto na segurança das ofertas hídricas regulamentadas na bacia.

6 Conclusão

A partir do exposto conclui-se que o conflito do São Marcos é complexo, ao envolver a dinâmica entre a relevância da agricultura irrigada na região e a garantia hídrica ao empreendimento de Batalha, pertencente a um setor prioritário nacionalmente. Cenário que demanda articulação regulatória das políticas setoriais e integração de mecanismos econômicos e

de recursos hídricos. Antes de se propor soluções efetivas relacionadas à eficiência ou à equidade, faz-se necessária, também, a adoção de medidas que perpassam pela construção de um diagnóstico sobre a situação atual e pela regulação dos usos vinculados à harmonia entre as competências estaduais e federal ao rio e seus afluentes. Procedimentos que tendem a garantir maior segurança hídrica aos usuários já instalados na bacia e aos que pretendem adentrar na região, além de permitir um planejamento de expansão de uso e instituição do instrumento de cobrança.

A pouca perspectiva acerca dos usos presentes na bacia no momento de outorga à UHE Batalha e posterior crescimento desordenado do setor irrigante, culminaram no descumprimento dos limites estabelecidos pelo marco regulatório e geraram insegurança aos agentes envolvidos no conflito. Desse modo, tornou-se primordial o aprimoramento da gestão pela realocação da água dentro do sistema hídrico por meio do estabelecimento de prioridades de uso, sensibilização dos cenários de oferta hídrica e uma pactuação efetiva entre os usuários. Contudo, vincula-se à dinâmica de usos estabelecida o duplo domínio da gestão da água na bacia, um desafio para as competências estaduais e federais relacionadas a alocação da água em rios conectados hidrologicamente, a exemplo do São Marcos. Cenário que oportuniza a adoção de uma área de gestão especial na bacia do São Marcos, por meio da delegação de algumas prerrogativas de alocação da água da ANA para os Estados, como estratégia de governança para a regulação da dicotomia dos usos.

Frise-se que a adoção do reservatório multiuso ou a instituição do instrumento de cobrança pelo recurso hídrico na bacia do Alto São Marcos por si só não promoverão alocações eficientes da água, sendo necessário o estabelecimento de critérios para a emissão de outorga e promoção de medidas que primem a otimização da alocação e orientem a priorização de uso, quando necessária. A rivalidade entre os usos carece de instrumentos de mensuração econômica das decisões institucionais que sinalizem aos usuários a escassez hídrica e tratem a água como bem econômico. De tal forma que, os limites normativos sejam fruto de uma articulação maior entre os representantes das instituições atuantes na bacia, e possam, assim ser respeitados e monitorados regularmente.

Assim, este trabalho procurou contribuir com o debate acerca do conflito hídrico no Alto São Marcos propondo uma caracterização da disputa entre os setores irrigante e elétrico de forma lúdica e consolidada, por meio da discriminação da governança hídrica da bacia, da apresentação da área, vazões disponibilizadas e demandadas para irrigação, e do dimensionamento dos

aproveitamentos hidrelétricos no rio São Marcos. Apresentou-se o histórico da evolução regulamentar dos principais normativos tangentes à bacia para consolidação do impacto das medidas mitigadoras e das relações entre os agentes e órgãos reguladores. Desse modo pode-se fomentar uma discussão sobre os dilemas e desafios impostos pela rivalidade de usos dentro do cenário de escassez hídrica da região.

Diante da problemática apresentada, insta entender como se configura a dinâmica da demanda e remuneração pelo recurso hídrico entre os agentes econômicos na bacia do Alto São Marcos. Considerando que a região é potencialmente um caso piloto para aplicação de instrumentos econômicos, tornam-se necessários estudos que mensurem o efeito econômico das vazões outorgadas a montante da UHE Batalha e delimitem seu custo de oportunidade contribuindo assim com o debate a respeito da realocação da água e priorização dos usos com eficiência.

7 Referências

- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 542, de 03 de novembro de 2004. Delega competência para deferimento de pedidos de outorga preventiva e de direito de uso de recursos hídricos, e dá outras providências. 2004
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 364, de 29 de agosto de 2005. Reserva de Disponibilidade Hídrica – ANEEL – AHE Paulistas/GO (UHE São Marcos – Bacia do rio Paranaíba). 2005
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 489, de 19 de agosto de 2008. Direito de Outorga – Transformar Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica em Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos à Furnas Centrais Elétricas S.A. (UHE São Marcos). 2008
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Nota Técnica nº 103/GEREG/SOF-ANA, em 30 de agosto de 2010. Considerações sobre valor econômico da água na bacia do rio São Marcos. 2010a
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Nota Técnica nº 104/2010/GEREG/SOF-ANA, em 30 de agosto de 2010. Subsídios à elaboração de Marco Regulatório na bacia do rio São Marcos. 2010b
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 562, de 25 de outubro de 2010. Direito de Outorga – Marco Regulatório do Uso da Água na bacia do São Marcos. 2010c

- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 564, de 25 de outubro de 2010. Direito de Outorga – Altera Resolução nº 489, de 19/08/2008 - Furnas Centrais Elétricas S.A (UHE São Marco e Batalha). 2010d
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Nota Técnica nº 51/2012/GEREG/SRE-ANA, em 10 de abril de 2012. Proposta de vazões de entrega do IGAM-MG. 2012
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Portaria ANA nº 78/2012
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba. 2013a
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Gestão Hídrica São Marcos. 2013b
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Portaria nº 62, de 26 de março de 2013. Declara de especial interesse para a gestão de recursos hídricos, segundo balanço hídrico quali-quantitativo, os trechos identificados em corpos hídricos de domínio da União listados nos Anexos I e II, desta Portaria. 2013c
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Subsídios para a discussão da compatibilização da geração de energia hidrelétrica com expansão da agricultura irrigada na bacia do rio São Marcos. Brasília, DF. 2014.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos: Priorização de Usos. Goiânia, GO. 2016
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. TDR para contratação de empresa para prestação de serviços técnicos de apoio à gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos a montante da UHE Batalha. Brasília, 43 p. abr. 2017
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Embrapa Milho e Sorgo. - 2. ed. - Brasília: ANA, 2019a
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Comunicado nº 11, de 2 de setembro de 2019. Contratação de empresa especializada em serviços técnicos em apoio às ações de gestão e regulação de usos de águas na bacia do rio São Marcos, conforme especificações constantes no Projeto Básico – Anexo I e demais anexos. Processo nº 02501.002411/2018-51. Brasília, DF. 2019b

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Edital de leilão n° 002/2005-

ANEEL. Contratação de energia proveniente de novos empreendimentos, com posterior outorga de concessão ou autorização, e dos empreendimentos enquadrados nos termos do art. 17 da Lei n° 10.848, de 15 de março de 2004, para o Sistema Interligado Nacional – SIN, no ambiente de contratação regulada – ACR. Brasília- DF. 26 de outubro de 2005.

BRASIL. Lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos

Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. [S.l.]: [s.n.], 1997.

BRASIL. Decreto n° 3.692, de 19 de dezembro de 2000. Dispõe sobre a instalação, aprova a

Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos Comissionados e dos Cargos

Comissionados Técnicos da Agência Nacional de Águas - ANA, e dá outras providências. 2000

BRASIL. Decreto de 25 de julho de 2006. Outorga concessão para exploração de potencial

hidráulico, por meio da usina denominada Usina Hidrelétrica Batalha, em trecho do Rio São

Marcos, nos Estados de Goiás e Minas Gerais, e dá outras providências. 2006

BRASIL. Aviso de Consulta Pública n° 5/2020. Minuta de Resolução Conjunta ANA, ADASA,

IGAM, SEMAD/MG e SEMAD/GO, que dispõe sobre as diretrizes para a regulação de uso de

recursos hídricos superficiais na bacia hidrográfica do rio São Marcos. Diário Oficial da União,

Seção III, Brasília, DF, ano 2020, n. 181, p.25, 21 set 2020. 2020

BOF, P.H. Uma proposta de instrumento de alocação negociada na bacia do rio São Marcos

baseada no valor econômico da água. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio

Grande do Sul, Instituto de Pesquisa Hidráulicas, Programação de Pós-Graduação em Recursos

Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

CAMPOS, J.N.B.; STUDART, T.M.C. Gestão de águas: princípios e práticas. Porto Alegre:

ABRH, 2001

CAMPOS, J.N.B.; STUDART, T.M.C.; COSTA, A.M. Alocação e realocação do direito de uso

da água: uma proposta de modelo limitado no espaço. Revista Brasileira de Recursos Hídricos,

Porto Alegre, v. 7., n. 2, 2002.

CUNHA, N. B. Modelagem da qualidade de água no Rio São Marcos, situado na Bacia

Hidrográfica ao Alto Paraná. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Uberlândia.

Faculdade de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Uberlândia-

GO.2019.

- CBH-Paranaíba - COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA (Uberlândia - MG). Portaria CTPI nº 17, de 09 de maio de 2012. Institui o Grupo Técnico de Trabalho GT - São Marcos e define as providências para o seu funcionamento. 2012
- CBH-Paranaíba - COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA (Uberlândia - MG). Portaria CTPI nº 20, de 23 de agosto de 2013. Substitui a Portaria da CTPI nº 17, de 09 de maio de 2012, que instituiu o Grupo de Trabalho GT - São Marcos e define as providências para o seu funcionamento. 2013
- CBH-Paranaíba - COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA (Goiânia - GO). Deliberação nº 60/2016, de 10 de março de 2016. Aprova calendário e procedimentos para definição de prioridades para outorga de direito de uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São Marcos a montante da UHE Batalha, em sua área de atuação, no âmbito do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. 2016a
- CBH-Paranaíba - COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA (Itumbiara - GO). Deliberação nº 70/2016, de 15 de dezembro de 2016. Define prioridade para outorga de direito de uso dos recursos hídricos a montante da UHE Batalha no Rio São Marcos. 2016b
- CBH-Paranaíba - COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA (Uberlândia - MG). Portaria CTPI nº 30, de 22 de fevereiro de 2017. Institui o Grupo de Trabalho para proposição de diretrizes para regulação de usos na bacia do rio São Marcos e define as providências para o seu funcionamento. 2017
- CBH-Paranaíba - COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA (Uberlândia - MG). Deliberação nº 88/2018, de 27 de março de 2018. Aprova diretrizes para regulação de usos na bacia do rio São Marcos. 2018
- CBH-Paranaíba - COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA (Goiânia - GO). Deliberação nº 106/2019, de 27 de junho de 2019. Aprova cenário considerando a implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos em Bacias Hidrográficas Afluentes ao Rio Paranaíba, visando assegurar viabilidade financeira para a manutenção de Entidade Delegatária na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. 2019
- FURQUIM, M. G. D.; ABDALA, K. De O. Caracterização Preliminar da Agricultura Irrigada em Cristalina-GO, a Estreita Relação Entre o Desenvolvimento Sustentável e o Crescimento Econômico. Irriga, Botucatu, 2016. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p129-134>

HARTMANN, P. A Cobrança pelo Uso da Água como Instrumento Econômico na Política Ambiental. Porto Alegre: Associação dos Ex-Bolsistas na Alemanha/RS, 2010.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Licença Prévia nº 222/2005. Expede Licença de Prévia ao empreendedor Furnas Centrais Elétricas S.A. relativa à Usina Hidrelétrica de Batalha, implantada no rio São Marcos, afluente da margem direita do rio Paranaíba, no limite entre os Estados de Minas Gerais e Goiás, englobando terras dos municípios de Paracatu/MG e Cristalina/GO. Processo administrativo nº 02001.003987/2003- 91. Brasília -DF. 06 de dezembro de 2005.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Licença de Instalação nº 499/2008. Expede Licença de Instalação ao empreendedor Furnas Centrais Elétricas S.A. relativa à Usina Hidrelétrica de Batalha, implantada no rio São Marcos, afluente da margem direita do rio Paranaíba, no limite entre os Estados de Minas Gerais e Goiás, englobando terras dos municípios de Paracatu/MG e Cristalina/GO. Processo administrativo nº 02001.003987/2003- 91. Brasília -DF. 2008

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Licença de Operação nº 1109/2012. Expede Licença de Operação ao empreendedor Furnas Centrais Elétricas S.A. relativa à Usina Hidrelétrica de Batalha, implantada no rio São Marcos, afluente da margem direita do rio Paranaíba, no limite entre os Estados de Minas Gerais e Goiás, englobando terras dos municípios de Paracatu/MG e Cristalina/GO. Processo administrativo nº 02001.003987/2003- 91. Brasília-DF, 23 de março de 2012.

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional. Portaria nº 1.082/2019/MDR, de 25 de abril de 2019. Estabelece a iniciativa Polos de Agricultura Irrigada como parte integrante das ações de implementação da Política Nacional de Irrigação e de incentivo ao desenvolvimento regional no âmbito do Ministério do Desenvolvimento Regional. Diário Oficial da União, Seção I, Brasília, DF, ano 2019, n. 82, p.25, 30 abr. 2019.

MME - Ministério de Minas e Energia. Contrato de concessão nº 002/2006-MME-UHE BATALHA. De uso de bem público para geração de energia elétrica, que celebram a União e a Empresa Furnas Centrais Elétricas S.A. Brasília-DF, 15 de agosto de 2006.

MORAES, M.M.G.A.; CIRILO, J.A.C.; SAMPAIO, Y.; ROCHA, S.P.V. - Gestão de recursos hídricos usando modelagem econômico-hidrológica integrada na identificação de alocação

- ótima de água entre usos múltiplos. – Revista de Gestão de Água da América Latina – volume 3 – nº1 – jan/jun 2006
- MOREIRA, M. C. SILVA, Demetrius David da. PRUSKI, Fernando Falco. LARA, Marcelo dos Santos. Índices para Identificação de Conflitos pelo Uso da Água: Proposição Metodológica e Estudo de Caso. Artigo. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.7. n.3.Jul/set,2012. Porto Alegre: RBRH, 2012
- OECD. Governança dos Recursos Hídricos no Brasil, OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/9789264238169-pt>. Paris.2015
- OLIVEIRA, Luiz F. C de; FIOREZE, Ana P. Estimativas de vazões mínimas mediante dados pluviométricos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.15, n.1, p.9–15, 2011.Campina Grande. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br>. Acesso: 12 de maio de 2017.
- ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2020. Resultados da Operação - Histórico da Operação. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- PCE. Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda.; SPEC Planejamento, Engenharia e Consultoria Ltda.; e Furnas Centrais Elétricas S/A. Estudo de Impacto Ambiental – AHE Paulistas: rio São Marcos (GO/MG): Rio de Janeiro AGRAR/Biodinâmica, 2005. 501p.
- PINHATI, Filipe Sampaio Casulari. Simulações de Ampliações da Irrigação por Pivô Central na Bacia do Rio São Marcos, 137 p., 297 mm, (UnB-GEA, Mestre, Gestão Territorial e Ambiental, 2018).
- ROGERS, P.; DE SILVA, R. D.; BHATIA, R. Water is an economic good: How to use prices to promote equity efficiency and sustainability. Water Policy, v. 4, n. 1, p. 1–17, 2002
- SADO, R.R.S; WARREN, M.S.; ROIG, H.L.R. Estimativa de irrigação por meio de sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do Alto São Marcos. Rev. Bras. de Cartografia, vol. 70, n. 3, julho/setembro, 2018. pp. 787-802. DOI: 10.14393/rbcv70n3-45700
- SILVA, L.M.C.; HORA, M.A.G.M. Conflito pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio São Marcos: o estudo de caso da UHE Batalha. ENGEVISTA, V. 17, n. 2, p. 166-174, Junho 2015
- SOARES, Sérgio Siqueira Prado, 1990- 2019 Conflitos no aproveitamento hídrico superficial na bacia hidrográfica do rio São Marcos, Alto Paranaíba [recurso eletrônico] / Sérgio Siqueira Prado Soares. – 2019

A dinâmica da curva de demanda e da remuneração da água no conflito do alto São Marcos

Resumo

A finitude do recurso hídrico como objeto de disputa entre agentes econômicos para o atendimento de uma demanda crescente leva a escassez hídrica e a instauração de conflitos em diversas bacias hidrográficas no Brasil, dentre elas a Alto São Marcos, cuja disputa é entre os setores de geração de energia, UHE Batalha, e de irrigação goiana, mineira e do distrito federal a montante do empreendimento. Assim, o objetivo deste trabalho é calcular o efeito econômico que as vazões consuntivas sobre o setor elétrico, delimitando seu custo de oportunidade atrelado à construção de curvas de demanda e à existência de um mercado consolidado para o setor elétrico. A metodologia empregada baseia-se nos trabalhos propostos por Machado (2009) e FGV (2003), a partir dos dados do histórico de operação do ONS e do histórico de preço de liquidação de diferenças consolidado pela CCEE. Calcula-se o valor econômico da água a partir do enfoque da UHE Batalha isolada e em cascata, insumo utilizado para delimitar o impacto na remuneração e na geração hidrelétrica das vazões consuntivas, e para embasar a construção das curvas de demanda hídrica. Assim sendo, a partir da execução metodológica, verificou-se a relevância estratégica da localização da UHE Batalha na valoração hídrica, bem como o impacto remuneratório e energético, associado ao crescimento da agricultura irrigada. Por meio da sobreposição das curvas de demanda para os setores econômicos, propôs-se um instrumento que mensura graficamente o custo de oportunidade da alocação da água e delimita regiões de maximização do benefício econômico social. Resultados que deferem maior instrução para políticas intersetoriais e tomadas de decisões pelos órgãos gestores diante cenários monetários de priorização, compensação e realocação eficiente da água.

Palavras-Chave: Valor econômico da água; Gestão de recursos hídricos; Conflito São Marcos.

Abstract

The finitude of the water resource as an object of dispute between economic agents to meet a growing demand leads to water scarcity and the establishment of conflicts in several hydrographic basins in Brazil, among them Alto São Marcos, whose dispute is between the sectors of generation of water. Energia, HPP Batalha, and irrigation in Goiás, Minas Gerais and the federal district upstream of the project. Thus, the objective of this work is to calculate the economic effect that the consumptive flows on the electricity sector, delimiting its opportunity cost linked to the construction of demand curves and the existence of a consolidated market for the electricity sector. The methodology used is based on the works proposed by Machado (2009) and FGV (2003), based on data from the ONS operation history and the difference settlement price history consolidated by CCEE. The economic value of water is calculated from the focus of the UHE Batalha isolated and in cascade, an input used to delimit the impact on the hydroelectric generation and generation of consumptive flows, and to support the construction of water demand curves. Therefore, from the methodological execution, the strategic classification of the location of the Batalha HPP in the water valuation was verified, as well as the remuneration and energy impact, associated with the growth of irrigated agriculture. By overlapping the demand curves for the economic sectors, an instrument was proposed that graphically measures the opportunity cost of allocating water and delimits regions for maximizing social economic benefit. Results that defer greater instruction for intersectoral policies and recovery of decisions by Organs managing bodies monetary scenarios of prioritization, compensation and reallocation of water.

Keywords: Economic value of water; Water resources management; St. Mark's conflict.

1 Introdução

A água sempre foi, é e sempre será o principal fator de produção e objeto de disputa entre os diversos agentes econômicos em âmbito local, nacional e mundial. No Brasil, o crescimento das demandas hídricas resulta em riscos de ocorrência de balanço hídrico negativo e em um menor atendimento à demanda por água em diversas regiões do País. Tal panorama nos leva a questionarmos a respeito da dinâmica de usos do recurso hídrico e a aplicabilidade de instrumentos econômicos na alocação de água.

A finitude desse bem e a gestão de sua oferta culminam na existência de diversos conflitos hídricos. Referidas conjunturas oportunizam a discussão de políticas intersetoriais, a incorporação de critérios econômicos e a delimitação de prioridade de usos concomitante à garantia de segurança hídrica. Abordagem aludida na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) por Brasil (1997), ao delimitar que em situações de escassez o uso da água para consumo humano e dessedentação animal deve ser priorizado, e que a função dos Planos de Recursos Hídricos (PRH) como instrumento de planejamento perpassa a definição de prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos para o enfoque de bacia hidrográfica, estado e país. Complementarmente, Almeida e Curi (2016) destacam como um dos desafios do gerenciamento de recursos hídricos a gestão da oferta e demanda da água para a política de alocação do recurso. Tendo em vista, a alocação da água como mecanismo que compatibiliza as disponibilidades hídricas de uma bacia aos usos da água em seus diversos setores econômicos.

Dentre os diversos conflitos configurados no País, destaca-se o no alto da bacia de São Marcos entre os setores de geração de energia e de agricultura irrigada. A disputa pelo recurso hídrico existente é protagonizada pelos irrigantes dos estados de Minas Gerais (MG), Goiás (GO), Distrito Federal (DF) e União, que utilizam majoritariamente a técnica do pivô central, e pela Usina Hidrelétrica (UHE) Batalha. O conflito implica em desequilíbrios hídricos que impactam a segurança hídrica e energética da bacia, oportunizando aos instrumentos econômicos, por meio da alocação de água, valorar economicamente o recurso e permitir adicionar racionalidade econômica às tomadas de decisão de forma associada ao instrumento de outorga da PNRH.

O objetivo deste trabalho é mensurar o efeito econômico que as vazões outorgadas a montante da UHE Batalha teriam sobre o setor elétrico a partir da definição do valor econômico da água. Delimitando a partir de um modelo de custos o custo de oportunidade das outorgas, o que

permite propiciar um auxílio à atuação dos instrumentos de gestão e regulação implantados na bacia do São Marcos.

2 Contexto Geográfico e Econômico da bacia do São Marcos

A bacia hidrográfica do rio São Marcos localizada na região hidrográfica do Paraná é marcada pelo uso competitivo entre a agricultura irrigada, sobretudo por pivô central, e a geração de energia por aproveitamentos hidrelétricos conectados ao sistema interligado nacional.

Para fins de melhor contextualizar o objeto de estudo serão apresentados a área de estudo, a usina hidrelétrica Batalha, o sistema interligado nacional e o preço líquido de diferenças, este último reflexo do custo de produção de um MWh de energia adicional para o sistema.

2.1 Área de estudo – RH Paraná e Bacia São Marcos

O caderno de conjunturas dos recursos hídricos do Brasil (ANA, 2015) tipifica a Região Hidrográfica Paraná (RHP), delimitada por uma área de 879.873 km² que equivale a 10% do território nacional, como a região de maior desenvolvimento econômico do país, fazendo com que possua as maiores demandas por recursos hídricos do país. Esta RHP está dividida em onze bacias hidrográficas, dentre elas a bacia do Paranaíba, em que está inserido o rio São Marcos, cuja elevada demanda hídrica para a agricultura irrigada é responsável por 42% do total de demandas da RHP.

Já como demandas hídricas não consuntivas, a região se destaca pelo seu potencial hidrelétrico aproveitado que é da ordem de 41.560 megawatts (MW), 47,5% do total instalado no país e 68,4% do potencial total disponível, segundo ANEEL (2013). Dentre as hidrelétricas presentes na região, destaca-se a UHE Ilha Solteira e UHE Itaipu, com grandes valores de potência instalada, e a UHE Batalha, usina instalada no rio São Marcos, de baixa potência instalada se comparada as anteriores, porém localizada a montante de toda a cascata de aproveitamento hidrelétrico e com capacidade de regularização de vazão.

O uso competitivo entre a irrigação e a geração de energia no alto da bacia do São Marcos constitui um conflito apontado em ANA (2015) com um dos principais temas da RHP, tendo em vista o impacto sobre a redução de 5% da energia firme da UHE Batalha e a limitação para crescimento da agricultura irrigada na região. Tal conflito também foi descrito no Plano de

Recursos Hídricos do Paranaíba (PRH), conforme ANA (2013), que destacou o domínio compartilhado do recurso hídrico entre GO, MG, DF e União.

Conexo a estas observações, ANA (2014) ressaltou a demora em perceber que, se não fosse feita a ocupação da bacia do São Marcos de forma planejada e integrada pelos setores de irrigação e geração de energia, gerar-se-ia tensões e conflitos em torno dos recursos hídricos, uma vez que, nesta bacia, o sentido de essencialidade da água é realçado por aspectos econômicos e sociais raramente observados em outras regiões brasileiras.

O conflito instaurado demandou a elaboração do marco regulatório para a bacia do rio São Marcos, Resolução nº 562, de 25 de outubro de 2010 (ANA, 2010a), em que, por meio da discussão entre a ANA, DF e os estados de GO e MG sobre o gerenciamento dos recursos hídricos, sobretudo a montante da UHE Batalha, estabeleceu-se limites de vazão média anual consumida de forma integrada na bacia para cada Estado. Como subsídio para a elaboração do marco regulatório, a Nota Técnica nº 104/210/GEREG/SOF – ANA, de 30 de agosto de 2010 (ANA, 2010b), destacou que as outorgas em rios federais da bacia, como é o caso dos rios Samambaia e São Marcos, já ocupariam toda a vazão de usos consuntivos previstos para o ano de 2010.

Na referida Nota Técnica apresentou-se duas possíveis soluções para compatibilizar o consumo de água para irrigação com a Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH) para geração hidrelétrica: a redução do consumo a montante da UHE Batalha, até que se iguale ao previsto na DRDH para a hidrelétrica; ou revisão da DRDH de forma a ampliar a vazão reservada aos usos consuntivos para a produção energética, com possíveis reavaliações pela ANEEL. Dentre as alternativas, a ANA considerou a revisão da DRDH a mais razoável, tendo em vista as consequências para as economias de Cristalina, Paracatu, Unaí e do Distrito Federal, grandes polos irrigantes, a janela para alteração do valor da energia assegurada alocado à UHE Batalha devido aos cinco anos da assinatura do contrato de concessão, e que a adoção deveria pressupor também uma restrição ao crescimento do consumo em relação aos níveis atuais, de forma a não prejudicar mais ainda a geração de energia.

A revisão da outorga da hidrelétrica Batalha culminou na redução de 5% na produção esperada de energia e não solucionou o conflito, em parte porque para controlar as áreas de terras irrigadas requer-se uma dependência de informações e o uso das melhores técnicas disponíveis, bem como da eficiência da água, conforme enumerado em OCDE (2015), aspectos que ainda não

foram sanados, tendo em vista que cerca de 40% dos usos da água no São Marcos não são regularizados.

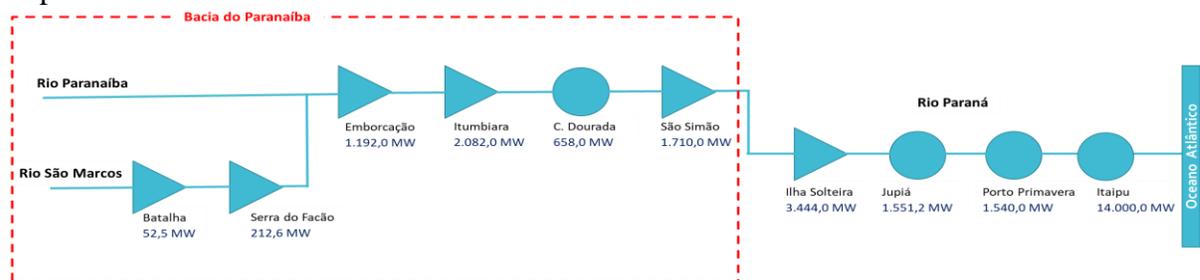
Em síntese, a situação na bacia permanece sem solução. E, consoante ao entendimento de OCDE (2015), tem-se que o desafio principal é administrar as consequências da evolução desordenada do suprimento de energia e irrigação, provocadas pela falta de visão sobre a alocação de usos concorrentes em uma bacia hidrográfica. Um cenário que inclui a falta de planejamento setorial integrado acrescido com os desafios específicos de falta de receitas, inclusive recursos para apoiar um comitê de bacia, e a adoção de abordagens distintas para o estabelecimento das vazões de referências dentro das diferentes jurisdições. Assim, o conflito hídrico entre os setores de geração hidrelétrica e agricultura irrigada, inclui também potenciais conflitos adicionais entre os próprios irrigantes como resultado da redução da oferta do recurso.

2.2 Usina hidrelétrica de Batalha

A UHE Batalha é a usina de cabeceira do rio São Marcos, um rio federal pertencente à bacia hidrográfica do rio Paranaíba e à Região Hidrográfica do rio Paraná (RHP). A exploração de seu potencial de energia hidráulica é regulada pelo Contrato de Concessão nº 002/2006 e concedida a Furnas Centrais Elétricas S.A. pelo período de 35 anos. O empreendimento entrou em operação em abril de 2014 e caracteriza-se pela potência instalada de 52,5 MW e garantia física de energia, de acordo com o disposto no art. 2º do Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004 (BRASIL, 2004), de 48,8 MW.

A água que da UHE Batalha deflui, passa por uma sequência de usinas hidrelétricas na RHP, conforme ilustrado pelo diagrama esquemático apresentado pela Figura 1.

Figura 1 - Diagrama esquemático das usinas hidrelétricas a partir da UHE Batalha até UHE Itaipu



Fonte: Dados obtidos do diagrama esquemático das usinas hidroelétricas do SIN. (ONS,2020d). Elaborado pela autora.

A referida figura apresenta os aproveitamentos analisados com foco no curso principal percorrido pela água, de forma que um metro cúbico turbinado em Batalha também produz energia em Serra do Facão, Emborcação, Itumbiara, Cachoeira Dourada, São Simão, Ilha Solteira, Jupia, Porto Primavera e Itaipu. Há diversos incrementos de rios e, por conseguinte, aproveitamentos hidrelétricos, contudo, como se visa à construção de uma valoração para a água afluyente à UHE Batalha, simplificou-se a configuração de forma a priorizar os principais aproveitamentos na análise.

Outro ponto a ser ressaltado é a classificação das usinas hidrelétricas, distinguindo-se entre as de fio d'água (círculo) e as de acumulação (triângulo). Segundo Fujisawa (2016) este é um fator que influencia diretamente no planejamento da operação eletroenergética, já que a operação das hidrelétricas consiste em decidir o armazenamento de água nas usinas de reservatório, pois para aquelas de fio d'água, toda vazão afluyente é turbinada ou vertida, restringindo a possibilidade de decisão da regulação do uso. Portanto, a presença dos reservatórios possibilita escolher a quantidade de água a ser turbinada em cada intervalo de tempo, desde que se respeitem os limites operativos.

2.3 O Sistema Interligado Nacional (SIN) e o Preço Líquido de Diferenças (PLD)

A UHE Batalha e as demais usinas representadas na cascata em estudo estão inseridas no Sistema Interligado Nacional (SIN), um sistema hidro-termo-eólico de grande porte dividido em quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte interligados por uma malha de transmissão. As usinas termelétricas geralmente são localizadas nas proximidades dos centros de carga e são despachadas em função das condições hidrológicas vigentes, garantindo segurança e gestão da água armazenada (ONS, 2019).

A operação destes subsistemas é realizada centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), que tem papel primordial na gestão centralizada do despacho hidroenergético frente ao regime de afluências, usos consuntivos e segurança elétrica do país. Visto que a interligação por linhas de alta tensão entre os subsistemas permite que haja intercâmbio de energia gerada e complementariedade dos regimes sazonais de afluência em cada região para despachar a energia excedente e comprar/importar energia para suprir a escassez hídrica para geração elétrica.

A operação do SIN é responsável pela formação do preço da energia elétrica, este subdividido por subsistema e fruto de simulações do modelo NEWAVE e DECOMP pelo ONS.

Segundo CCEE (2019) o NEWAVE é o modelo de otimização para o planejamento de médio prazo (até cinco anos), com discretização mensal e representação a sistemas equivalentes. Seu objetivo é determinar a estratégia de geração hidráulica e térmica em cada estágio que minimiza o valor esperado do custo de operação para todo o período de planejamento. E o DECOMP é o modelo de otimização para o horizonte de curto prazo (até 12 meses), que representa o primeiro mês em base semanal, as vazões previstas, a aleatoriedade das vazões do restante do período através de uma árvore de possibilidades (cenários de vazões) e o parque gerador individualizado (usinas hidráulicas e térmicas por subsistemas). Seu objetivo é determinar o despacho de geração das usinas hidráulicas e térmicas que minimiza o custo de operação ao longo do período de planejamento, dado o conjunto de informações disponíveis (carga, vazões, disponibilidades, limites de transmissão entre subsistemas, função de custo futuro do NEWAVE). Os principais resultados desse modelo são os despachos de geração por usina hidráulica e térmica de cada submercado, e os custos de operação para cada estágio por patamar de carga. Trata-se do Custo Marginal de Operação (CMO) do sistema, que é associado a uma variação marginal da carga oriunda da demanda por energia.

O CMO é o principal insumo para o cálculo do PLD - preço que valora os montantes liquidados de energia elétrica no mercado de curto prazo¹, apurado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), por submercado, conforme determina o inciso V do art. 2º do Decreto nº 5.177/2004 semanalmente e por patamar de carga, de acordo com o disposto no art. 57 do Decreto nº 5.163/2004. Além disso, o PLD é limitado por um preço máximo e mínimo vigentes para cada período de apuração definidos anualmente pela ANEEL e para cada submercado. (ANEEL, 2020).

Segundo a Resolução Normativa nº 109, de 26 de outubro de 2004 (ANEEL, 2004), em seu anexo quanto às definições, os submercados são divisões do SIN para as quais são estabelecidos PLDs específicos e cujas fronteiras são definidas em razão da presença e duração de restrições relevantes de transmissão aos fluxos de energia elétrica no SIN.

A Bacia do São Marcos pertence ao submercado Sudeste/Centro-Oeste (SE/CO) e o conjunto de hidrelétricas a jusante perpassam uma grande extensão hídrica, desde a bacia do

¹Mercado de Curto Prazo - MCP: denominação do processo em que se procede à contabilização e liquidação financeira das diferenças apuradas entre os montantes de energia elétrica seguintes: a) contratados, registrados e validados pelos agentes da CCEE, cujo registro tenha sido efetivado pela Câmara; e b) de geração ou de consumo efetivamente verificados e atribuídos aos respectivos agentes da CCEE; (ANEEL, 2014)

Paranaíba à Bacia do Paraná, logo, tem-se a influência de dois submercados do SIN, o SE/CO e o sul. Contudo, como a maior parte do sistema de interesse está sob a influência do submercado SE/CO e como este apresenta comportamento similar quanto ao regime hídrico do submercado SUL, adotou-se este como parâmetro para a análise do trabalho. Constituindo-se como uma referência para o valor da água, pois auxiliará na delimitação do custo de oportunidade de se utilizar a água estocada nos reservatórios ao invés do despacho de usinas térmicas e usos múltiplos.

3 Metodologia

O trabalho em questão busca definir o valor econômico da água na geração de energia na bacia do São Marcos a partir do enfoque da UHE Batalha isolada no sistema e em conjunto com as usinas hidrelétricas a jusante desta até o desaguamento no oceano, durante o intervalo de tempo do ano de 2014 ao ano de 2019. O referido intervalo deve-se ao início da operação da UHE Batalha em 2014 até os dados anuais mais recentes referentes aos parâmetros energéticos do empreendimento.

Segundo FGV (2003), a unidade de uso da água para o setor hidrelétrico é medida em termos da produtibilidade hídrica, associando a geração de energia garantida a cada unidade de vazão que passa pelas turbinas. O que permite comparar o valor para o usuário do setor elétrico – “não consuntivo” - com o valor para os demais usos “consuntivos”, já que o volume captado a montante do reservatório por estes usuários reduz a energia garantida associada à produção de energia elétrica.

Neste enfoque, Hora (2012) esclarece que, no que concerne a geração de energia, retiradas significativas de água a montante dos reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos reduzem as vazões afluentes, diminuindo a disponibilidade hídrica para jusante e a produção da usina. Assim, o gestor de recursos hídricos deve compatibilizar os usos de modo a garantir as demandas por água e a produção de eletricidade.

Iniciou-se o trabalho verificando o comportamento da vazão natural afluente [m^3/s] para a UHE Batalha e do PLD para o submercado SE/CO, com o objetivo de entender a dinâmica de afluência e preço da água em cada intervalo de tempo. Ressalte-se que os valores do PLD foram deflacionados para o mês de agosto de 2020 com vistas a uniformizar os valores monetários da série.

Com vistas a valorar economicamente a água e entender dinâmica acerca do ponto de vista isolado de uma usina hidrelétrica em relação ao aproveitamento global pelo conjunto de usinas a jusante do ponto de estudo, vide Figura 1, fez-se a mensuração da capacidade de produção energética por meio da produtividade média do sistema de cascatas. Metodologia que foi baseada nos trabalhos de Machado (2009) e FGV (2003), com as devidas adaptações.

Em seguida, fez-se o cálculo do valor da água conforme enunciado por Machado (2009) e apresentado na equação (1), contudo em vez de se utilizar o valor do CMO, adotou-se o valor do PLD. A escolha pelo PLD se deu devido a este parâmetro ter como insumo o próprio CMO, ser o preço usual para transações no mercado de curto prazo e parametrizado pela CCEE, de forma a ser efetivamente usado para transações de compensações contratuais das garantias de energias firmes das usinas hidrelétricas.

$$VA_{SetorElétrico} = \frac{PLD}{3600/\rho_{média}} \quad (1)$$

$VA_{SetorElétrico}$ = Valor da água para o setor elétrico	[R\$/m ³]
PLD = Preço de Liquidação de Diferenças	[R\$/MWh]
$\rho_{média}$ = Produtibilidade hídrica média	[MW/m ³ /s]

Prosseguiu-se com a mensuração do impacto econômico que a discrepância das vazões efetivamente afluentes ao reservatório da UHE Batalha têm sobre a remuneração do setor elétrico e sobre a geração energética na cascata de usinas. A referida assimetria foi verificada a partir dos dados de operação do ONS (ONS, 2020a), em comparação com o histórico de vazões naturais afluentes para o mesmo período.

Assumindo que a remuneração para o setor elétrico é equivalente à remuneração da cascata de usinas para o fluxo hídrico principal deste trabalho, e que esta se dá em função do valor econômico da água para cada mês, em cada ano de análise, obteve-se o valor monetário que a turbinagem da diferença hídrica entre o regime natural de afluência e a vazão afluente efetiva ao reservatório teria sobre o sistema, de acordo com a equação (2).

Considerando que esta diferença de vazão foi turbinada pelas usinas da cascata, ela seria capaz de produzir energia em todos estes aproveitamentos, de acordo com a produtividade média

calculada ($\rho_{média}$) nos tópicos anteriores. Ou seja, a geração de energia pode ser entendida segundo a equação (3):

$$Rem_{hídrica} = \sum_i VA_{SetorElétrico} \cdot Vz_{turbinada_i} \quad (2)$$

$$Rem_{hídrica} = \text{Remuneração hídrica para o setor elétrico} \quad [R\$]$$

$$Vz_{turbinada} = \text{Vazão turbinada} \quad [m^3/s]$$

$$G_{hídrica} = \sum_i \rho_{média_i} \cdot Vz_{turbinada_i} \quad (3)$$

$$G_{hídrica} = \text{Geração hídrica} \quad [MW]$$

$$\rho_{média} = \text{Produtibilidade média} \quad [MW/m^3/s]$$

$$Vz_{turbinada} = \text{Vazão turbinada} \quad [m^3/s]$$

$$i = \text{Usinas hidrelétricas na cascata}$$

Por fim, elaborou-se a curva de demanda para o setor elétrico a partir das remunerações estimadas para a geração de energia a partir de cada metro cúbico por segundo de água turbinado. Possibilitando mensurar a relevância econômica das restrições adotadas a montante do reservatório da UHE Batalha e assim entender o custo de oportunidade para o setor elétrico desta vazão turbinada.

4 Resultados

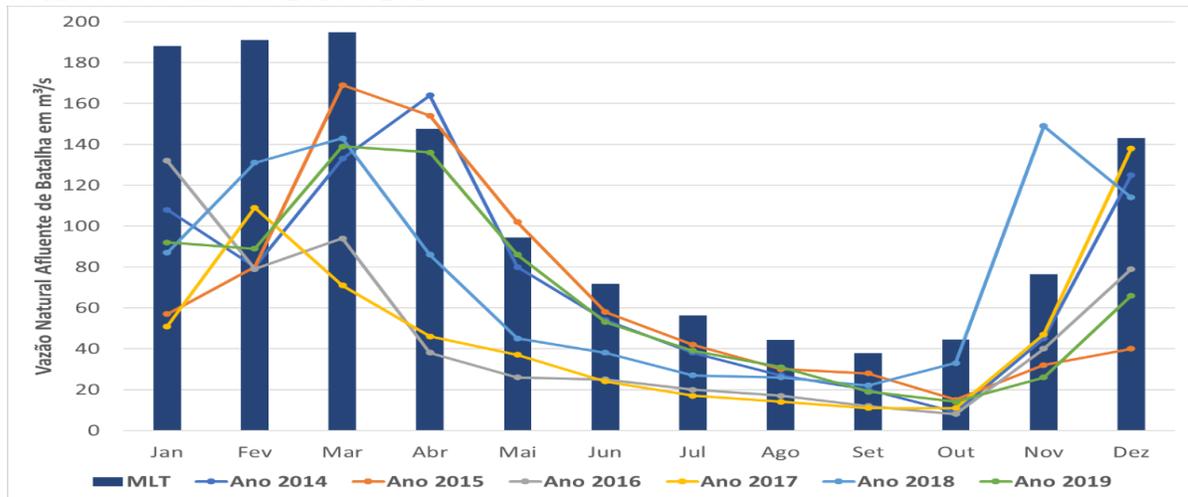
Com a finalidade de melhor compreensão a respeito dos resultados obtidos neste trabalho, serão apresentados os parâmetros agrupados conforme o procedimento descrito na metodologia. Analisando, sequencialmente, a vazão natural afluyente e o PLD, a produtibilidade hídrica média, o valor da água e remuneração e, por fim, a curva de demanda.

a. Vazão natural afluyente e PLD

Uma análise inicial deu-se sobre o comportamento da vazão natural para a UHE Batalha, cujos dados foram importados do portal do ONS (ONS, 2020a) a partir do histórico de operação. Segundo definição do ONS (2020b), a vazão natural é aquela que ocorreria em uma seção do rio se não houvesse, a montante, ações antrópicas na bacia, como a regularização de reservatórios, as transposições de vazão e as captações para diversos fins.

Adotou-se o horizonte de tempo do ano de 2014 a 2019 discretizado em intervalos mensais com vistas a obter uma análise sobre as variações de vazões mensais em cada ano em relação aos PLDs, considerando a entrada em operação da UHE Batalha no ano de 2014. A Figura 2 apresenta as referidas vazões naturais mensais.

Figura 2 – Vazões naturais mensais para a UHE Batalha, em metros cúbicos por segundo, para os meses dos anos de 2014 a 2019



Fonte: Dados obtidos pelo portal do ONS (ONS,2020a). Elaborada pela autora.

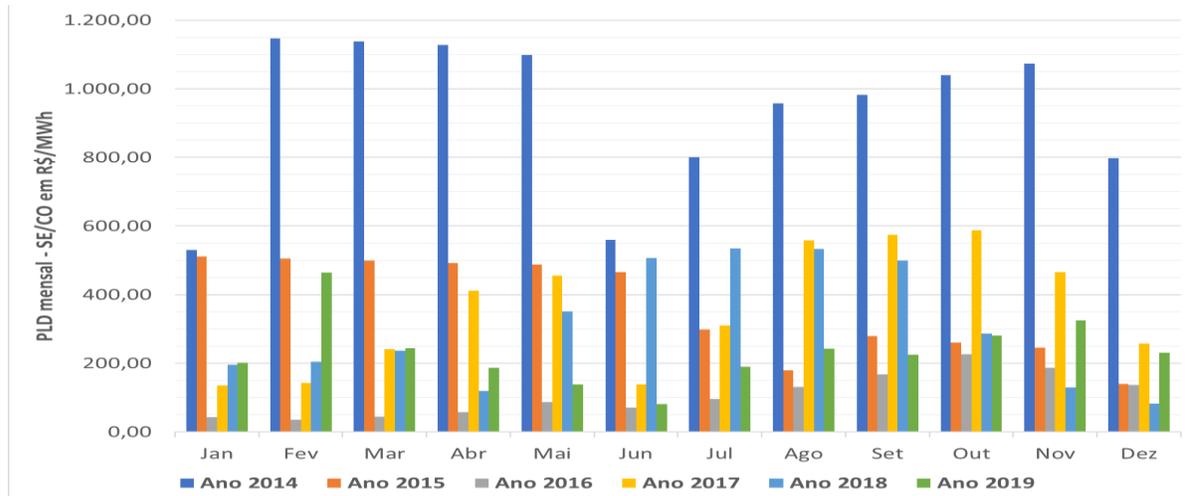
A referida figura permite observar a distinção entre o período úmido e o período seco para região, sendo maior a vazão natural afluyente entre os meses de dezembro a abril, e menor entre os meses de maio a novembro. Inseriu-se graficamente o valor da Média de Longo Termo (MLT), que é a média de vazões médias anuais para todo o histórico da série de dados e, segundo Alexandre e Martins (2005), caracteriza a maior vazão possível de ser regularizada em uma bacia, permitindo a avaliação dos limites superiores (abstraindo as perdas) da disponibilidade de água de um manancial.

Quanto à MLT, percebe-se a diferenciação entre os períodos úmido e seco, e que as séries anuais adotadas tendem a seguir seu comportamento, à exceção do mês de fevereiro, que nos anos de 2014, 2016 e 2019 apresentou um comportamento descendente de vazão. Observa-se que também houve meses de superação da MLT, como é o caso de abril de 2014 e de 2015 e de novembro de 2018, o que indica uma oferta maior de água que a média histórica.

Em seguida, fez-se o levantamento do PLD mensal em R\$/MWh para o submercado SE/CO para os anos de 2014 e 2019, valor calculado mensalmente pela CCEE, que considera os

preços semanais por patamar de carga – leve, médio e pesado – ponderado pelo número de horas em cada patamar e em cada semana do mês, divulgado em CCEE (2020) e apresentado na Figura 3 com os devidos ajustes de deflação.

Figura 3 – PLDs mensais para o submercado SE/CO, em R\$/MWh, para o período entre os anos de 2014 a 2019



Fonte: Dados obtidos pelo portal da CCEE (CCEE, 2020). Elaborada pela autora.

A variação dos valores dos PLDs, observados na referida figura, deve-se a busca pelo ponto ótimo entre a geração de energia elétrica e o armazenamento de água para uso futuro, tendo como insumos as previsões de chuva, demanda de energia, preço de combustíveis de usinas térmicas, estado de armazenamento dos reservatórios, previsão de crescimento econômico do país e, portanto, a operação de novos empreendimentos nos setores de geração e transmissão de energia. Em resumo, têm-se preços maiores de PLD quando o submercado apresenta pequenos volumes armazenados e previsões de pouca chuva, e preços maiores quando essas condições são favoráveis.

Os valores de PLD do ano de 2014 destacam-se em relação aos demais por alcançar valores da ordem de mil e cem reais por MWh, com dados deflacionados para agosto de 2020, o que indica situações adversas neste ano em relação a dinâmica de níveis de reservatório do SIN para o submercado SE/CO e a previsão de chuvas. Fato que implica na maior valorização da água gerada neste período, conforme se verificará.

b. Produtibilidade Hídrica Média

A produtibilidade hídrica é uma variável em função da produtibilidade específica característica de cada aproveitamento hidrelétrico, conjuntamente com a queda líquida e a vazão turbinada. Para o trabalho em questão foi adotado como parâmetro a produtibilidade média do conjunto turbina-gerador para cada aproveitamento hidrelétrico, definida pelo Procedimento de rede do ONS, sobre critérios para estudos hidrológicos (ONS, 2020c), como referente à queda obtida pela diferença entre o nível de montante, correspondente a um armazenamento de 65% do volume útil e o nível médio do canal de fuga.

A partir da disposição da cascata de usinas hidrelétricas a que pertence a UHE Batalha, a Tabela 1 apresenta as classificações, a potência instalada para os aproveitamentos, bem como os valores de produtibilidade média.

Tabela 1– Potência Instalada e Produtibilidade média para as UHEs da cascata do trabalho

Usina Hidrelétrica	Classificação	Potência Instalada (MW)	Produtibilidade média (MW/m ³ /s)
Batalha	Acumulação	52,5	0,361
Serra do Facão	Acumulação	212,6	0,659
Emborcação	Acumulação	1.192,0	1,117
Itumbiara	Acumulação	2.082,0	0,689
Cachoeira Dourada	Fio d'água	658,0	0,288
São Simão	Acumulação	1.710,0	0,628
Ilha Solteira	Acumulação	3.444,0	0,378
Jupia	Fio d'água	1.551,2	0,193
Porto Primavera	Fio d'água	1.540,0	0,173
Itaipu	Fio d'água	14.000,0	1,048

Fonte: Dados de potência instalada obtidos pelo Diagrama Esquemático das Usinas Hidrelétricas do SIN (ONS, 2020d). Elaborada pela autora.

Observa-se, a partir da referida tabela, que as usinas hidrelétricas que possuem menor valor de produtibilidade média tendem a ser aquelas que se caracterizam como aproveitamentos a fio d'água, ou seja, aquelas que possuem menor capacidade de acumulação do reservatório. Contudo, a condicionante que implica em maior produtibilidade média é queda líquida e não a capacidade de regularização do reservatório, como é o caso da UHE Itaipu, que é usina fio d'água e conta com uma grande queda líquida de projeto de 118,4m, alcançando produtibilidade média de aproximadamente 1,05 MW/m³/s.

Conclui-se, portanto, que quanto maior a produtibilidade média, maior a potência gerada por metro cúbico por segundo turbinado, na usina, para armazenamento de 65% de volume útil. Situação que não necessariamente se relaciona com a potência instalada no aproveitamento hidrelétrico, e sim, com a queda líquida estabelecida. Fato exemplificado pela UHE Batalha, que

apresenta valor de produtividade média próxima ao da UHE Ilha Solteira, apesar desta ter 65 vezes a capacidade instalada da primeira, o que indica que ambas têm eficiências semelhantes de produção energética para cada metro cúbico por segundo turbinado até o limite de suas potências instaladas.

O somatório das produtibilidades da cascata de usinas em análise equivale a 5,56 MW/m³/s, o que indica que um fluxo de água de metro cúbico por segundo que passa por todas as usinas dessa cascata durante uma hora produz 5,56 MWh de energia. Já na UHE Batalha esse valor é de 0,36 MWh, o que corresponde 6,5% da geração. Atrelado à localização estratégica da UHE Batalha a montante do rio São Marcos e do conjunto de usinas a jusante depreende-se que a UHE Batalha possui relevância frente à produtividade média da cascata e à gestão da água para a geração hidrelétrica.

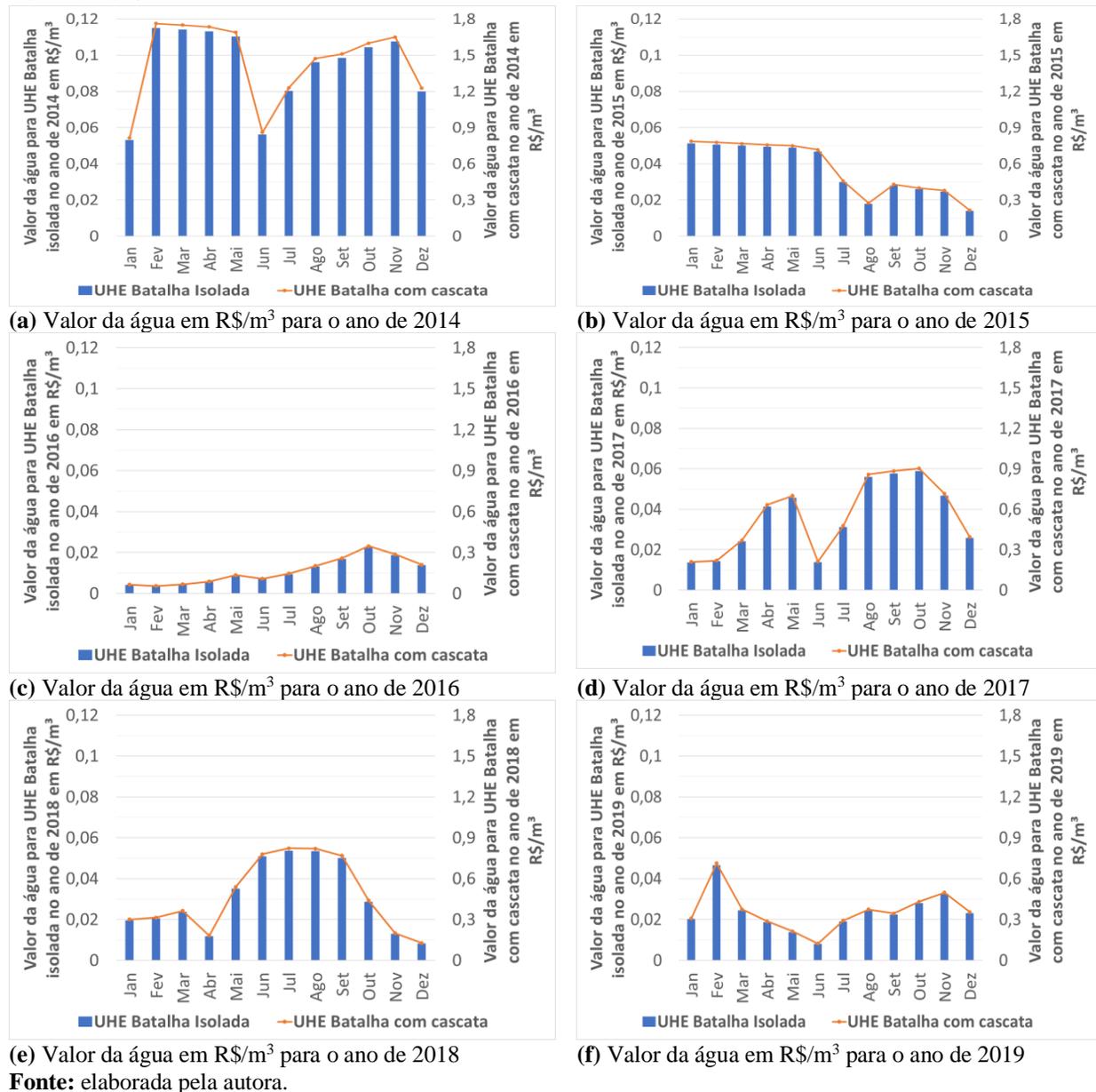
c. Valor da Água e Remuneração

Para se calcular o valor da água para o conjunto de aproveitamentos, utilizou-se o valor do PLD em R\$/MWh para o submercado SE/CO no período entre 2014 a 2019, discriminados mensalmente.

O valor da água indica o preço em reais para cada metro cúbico de água. Ao considerarmos o PLD em reais por MWh de energia gerada, temos, como exemplo, durante uma hora que o agregado de usinas da Tabela 1 produz 5,56 MWh com um fluxo de água de metro cúbico por segundo. O que equivale a dizer que, em uma hora, têm-se 650,34m³/MWh de volume turbinado. O valor da água é obtido dividindo-se o PLD por essa última relação, o que para um PLD hipotético de cem reais por MWh, ter-se-ia o valor da água de 0,1538 reais por metro cúbico.

Calculou-se o valor da água sob o enfoque da UHE Isolada no sistema e da cascata hídrica, representada na Figura 1, de forma a evidenciar o valor econômico do recurso sob cada óptica, conforme exposto na Figura 4.

Figura 4 – Valor da Água comparativo para o sistema isolado e em cascata para os anos de 2014 a 2019



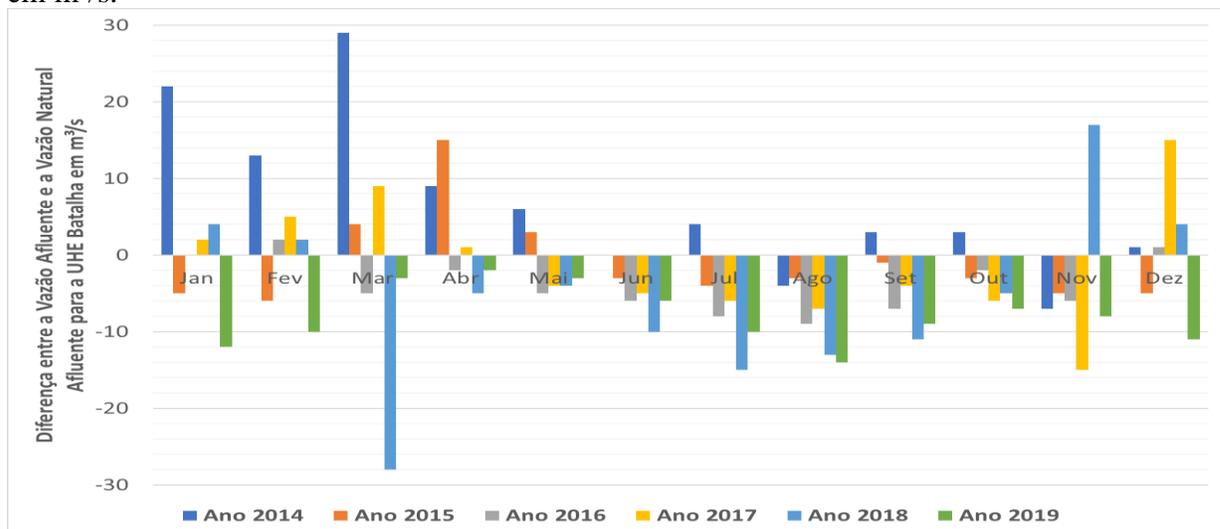
Observando a referida figura, pode-se verificar que comparativamente, o valor da água para o sistema considerando a UHE Batalha isoladamente, é bem menor do que o valor incorporando a possibilidade de aproveitamento do recurso por toda a cascata de usinas hidrelétricas a jusante. Diferença que explicita a valoração que um metro cúbico de água (no início da cascata) tem sobre todo o sistema, apresentando, portanto, um custo de oportunidade maior (do ponto de vista do potencial de aproveitamento por todas as hidrelétricas) a jusante na cascata.

Parâmetro que será considerado para as análises deste trabalho, tendo em vista a interligação da UHE Batalha ao SIN, sua localização a montante dos demais aproveitamentos e, portanto, potencial de gestão do recurso hídrico para o sistema.

Outro aspecto a ser esclarecido é a respeito da variação do valor da água nos diversos anos. Este apresentou maiores valores no ano de 2014 (figura 4a) e menor em 2016 (figura 4c), um reflexo do comportamento do PLD para o submercado no período. Além disso, tem-se que alguns dos meses de menor regime de afluência, a exemplo de maio a novembro, nem sempre apresentaram PLD maiores, situação que indica que o subsistema SE/CO provavelmente foi beneficiado por intercâmbio de energia de outro subsistema em detrimento de uma maior complementação térmica, o que teria resultado em aumento do PLD, caso ocorresse. Tal fator, de intercâmbio entre os subsistemas não foi considerado no estudo, sendo um limitador para os resultados, porém, ressalta-se que usualmente a diferença de PLD entre os subsistemas é mínima, devido à política de intercâmbio de energia, o que não invalida as análises do referido trabalho.

A partir do valor econômico da água para cada mês, em cada ano de análise, focou-se em verificar a influência econômica que os usos múltiplos têm no sistema elétrico. Para isso foi levantada as vazões efetivamente afluentes ao reservatório da UHE Batalha a partir dos dados de operação do ONS (ONS, 2020a) e comparado com o histórico de vazões naturais afluentes para o mesmo período de tempo (vide Figura 2), a diferença entre estes valores pode ser verificada na Figura 5.

Figura 5 – Diferença entre a Vazão Afluente e a Vazão Natural Afluente para a UHE Batalha em m^3/s .



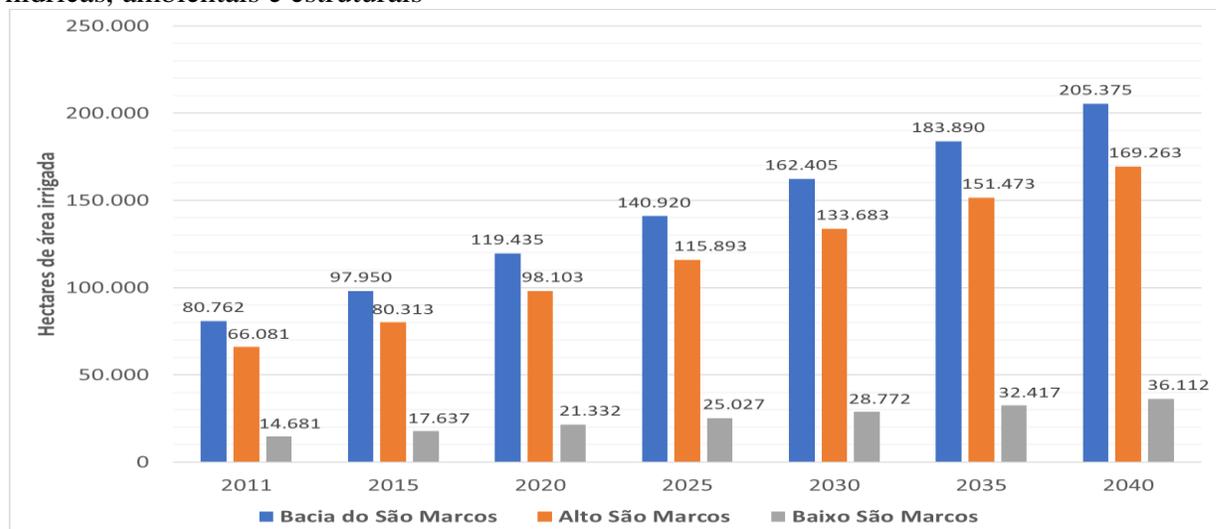
Fonte: Dados obtidos pelo portal do ONS (2020a). Elaborada pela autora.

A partir da observação da referida figura, verifica-se que majoritariamente o período entre os meses de maio a outubro, apresenta déficits em relação à vazão natural afluyente, o que pode ser interpretado como o impacto que os usos múltiplos a montante do reservatório da UHE Batalha teriam sobre o regime de afluência, além de ações antrópicas, como o represamento de água, por exemplo. Visto que, por Batalha ser uma usina de cabeceira, os valores das vazões naturais afluentes correspondem às vazões incrementais, ou seja, às vazões laterais captadas entre um posto de medição e todos os postos a montante.

Sabe-se que o início de operação desta hidrelétrica deu-se em maio de 2014 e que a agricultura irrigada a montante desta vem se intensificando desde então. Poder-se-ia então ser observado o perfil mais negativo de disponibilidade frente ao histórico de vazões que não consideram a ação antrópica na seção do rio São Marcos, que se configurou, sobretudo, a partir do ano de 2015.

Além disso, em ANA (2014) foi apresentada a perspectiva de crescimento da área irrigada para o período de 2011 a 2040 elaborada com base nos anos entre 1986 a 2011, sem restrições hídricas, estruturais ou ambientais. Tal projeção de crescimento pode ser observada na Figura 6.

Figura 6 – Perspectiva de crescimento da área irrigada na bacia do São Marcos para o período de 2011 a 2040, elaboradas com base no histórico de crescimento e sem considerar restrições hídricas, ambientais e estruturais

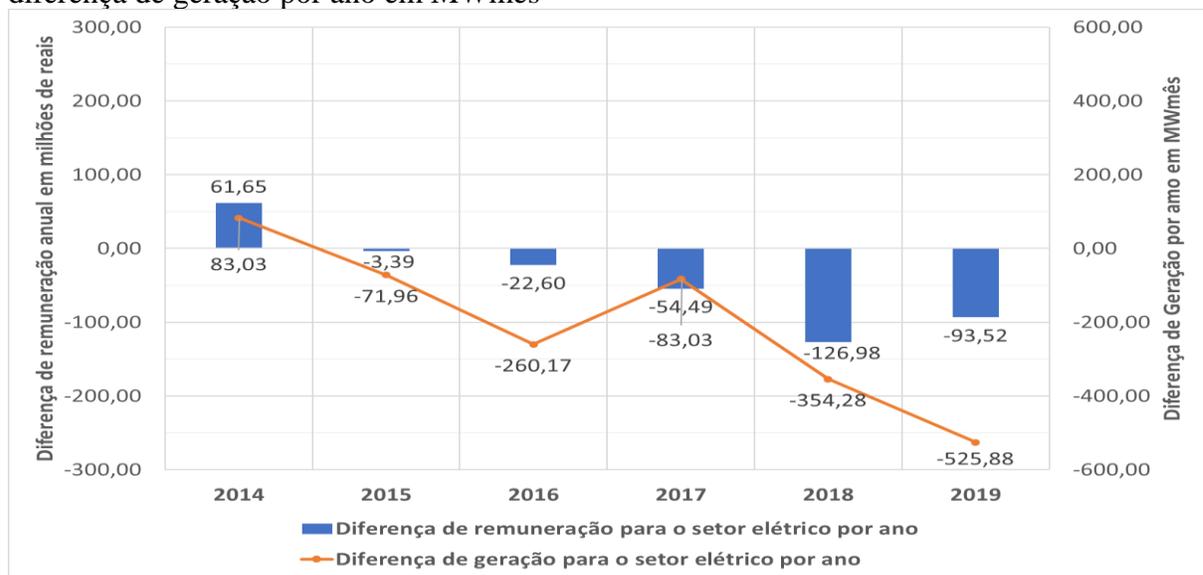


Fonte: Dados obtidos em ANA (2014). Elaborada pela autora.

A partir da observação da referida figura, observa-se que a região do Alto São Marcos, que representa a região montante a UHE Batalha, tem um perfil de expansão crescente até o ano de 2025 e tende à expansão nos períodos seguintes. Contudo, o comportamento padrão de 82% de representatividade do Alto São Marcos frente ao total na bacia do São Marcos se mantém continuamente. Padrão que indica o quão representativo é o setor irrigante nesta região e como os usos múltiplos a montante da hidrelétrica poderiam estar se intensificando devido ao crescimento dos pólos irrigantes.

Em seguida, delimitou-se o efeito econômico na remuneração do setor elétrico baseado no valor da água e o efeito sobre a geração energética na cascata que esta discrepância de vazões teria sobre o sistema. Com os resultados dos valores de remuneração e geração hídrica calculados nas equações (2) e (3), assumindo que cada hidrelétrica turbinaria a mesma vazão turbinada na UHE Batalha, e que esta vazão produziria energia em cada uma delas segundo sua produtividade média obteve-se a diferença de remuneração anual para o setor elétrico e a diferença de geração por ano em MWmês. A Figura 7 apresenta os referidos valores.

Figura 7 – Diferença de remuneração anual para o setor elétrico em cem milhões de reais e diferença de geração por ano em MWmês



Fonte: elaborada pela autora.

Observa-se na referida figura que somente o ano de 2014 obteve remuneração positiva para o setor elétrico, contudo, deve-se observar que este saldo poderia ser ainda maior, tendo em vista que a entrada em operação da UHE Batalha iniciou-se em abril de 2014 e não incorporou os valores

altos da água registrado dos meses anteriores. Adicionalmente, o setor irrigante a montante do aproveitamento hidrelétrico ainda estava em expansão.

Para os anos seguintes, a redução de renda é crescente, apresentando uma leve redução em 2019, o que indica um maior impacto sobre os usos consuntivos a montante do aproveitamento hidrelétrico sobre a oferta hídrica para a geração de energia e, portanto, remuneração do setor elétrico. Esta relação pode ser verificada também pelo eixo secundário, que representa a diferença de geração que essa discrepância líquida de vazão teria sobre o sistema em cascata.

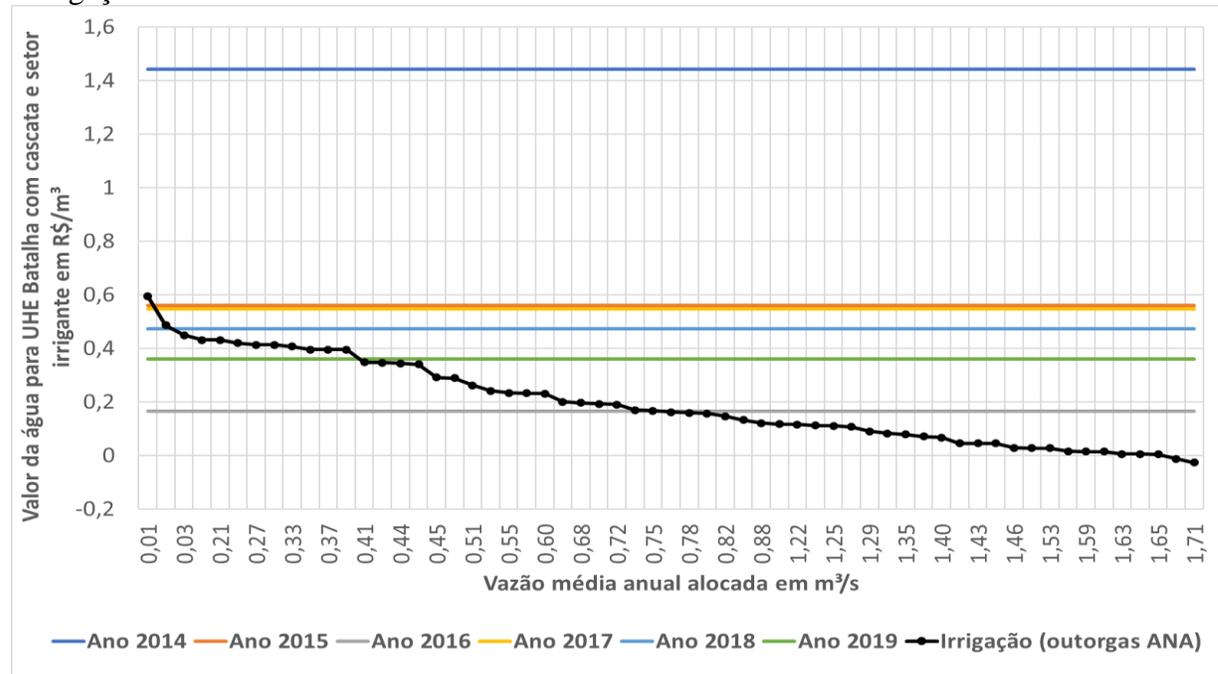
Ressalta-se que o comportamento crescente para o ano de 2017, em contramão ao dos outros anos, deve-se a uma discrepância menor entre a vazão afluyente e a vazão natural afluyente para aquele ano, o que levaria a uma menor desigualdade de vazão e em consequente uma menor geração com este déficit. Contudo, a remuneração mantém um comportamento decrescente devido ao valor que esse déficit teve para o período, representado pelo maior valor da água e, portanto, um PLD maior.

Por fim, sabe-se que, por representar 6,5% da produtibilidade média da cascata, a geração da UHE Batalha sobre a operação do sistema elétrico em questão, tem este impacto no acumulado dos aproveitamentos. Porém, por ser um reservatório de acumulação, permite a regularização das vazões à jusante e estar na cabeceira da cascata, as condições operativas a que está submetida se refletirão nos aproveitamentos sequenciais, o que faz com que a UHE Batalha assuma um papel chave na gestão da oferta e demanda na cascata, apesar de contar com uma remuneração local menor frente a cascata.

d. Curva de Demanda para geração de energia elétrica e irrigação

A partir da curva de demanda para os irrigantes federais outorgados no ano de 2010 apresentada na Nota Técnica nº 103/GEREG/SOF-ANA, em 30 de agosto de 2010 (ANA, 2010c), pode-se estabelecer uma comparação entre o valor médio anual da água para o setor elétrico calculado em tópicos anteriores dentro do intervalo de vazões alocadas para os irrigantes. O resultado desta abordagem comparativa pode ser observado na Figura 8 com a curva de demanda para geração de energia elétrica para UHE Batalha com cascata e irrigação no alto da bacia do São Marcos.

Figura 8 – Curva de demanda para geração de energia elétrica para UHE Batalha com cascata e irrigação no alto da bacia do São Marcos



Fonte: Dados das outorgas ANA obtidos da Nota Técnica nº 103/GEREG/SOF-ANA, ANA (2010). Elaborada pela autora.

As curvas de demanda apresentadas na referida figura dispõem sobre a ordem de alocação de cada metro cúbico de água disponível para cada agente em função de seu valor, e, portanto, do potencial de remuneração desta vazão. Tal configuração permite discutir escolhas racionais econômicas do ponto de vista da vazão média anual alocada para cada setor, por meio da maximização do benefício econômico.

Conforme exposto em ANA (2010), os usuários apresentados na curva de demanda para a irrigação são os presentes nos rios de domínio da União na bacia do São Marcos, a montante da UHE Batalha e outorgados pela ANA. Em que a disposição a pagar² pelo primeiro irrigante seria de até sessenta centavos por metro cúbico e decairia de acordo com o comportamento exposto na Figura 8.

Ao plotar as médias de valor da água para o setor elétrico em cada ano, considerando o benefício hídrico do sistema cascata adotado no trabalho, somente o ano de 2014 não interceptou

² A disposição a pagar (DAP) refere-se ao maior valor monetário que o indivíduo disponibiliza em prol da qualidade e preservação dos recursos ambientais. A disposição a pagar reflete a medida de valor (ou utilidade) que os consumidores atribuem às mercadorias que desejam comprar (MATTOS; MATTOS, 2004)

a curva de demanda para o setor irrigante. Tal fato indica que este foi um ano em que, preferencialmente, a vazão deveria ser alocada para a geração de energia pela UHE Batalha.

À medida que a interceptação com a curva de demanda dos irrigantes desloca-se para valores maiores de vazão média anual, maior deve ser a vazão alocada para o setor irrigante. De forma que, os anos de 2015 e 2017 devem alocar $0,01\text{m}^3/\text{s}$ nos rios federais da bacia do São Marcos para a irrigação, enquanto o ano de 2016, por exemplo, alocaria $0,73\text{m}^3/\text{s}$ para estes mesmos usuários, e o restante para a geração de energia. Esse comportamento reflete a valoração da água em cada ano por cada setor e indica políticas de alocação que poderiam ser adotadas a montante da UHE Batalha para buscar a eficiência econômica do recurso, ao distribuir água para os usuários que geram maior renda a depender do ano e da disposição teórica a pagar.

Por fim, ressalta-se que a montante da bacia está sujeita a outros usos consuntivos de outros municípios dos estados de Minas Gerais e Goiás, além de usos consuntivos não sujeitos a outorga da ANA, o que agregadamente pode interferir no montante de vazão anual consumida, bem como na remuneração obtida com ela, o que acaba por interferir no valor da água para estes usuários. Além disso, os valores médios de água para o setor elétrico consideraram a interligação da UHE Batalha com o sistema de cascatas interligado ao SIN, o que traz para o debate o benefício da alocação da água para todo o subsistema SE/CO e valora economicamente o poder de gestão que a usina a montante de acumulação tem sobre regularização da água para os demais aproveitamentos.

5 Conclusão

Obter a valoração econômica da água para a geração de energia elétrica é uma ferramenta de gestão que auxilia aplicação dos instrumentos ligados a Política Nacional de Recursos Hídricos e na modelagem da realidade econômica na qual a bacia hidrográfica está inserida. Isso porque ao se conhecer o valor da água, permite-se obter racionalidade econômica frente ao seu uso por diversos agentes. Fato que estruturado dentro de políticas intersetoriais, tais como a de recursos hídricos, do setor elétrico e do irrigante, possibilita tomadas de decisões frente a cenários monetários de impacto e compensação.

Os resultados dimensionaram o comportamento do valor econômico da água do ano de 2014 a 2019 a partir do mercado configurado para o setor elétrico e da configuração da cascata de usinas hidrelétricas a que pertence a UHE Batalha. A partir de então pode-se mensurar o impacto

que as outorgas no Alto São Marcos têm sobre a remuneração e geração anuais do aproveitamento de Batalha, verificando-se o déficit crescente destes parâmetros com o acirramento do conflito na região. Ademais, por meio da comparação entre as curvas de demanda anuais do setor elétrico com a curva de demanda dos irrigantes federais outorgados no ano de 2010, apresentou-se um instrumento que permite visualizar graficamente e mensurar o custo de oportunidade da alocação de uma vazão média anual entre a irrigação e a geração de energia elétrica no Alto São Marcos.

Assim, este trabalho procurou contribuir com o debate acerca do conflito hídrico no Alto São Marcos trazendo uma análise acerca da curva de demanda para o setor elétrico diante dos aproveitamentos hidrelétricos principais a partir da UHE Batalha. Delimitando-se ainda a mensuração do custo de oportunidade por perfis de remuneração e geração verificado graficamente. Os referidos valores são reflexo de um mercado de preços estruturado na economia real para o setor elétrico, cujos preços são diretamente influenciados pelo despacho de usinas termelétricas no SIN diante de condicionantes climáticas e restrições operativas.

Desse modo acredita-se que a análise construída permita a elaboração de perfis de oferta e remuneração para o volume de água outorgado, de modo a estabelecer faixas de tomadas de decisões anuais entre o setor elétrico e de irrigação. Viabilizando, portanto, auxílio na gestão do bem e suporte às políticas públicas que estabeleçam ações que busquem equilíbrio econômico e eficiência na alocação da água.

Demanda-se na sequência estudar a aplicação de instrumentos econômicos e modelos que visem acrescentar racionalidade econômica ao cenário de priorização de usos e alocação de água na bacia do Alto São Marcos. Em vias de fomentar o diálogo entre as políticas setoriais e de recursos hídricos aplicado ao conflito do Alto São Marcos pela ótica de oferta, demanda e remuneração, para orientar o uso eficiente da água.

6 Referências

- ALEXANDRE, A.M.B., MARTINS, E.S. “Regionalização de Vazões Médias de Longo Período para o Estado do Ceará”, Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 10(3). 2005.
- ALMEIDA, M., CURI, W. Gestão do uso da água na bacia do Rio Paraíba, PB, Brasil com base em modelos de outorga e cobrança/Management of water use in the Paraíba River, PB, Brazil basin based on water grants and charge models, Revista Ambiente & Água, Oct-Dec 2016, Vol.11(4), pp. .989-1005, 2016.

- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 562, de 25 de outubro de 2010. Direito de Outorga – Marco Regulatório do Uso da Água na bacia do São Marcos. 2010^a
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Nota Técnica nº 104/2010/GEREG/SOF-ANA, em 30 de agosto de 2010. Subsídios à elaboração de Marco Regulatório na bacia do rio São Marcos. 2010b
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Nota Técnica nº 103/GEREG/SOF-ANA, em 30 de agosto de 2010. Considerações sobre valor econômico da água na bacia do rio São Marcos. 2010c
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba. Brasília. 2013.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Subsídios para a discussão da compatibilização da geração de energia hidrelétrica com expansão da agricultura irrigada na bacia do rio São Marcos. Brasília, DF. 2014.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial. Brasília. 2015.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. – Brasília, DF. 75 p.: il. 2019.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 109, de 26 de outubro de 2004. Institui a Convenção de Comercialização de Energia Elétrica. 2004
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 622, de 19 de agosto de 2014. Dispõe sobre as garantias financeiras e a efetivação de registros de contratos de compra e venda de energia elétrica, associados à comercialização no âmbito da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica e dá outras providências. 2014
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em:
http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/063/documento/formacao_do_pld_anexo.pdf. Acesso em: 23 jul. 2020.
- BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. [S.l.]: [s.n.], 1997.

BRASIL. Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. 2004

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Disponível em:

https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/metodologia_de_precos?_afLoop=434818682181723&_adf.ctrl-state=1b0inwe78w_1#!%40%40%3F_afLoop%3D434818682181723%26_adf.ctrl-state%3D1b0inwe78w_5. Acesso em 08 ago. 2019.

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Disponível em:

https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/precos_medios?_afLoop=166949383731902&_adf.ctrl-state=1481d77wdn_1#!%40%40%3F_afLoop%3D166949383731902%26_adf.ctrl-state%3D1481d77wdn_5. Acesso em: 18 jun. 2020.

FGV - Fundação Getúlio Vargas. Estudos econômicos específicos de apoio à implementação da cobrança para os setores agropecuário, industrial e hidrelétrico – Relatório técnico – Produto 4 – Versão Final. Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável, 48p, anexos. 2003.

FUJISAWA, C.H. Universidade Estadual de Campinas. Impacto da Congestão da Transmissão no Planejamento da Operação Energética de Sistemas Hidrotérmicos de Potência. 2016. 143p. Tese de Engenharia Elétrica. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Campinas, SP. 2016

HORA, M. A. G. M. Editora da Universidade Federal Fluminense - EDUFF. 2ª Edição.

Compatibilização da geração de energia em aproveitamentos hidrelétricos com os demais usos dos recursos hídricos. Niterói. v. 1. 102p. 2012.

MACHADO, B.G.F. Universidade de Brasília, Publicação PTARH. DM-121/2009. Análise econômica aplicada à decisão sobre alocação de água entre usos irrigação e produção de energia elétrica: o caso da Bacia do rio Preto. 2009. 160p. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, DF. 2009.

MATTOS, K. M. C.; MATTOS, A. Valoração econômica do meio ambiente: uma abordagem teórica e prática. São Carlos: Rima Fapesp, 2004.

OECD. Governança dos Recursos Hídricos no Brasil, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264238169-pt>. 2015

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2019. O que é o SIN? Disponível em: <http://ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>. Acesso em: 08 mai. 2019.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2020a. Resultados da Operação - Histórico da Operação. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao>. Acesso em: 20 jul. 2020.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2020b. Glossário – Vazão Natural Afluente. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/glossario>. Acesso em: 01 ago. 2020.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2020c. Procedimento de rede do ONS sobre critérios para estudos hidrológicos. Submódulo 23.5. Disponível em: <http://www.ons.org.br/%2FProcedimentosDeRede%2FM%C3%B3dulo%2023%2FSubm%C3%B3dulo%2023.5%2FSubm%C3%B3dulo%2023.5%202016.12.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2020.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2020d. Sobre o SIN – Mapas: Diagrama Esquemático das Usinas Hidrelétricas do SIN. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acesso em: 01 jul. 2020.

Proposição de um modelo hidro-econômico aplicado ao conflito hídrico no alto São Marcos utilizando otimização com programação não-linear para alocação de água

Resumo

O uso da água como principal insumo para a produção agropecuária e de energia elétrica costuma revelar conflitos entre os setores demandantes quando é relativamente escassa. Neste cenário, notabiliza-se o conflito na bacia do Alto São Marcos, devido a ineficiência de atendimento da demanda por água para o setor irrigante e elétrico. Assim, o objetivo deste trabalho é a construção e aplicação de um modelo hidro-econômico que otimize a alocação de água entre estes setores, e tenha como parâmetro o valor econômico do recurso definido pela maximização de lucros intersetoriais. A metodologia empregada foi inspirada nos trabalhos propostos por Fujisawa (2016) e Silva (2017), utilizando programação não linear sob as condições de contorno de Karush-Kuhn-Thucker (1951) em um cenário determinístico. Propõe-se uma função objetivo que minimiza o custo operacional de escassez dos perímetros irrigados ao passo que maximiza o benefício econômico da produção de energia. Os dados utilizados derivam dos normativos da ANA e do histórico de operação da hidrelétrica disponibilizado pelo ONS e pela CCEE. A partir dos resultados obtidos, verificou-se redução no valor da água para os irrigantes, considerando o valor outrora delimitado pela dinâmica real, sob a equivalente disponibilidade de insumos, indicação de eficiência da dinâmica sazonal proposta. Contudo, apesar da racionalidade econômica inserida, a reprodução da priorização do uso para setor irrigante, dentro dos limites estabelecidos, penalizou a remuneração e a geração da UHE Batalha. Assim, busca-se, com a modelagem, contribuir com a mensuração dos efeitos econômicos da alocação negociada de água.

Palavras-chave: Modelo hidro-econômico. Alocação de água. Rio São Marcos. Valor econômico água. Conflito Hídrico. Programação não-linear

Abstract

The use of water as the main input for agricultural production and electricity usually reveals conflicts between the demanding sectors when it is relatively scarce. In this scenario, the conflict in the Upper São Marcos basin is notable, due to the inefficiency of meeting the demand for water for the irrigating and electric sector. Thus, the objective of this work is the construction and application of a hydro-economic model that optimizes the allocation of water between these sectors, and has as a parameter the economic value of the resource defined by the maximization of intersectoral profits. The methodology employed was inspired by the works proposed by Fujisawa (2016) and Silva (2017), using non-linear programming under the Karush-Kuhn-Thucker (1951) boundary conditions in a deterministic scenario. An objective function is proposed that minimizes the operational cost of scarcity of irrigated perimeters while maximizing the economic benefit of energy production. The data used are derived from ANA regulations and the hydroelectric plant's operating history made available by ONS and CCEE. Based on the results obtained, there was a reduction in the value of water for irrigants, considering the value once delimited by the real dynamics, under the equivalent availability of inputs, an indication of the efficiency of the proposed seasonal dynamics. However, despite the economic rationale inserted, the reproduction of the prioritization of use for the irrigating sector, within the established limits, penalized the remuneration and generation of HPP Batalha. Thus, it seeks, through modeling, to contribute to the measurement of the economic effects of the negotiated allocation of water.

Keywords: Hydro-economic model. Water allocation. Saint Mark.

1 Introdução

O uso da água como principal insumo para a produção agropecuária e de energia elétrica costuma revelar conflitos entre estes dois setores demandantes, quando é relativamente escassa, e requer uma gestão eficiente de sua oferta. Tal panorama reacende o debate acerca do aprimoramento da dinâmica de usos da água, do diálogo entre as políticas setoriais e da aplicabilidade de instrumentos econômicos na alocação da água.

Embora o Brasil seja privilegiado em sua oferta hídrica, sua demanda não se distribui harmonicamente com a disponibilidade do recurso considerando os aspectos físicos, econômicos, políticos e sociais deste país continental, conforme destacado pelo Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil (ANA, 2019).

Neste cenário diversos conflitos de usos de recurso hídrico se configuraram no território nacional nos últimos anos, a exemplo do conflito no alto São Marcos entre o setor irrigante e elétrico. Tal conflito estrutura-se no rio São Marcos, um rio federal pertencente à bacia hidrográfica do rio Paranaíba, entre os irrigantes dos estados de Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal e União, que utilizam majoritariamente a técnica do pivô central, e pela usina hidrelétrica (UHE) Batalha pertencente ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

O São Marcos foi selecionado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) como um dos 26 Polos Nacionais, áreas especiais de gestão dos recursos hídricos para a agricultura irrigada em escala nacional, de acordo com a Portaria nº 1.082/2019/MDR, de 25 de abril de 2019 (MDR, 2019), que estabelece a iniciativa Polos de Agricultura Irrigada do Governo Federal, conforme apresentado em ANA (2020). Ao passo em que se atribui maior relevância para os pivôs centrais da região, tem-se como condicionante a outorga para geração de energia elétrica conferida à UHE Batalha, que limita a vazão de usos consuntivos a montante dela até o ano de 2040, final de sua concessão à Empresa Furnas Centrais Elétricas S.A..

A rivalidade dos usos traz à tona a discussão acerca da compatibilização do consumo de água para a irrigação com a reserva de disponibilidade hídrica para geração hidrelétrica, além da racionalidade econômica aplicada em um cenário de priorização de usos. Diante deste desafio, a aplicação de modelos hidro-econômicos emerge como ferramenta capaz de resolver o *trade-off* entre usos, mensurar efeitos econômicos das políticas intersetoriais e adicionar racionalidade econômica à alocação de água.

Com isso, objetivou-se neste trabalho a proposição e aplicação de um modelo hidro-econômico que otimize a alocação de água entre a geração hidrelétrica e a irrigação no conflito hídrico do Alto São Marcos, e tenha como parâmetro o valor econômico da água definido pela maximização de lucros intersetoriais.

2 Breve relato sobre o atual estado da arte

O relatório sobre mudança climática, água e economia publicado pelo World Bank Group (2016) reconhece o “nexo expandido da água”, no qual as fortunas dos setores de alimentos, energia, cidades e meio ambiente estão ligadas por uma dependência comum da água. Além disso, no referido relatório enumera-se três prioridades políticas abrangentes que podem ajudar a conduzir os países no caminho para uma economia com segurança hídrica e resiliência ao clima: a otimização do uso da água por meio de um melhor planejamento e incentivos; a expansão do abastecimento e disponibilidade da água, quando apropriado; e a redução do impacto de eventos climáticos extremos, sua variabilidade e incerteza. Quanto à otimização do uso da água, destaca-se que melhores maneiras de alocar a água entre os setores para usos de maior valor podem ser alcançadas por meio de planejamento e regulamentação ou por sinais de mercado, dentre eles instrumentos econômicos como preços e licenças comercializáveis. Em ambos os casos com salvaguardas para garantir o acesso da água às famílias e aos agricultores pobres, bem como ao meio ambiente. Ressalte-se que os fundamentos dos instrumentos econômicos de gestão estão presentes nos Princípios de Dublin (ICWE, 1992), na Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) e no Fórum Mundial da Água (GWP, 2000), e apresentam-se como dispositivos complementares aos modelos tradicionais.

Frise-se que, ao abordar o tema água, é importante esclarecer a diferença conceitual entre água e recursos hídricos. Granziera (2006) esclarece que a água constitui elemento natural do nosso planeta, assim como o petróleo, e, portanto, não possui qualquer valor econômico. É somente a partir do momento em que se torna necessária a uma destinação específica, de interesse para as atividades exercidas pelo homem, que se torna um recurso, pois é valorada economicamente. Destarte, Lemos e Lemos (2009) complementa que água é gênero, um bem ambiental de interesse difuso, enquanto que recurso hídrico é espécie. Desse modo, deve-se diferenciar que no direito, a água é classificada com bem público, cujo domínio nacional pertence às pessoas jurídicas de direito público interno que devem gerir o bem visando beneficiar a todos os que dele necessitam, enquanto

que na microeconomia, a água é tida como bem privado por não possuir características de não rivalidade e não exclusividade. Tais diferenças conceituais norteiam e permeiam este trabalho na busca para agregar maior racionalidade econômica na gestão do recurso hídrico por meio da alocação de água.

Neste enfoque, destaca-se a função da alocação de água como processo de gestão dentro da regulação dos usos múltiplos em regiões de conflitos. O referido processo de alocação busca garantir o uso comum do bem pelos usuários e estabelecer o uso controlado, visando o desenvolvimento sustentável. Ainda sob este enfoque, Moraes, Cirilo, Sampaio e Rocha (2006) esclarecem que a escassez de água exige que se formulem políticas para garantir uma alocação intersetorial eficiente do recurso, ao mesmo tempo em que se reverta sua degradação. Definindo uma alocação ótima ou ideal, por meio de modelagem, como uma referência para que se possam avaliar mecanismos econômicos de implementação que mais se aproximem do valor ótimo. Dessa forma, as decisões de políticas de alocação de água apropriadas podem se beneficiar diretamente da melhoria ou evolução da modelagem de alocação de água em nível de bacia.

Diante disso, tem-se que a otimização do uso do recurso hídrico atrelada a uma alocação ótima entre os usuários envolvidos numa dinâmica setorial, permite que políticas setoriais possam garantir segurança hídrica para o desenvolvimento econômico dos agentes e promover racionalidade econômica do consumo de água.

Como mecanismo econômico que mensure o impacto das políticas intersetoriais e auxilie a tomada de decisão para o planejamento e regulação dos recursos hídricos, têm-se os modelos hidro-econômicos. Silva (2017) salienta que tais modelos podem mensurar efeitos econômicos de diferentes regras operacionais, restrições ambientais, serviços ecossistêmicos, restrições técnicas e institucionais. Koch *et.al.* (2015) ressalta a possibilidade destes para mensurar o *trade-off* entre os usos, custos de escassez e benefícios, bem como preços-sombra de restrições institucionais e ambientais. Harou *et.al.* (2009), argumentam que modelos hidro-econômicos assentam-se sobre uma plataforma conceitual (BEAR, LEVIN e BURAS, 1964; GISSER e MERCADO, 1972; NOEL, GARDNER e MOORE, 1980) para gestão integrada de recursos hídricos em escala regional onde a água é alocada e gerida de forma a maximizar benefícios líquidos derivados de curvas econômicas de benefícios marginais.

Contudo, subsistem diversos desafios para os modelos de apoio à decisão para a gestão de sistemas integrados de recursos hídricos. Labadie (2004) e Pulido-Velazquez, Andreu, Sahuquillo

(2006) destacam, como um dos principais desafios, a incorporação realista de incertezas hidrológicas. Em busca de superá-los, Pulido-Velazquez, Alvarez-Mendiola e Andreu (2013) apresentam um arcabouço para a definição de um mecanismo de alocação pelo uso da água a partir do custo marginal de oportunidade, argumentando, a partir de uma simulação utilizando um modelo determinístico para alocar ótima de água, que a consideração do valor marginal é essencial para evitar erros significativos em investimentos e decisões de alocação de água nas bacias. O cenário determinístico é o adotado neste trabalho, tendo por base o histórico de disponibilidade hídrica durante o intervalo de análise e a possibilidade de comparar a solução real com a otimização modelada.

A gestão integrada de recursos hídricos, normatizada pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), revela sua importância em cenários de conflitos relacionados aos usos dos recursos hídricos, que segundo Amorim, Ribeiro e Braga (2016) são decorrentes não só da escassez hídrica, mas também da deficiência na gestão desses recursos. Complementarmente Moreira *et.al.* (2012) argumenta que um dos motivos para que ocorra um conflito de uso de água pode ser a inexistência de informações que associem a disponibilidade hídrica com as vazões já outorgadas, e esta inexistência está diretamente ligada na falta de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos.

Observações que vão ao encontro daquilo que Oliveira e Fioreze (2011) afirmam acerca da disponibilidade hídrica necessitar de monitoramento contínuo e da realização de estudos que contabilizam a situação atual e estimam como será futuramente. Comportamentos que trazem efetividade ao instrumento de outorga, instituído em BRASIL (1997), por permitir caracterizar o comportamento dos usos da água nas bacias hidrográficas, bem como sua evolução temporal. Insumos que propiciam à outorga de uso cumprir com seu papel legal de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso, preservando seus usos múltiplos.

Dentre as vinte e três bacias hidrográficas com trechos de rios federais de especial interesse para a gestão de recursos hídricos mapeados pelo portal Dados Abertos (2020), neste trabalho focou-se na bacia do São Marcos, devido à disputa de uso do recurso entre o setor irrigante e o setor elétrico. Os referidos usos não são considerados prioritários em situação de escassez pela Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL,1997) e demandam, portanto, instrumentos de gestão para a regulação e coordenação de interesses. Entre os estudos que abordaram a bacia do

São Marcos ou a modelagem hidro-econômica atrelada a conflitos, ressaltam-se os trabalhos de Bof (2018), Machado (2009), Silva e Hora (2005) e Silva (2017).

Bof (2018) objetivou avaliar os *trade-offs* econômicos entre energia e produção agrícola irrigada na bacia do São Marcos e mostrar como essa informação poderia contribuir para a alocação negociada da água, a partir do seu valor econômico, comparando com o sistema de alocação atual. Foi empregado um modelo hidro-econômico de otimização explicitamente estocástico para a determinação do valor econômico da água e sua variação no espaço e no tempo, cujos resultados foram empregados em uma contabilidade hídrica realizada de forma dinâmica. O referido trabalho concluiu que os *trade-offs* são significativos e que existem soluções com a possibilidade de compensação econômica de perdas entre os setores envolvidos, soluções que seriam o ponto de partida para desarmar uma situação de conflito e sinalizar aos usuários a localização espacial e o padrão de demanda que pode ser acomodado na bacia, em função do valor econômico da água. Ao final, propôs-se que trabalhos futuros incluíssem restrições para garantias mínimas de energia ao simular a operação dos reservatórios hidrelétricos. Fato último que foi incluído na modelagem proposta neste trabalho, tendo em vista o atendimento de restrições mínimas operativas e a busca pela geração hidrelétrica próxima a garantia física contratual.

O trabalho de Machado (2009) buscou desenvolver procedimento que permita analisar a questão da alocação de água entre os usos para irrigação e geração de energia elétrica, com base em métodos de avaliação econômica por meio da construção de curvas de demanda por água aplicadas a bacia do rio Preto. Valorou-se a água na irrigação pelo método da função de produção e para a geração hidrelétrica por meio dos resultados de simulações do modelo de otimização utilizado no planejamento do setor elétrico brasileiro, NEWAVE, fazendo o uso do modelo matemático de rede de fluxo do AquaNet para simulações. Concluiu-se que a valoração econômica da água, além de ser um mecanismo previsto na legislação brasileira, é um instrumento indispensável à eficácia dos modelos de gestão de recursos hídricos, devendo considerar a eficiência e conjuntura macroeconômica dos processos de irrigação e geração de energia, além do tipo de cultura e local de instalação dos agentes. O autor ressalta que o uso do algoritmo NEWAVE para o processo de alocação implicou em limitações pelo fato de não ser possível avaliar a operação de usinas de forma isolada, diminuindo a margem para análises de sensibilidade em torno de usinas individualizadas. Além disso, afirmou que seria desejável futuramente a consideração de quaisquer externalidades para os usos, de tornar a análise mais robusta do valor do recurso hídrico para as

atividades econômicas. Buscou-se sanar tais problemáticas neste trabalho ao utilizar modelagem individualizada da UHE Batalha e das demais restrições adotadas pela operação do sistema. Ressalte-se que a bacia do Rio Preto apresenta características semelhantes à bacia do São Marcos quanto ao predomínio de pivô central, culturas e clima, sendo, portanto, uma ferramenta norteadora para o estabelecimento do valor da água na irrigação da bacia em estudo.

Silva e Hora (2015) objetivaram em seu trabalho analisar o conflito pelo uso da água entre a atual e futura demanda da irrigação e o aproveitamento hidrelétrico da UHE Batalha, buscando avaliar a questão das possíveis perdas de energia produzida, associadas aos usos consuntivos crescentes a montante da hidrelétrica. Adotou-se a formulação matemática MSUI - Modelo de Simulação a Usinas Individualizadas, desenvolvido pela Eletrobrás, contribuindo para as análises com modelagem individualizada dos aproveitamentos hidrelétricos, bem como pela óptica da variável de vazão máxima outorgável, permitindo análise de cenários de usos. Os cenários de simulação utilizaram a ferramenta computacional SisUCA – Sistema de Simulação de Usinas com Usos Consuntivos da Água, e obtiveram perdas energéticas variando entre 8,0% e 19,7% para energia média, e entre 7,6% e 19,2% para energia firme. Concluindo que, a falta de referências de problemas solucionados e bem geridos no que tange a conflitos pelo uso da água entre o setor elétrico e a agricultura tornam a bacia do São Marcos uma região de grande preocupação. Constatando que, no médio prazo, é necessária a discussão para flexibilização das outorgas e energia assegurada pela UHE Batalha.

Por fim, o trabalho de Silva (2017) objetivou desenvolver e aplicar um modelo hidro-econômico para determinar a alocação ótima de água dos principais usuários na bacia hidrográfica do Sub-Médio do São Francisco. O modelo utiliza curvas de demanda geradas para os usos consuntivos, ao invés de requisitos fixos para recursos hídricos. Os resultados mostraram que as regras de operação dos reservatórios e as restrições institucionais têm alto impacto nos custos e benefícios dos principais usos econômicos na área de estudo; e que as referidas restrições institucionais provocam impactos nos setores de irrigação e produção de energia, acirrando a competição entre estes setores e entre diferentes projetos de irrigação. Abordagem de relevante interesse para este trabalho, pois se tem que na bacia do São Marcos além do conflito entre a hidrelétrica UHE Batalha e o setor irrigante a montante desta, há também, competição entre os irrigantes da União, Distrito Federal e dos estados de Minas Gerais e Goiás.

3 Metodologia

Neste trabalho propõe-se um modelo dentro do sistema de suporte a decisão por meio da linguagem computacional de otimização que incorpore as restrições hídricas e energéticas do sistema, como outorgas de captação e limites operativos. O horizonte de estudo é do ano de 2014 ao ano de 2019, em que se analisa a dinâmica da gestão da água entre o setor irrigante e o setor elétrico para o atendimento das outorgas de usos múltiplos e geração de energia na UHE Batalha. O referido intervalo deve-se ao início da operação da UHE Batalha em 2014 até os dados anuais mais recentes referentes aos parâmetros energéticos do empreendimento. Propõe-se a otimização da alocação da água baseada no custo de oportunidade e no benefício marginal dos agentes.

A modelagem matemática para o problema de otimização da alocação da água adota o método determinístico de solução por meio da programação não linear. Escolha que permite incorporar as restrições não lineares presentes para o setor elétrico, tais como os polinômios de quarta ordem característicos das curvas cota-área-volume de cada aproveitamento hidrelétrico, bem como a incorporação do efeito queda para a geração de energia. De tal forma que, pode-se aproximar a modelagem das condicionantes reais do conflito e ofertar análises de cenários que discutem alternativas de gestão em comparação com o efetivamente realizado. Contudo, acarreta-se para o modelo desvantagens como o maior custo de aplicação e um nível de complexidade maior devido à riqueza e abrangência da abordagem adotada, características citadas por Corrar (2004) e, também, afasta-se a incorporação das incertezas quanto à afluência hídrica na região e a extrapolação de suas probabilidades.

A garantia de otimalidade dos pontos de solução encontrados é assegurada por meio das condições de Karush-Kuhn-Thucker, que se atendidas determinam que uma solução seja considerada ótima para um problema de programação não linear, conforme definido em Kuhn e Tucker (1951).

A seguir apresenta-se o modelo proposto neste trabalho, seguido da explanação do equacionamento quanto à caracterização do setor elétrico e irrigante, perpassando pelas restrições operacionais e ambientais e pela dinâmica de usos. Destaca-se que se trata de uma ferramenta de apoio a decisão para alocar água em uma situação de conflito, que será aplicada ao conflito do Alto São Marcos sob sua conjuntura regulatória.

3.1 O Modelo

O modelo elaborado baseou-se no que foi proposto por Fujisawa (2016), para a otimização determinística do planejamento da operação eletroenergética de médio prazo de sistemas hidrotérmicos com usinas isoladas, e por Silva (2017), para determinar a alocação ótima de água dos principais usuários do Sub-Médio do São Francisco.

A determinação dos benefícios dos usuários neste modelo baseou-se na valoração econômica da quantidade de metros cúbicos de água alocada para cada agente. Complementarmente, incorporaram-se funções para atendimento do limite de vazão ecológica e do mínimo do volume anual alocado para os irrigantes por meio das outorgas. Assim, pode-se obter indiretamente, por meio de comparações das restrições e dos usos adotados, os benefícios e custos ambientais da dinâmica dos agentes econômicos.

Consolidando-se a formulação do modelo, tem-se o equacionamento da função objetivo bem como das restrições do modelo apresentados abaixo.

$$\text{Min} \quad \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I COirr_i \cdot VzIrr_{i,t} - \sum_{t=1}^T \sum_h^H BmgHidr_{h,t} \cdot q_{h,t} + \sum_{t=1}^T \sum_h^H PLD_{h,t} \cdot (GF - gh_{h,t}) \quad (3.1)$$

s.a:

$$COirr_i = VAirr_i \cdot J \quad \forall i \quad (3.2)$$

$$BmgHidr_h = VAhidr_{h,t} \cdot J \quad \forall h \quad (3.3)$$

$$gh_{t,h}(q_{t,h}, v_{t,h}) = k_{esp_h} \cdot QB(q_{t,h}, v_{t,h}) \cdot q_{t,h} \quad \forall t, h \quad (3.4)$$

$$QB(q_{t,h}, v_{t,h}) = NM(v_{t,h}) - NJ(r_{t,h}) \quad \forall t, h \quad (3.5)$$

$$NM_t = ko_h + k1_h \cdot v_{t,h} + k2_h \cdot v_{t,h}^2 + k3_h \cdot v_{t,h}^3 + k4_h \cdot v_{t,h}^4 \quad \forall t, h \quad (3.6)$$

$$NJ_t = jo_h + j1_h \cdot r_{t,h} + j2_h \cdot r_{t,h}^2 + j3_h \cdot r_{t,h}^3 + j4_h \cdot r_{t,h}^4 \quad \forall t, h \quad (3.7)$$

$$v_{t-1,h} + U \left(w_{t,h} - r_{t,h} - \sum_{i=1}^I VzIrr_{t,i} \right) = v_{t,h} \quad \forall t, h \quad (3.8)$$

$$r_{t,h} = q_{t,h} + s_{t,h} \quad \forall t, h \quad (3.9)$$

$$v_h^{min} \leq v_{t,h} \leq v_h^{max} \quad \forall t, h \quad (3.10)$$

$$VzEco_{t,h} \leq r_{t,h} \quad \forall t, h \quad (3.11)$$

$$s_h^{min} \leq s_{t,h} \leq s_h^{max} \quad \forall t, h \quad (3.12)$$

$$q_h^{min} \leq q_{t,h} \leq q_h^{max} \quad \forall t, i \quad (3.13)$$

$$VzIrr_{i,t} \leq VzIrr_{i,t}^{max} \quad \forall t, i \quad (3.14)$$

$$\sum_{t,i}^{T(a),I} RL_{i,t} \geq \sum_t^{T(a)} (R_{Irr_{t,i}} - C_{irr_{t,i}}) - \sum_t^{T(a)} (R_{seq_{t,i}} - C_{seq_{t,i}}) \quad \forall t, i \quad (3.15)$$

$$\sum_T^{T(a)} VolIrr_{i,t} \geq \sum_T^{T(a)} VolNT_{t,i} \quad \forall t, i \quad (3.16)$$

Onde:

t	Índice de intervalos de tempo mensais	;	i	Índice de irrigantes
T	Número total de intervalos de tempo	;	I	Número total de irrigantes de domínio da União
h	Índice de usinas hidrelétricas	;	a	Índice de ano
min	Índice do limite mínimo das variáveis	;	max	Índice do limite máximo das variáveis
CO_{irr}	Custo de Operação do setor irrigante [R\$/m ³ /s]	;	$BmgHidr$	Benefício Marginal da água para a hidrelétrica [R\$/m ³ /s]
PLD	Preço Líquido de Diferenças [R\$/MWh]	;	GF	Garantia Física [MW]
gh	Função de produção hidráulica [MW]	;	QB	Queda Bruta do sistema. [m]
VA_{irr}	Valor da água econômico da água na irrigação [R\$/m ³]	;	VA_{hidr}	Valor da água econômico para o setor elétrico [R\$/m ³]
NM	Nível montante da usina (polinômio de quarta ordem) [m]	;	NJ	Nível Jusante da usina (polinômio de quarta ordem) [m]
$k_{0,1,2,3}$	Coefficientes do polinômio de cota do nível montante por volume	;	$j_{0,1,2,3,4}$	Coefficientes do polinômio de cota nível jusante por defluência
v	Variável do volume armazenado [hm ³]	;		
$VzIrr$	Variável de vazão do irrigante [m ³ /s]	;	$VzEco$	Variável de vazão ecológica de piracema [m ³ /s]
w	Variável vazão afluyente [m ³ /s]	;	r	Variável da vazão defluente [m ³ /s]
q	Variável da vazão turbinada [m ³ /s]	;	s	Variável da vazão vertida [m ³ /s]
RL	Variável de renda líquida do irrigante [m ³]	;	k_{esp}	Constante de produtividade específica de cada usina [MW/m ³ /s/m]
$R_{Irr_{t,i}}$	Renda irrigação [R\$]	;	$C_{irr_{t,i}}$	Custo irrigação [R\$]
$R_{seq_{t,i}}$	Renda sequeiro [R\$]	;	$C_{seq_{t,i}}$	Custo sequeiro [R\$]
$Vol_{i,t}$	Variável de volume de água consumido por irrigante [m ³]	;	$VolNT_{t,i}$	Volume de água consumido por irrigante vide NT 103/2010 - ANA [m ³]

U Constante de conversão da vazão em volume mensal em hm³ ; J Constante de conversão de vazão para volume mensal

Verifica-se que a função objetivo do modelo, equacionada em 3.1, busca a minimização do custo operacional de escassez dos perímetros irrigados e da diferença entre a produção de energia pela UHE Batalha e sua garantia física estabelecida contratualmente, ao passo que maximiza o benefício econômico da produção de energia.

Mais detalhadamente, entendendo os usos múltiplos como restrições do modelo, tem-se que, para o setor irrigante, o custo operacional de escassez é uma variável que impacta a otimização. A referida variável, ao ser minimizada, equivale à maximização do benefício líquido para o setor, respeitando as restrições regulatórias, dentre elas normas institucionais, ambientais e operacionais, a exemplo da vazão de piracema, além dos limites de volume outorgados aos irrigantes.

Já o benefício marginal da água para a hidrelétrica, contribui para a determinação do valor econômico das políticas operacionais dos reservatórios e do valor marginal da água armazenada neles. Abordagem que reflete a visão de Pereira, Campodónico e Kelman, (1998), Tilmant, Arjoon e Marques (2012) e Pereira (1985), de que os reservatórios são agentes econômicos que oferecem o serviço de transferência de água no tempo.

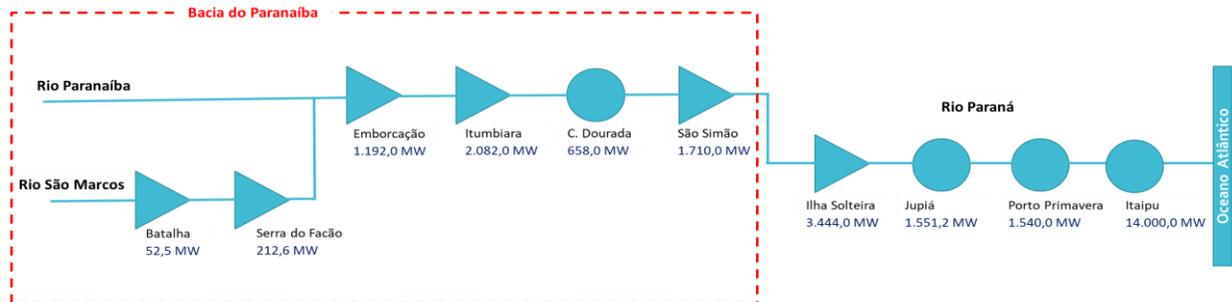
Por fim, o terceiro termo da função objetivo, foi incorporado no intuito de incentivar que a geração hidrelétrica de energia seja a mais próxima da garantia física contratual. Dessa forma, reduz-se a necessidade de compensar o déficit energético por meio da compra de energia no mercado curto prazo ao valor do Preço de Liquidação de Diferenças (PLD).

3.2 Setor Elétrico

A usina hidrelétrica envolvida diretamente no conflito do alto São Marcos é a UHE Batalha, cuja exploração do potencial de energia hidráulica é detida pela concessionária Furnas Centrais Elétricas S.A. O referido empreendimento consiste em 52,2 MW de potência instalada, destes 48,8 MW de garantia física estabelecidos contratualmente. Esta UHE está localizada a montante das demais usinas da cascata do rio São Marcos, um rio federal que pertence a bacia do Paranaíba e contribui para regularização de aproveitamentos hidrelétricos da Região Hidrográfica do Paraná até a UHE Itaipu. A Figura 1 traz o diagrama esquemático das usinas hidrelétricas a

partir da UHE Batalha até a UHE Itaipu, em que é possível observar a sequência de aproveitamentos da cascata até o desaguamento no oceano atlântico.

Figura 1 – Diagrama esquemático das usinas hidrelétricas a partir da UHE Batalha até a UHE Itaipu



Fonte: Dados obtidos do diagrama esquemático das usinas hidroelétricas do SIN. (ONS, 2020a). Elaborado pela autora.

Na referida figura apresenta-se o diagrama da estrutura de aproveitamento do recurso hídrico adotada para o desenvolvimento do modelo. Desse modo, a água na UHE Batalha é valorizada a partir da consideração de que um metro cúbico nela turbinado percorrerá as usinas a jusante e potencialmente produzirá energia nelas.

Para a elaboração do modelo foi necessário o levantamento de dados cadastrais da UHE Batalha a partir do deck NEWAVE de janeiro de 2020, obtidos por meio do portal da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) (CCEE, 2020), a exemplo dos limites do reservatório de volume útil, cota montante máxima e mínima, dos polinômios de quarto grau de montante e de jusante, característicos da curva cota-área-volume e do valor da produtividade específica. Estes dados condicionam o despacho energético realizado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), e no modelo elaborado neste trabalho são restrições operacionais que interferem na geração hidrelétrica conjuntamente com limitações temporais, ambientais e disponibilidade hídrica. As referidas condicionantes justificam a adoção da programação não linear que incorpore o comportamento de despacho energético no modelo.

Adicionalmente, verificou-se no inventário das restrições operativas hidráulicas dos aproveitamentos hidrelétricos do ONS (2016) que a UHE Batalha tem como restrições de jusante a vazão mínima de 30,1 m³/s, no período de piracema, e 23 m³/s, fora do período de piracema. O referido limite foi normatizado pela Resolução n° 489, de 19 de agosto de 2008 (ANA, 2008), compatibilizando-se solidariamente com a operação dos demais reservatórios existentes. Esta

restrição de vazão ecológica foi considerada no equacionamento do modelo pela equação 3.11 e impacta diretamente na geração hidrelétrica da UHE Batalha, tendo em visto que impõe uma vazão defluente mínima.

O valor da água foi obtido do trabalho de Vasconcelos e Silva Júnior (2020), que considera a incorporação do custo de oportunidade que a água turbinada pela UHE Batalha tem sobre o sistema de cascata a jusante dela, bem como o potencial de gestão e regularização do recurso hídrico frente ao PLD do submercado em que está inserida.

Ainda foi incorporado no modelo o conceito de balanço hídrico. Este consiste em uma restrição de conservação da água no sistema, cujo equacionamento é tido na equação 3.8, considerando que os usos múltiplos outorgados a montante da UHE Batalha consistem nas captações do sistema irrigante. Na qual o somatório das vazões de cada irrigante para cada instante de tempo ($VzIrr_{t,i}$) somado a vazão defluída pela usina ($r_{t,h}$) são parâmetros a serem deduzidos da vazão afluente a esta ($w_{t,h}$) e convertidas em volume mensal em hm^3 pela constante U. Assim, o valor desse acumulado é somado ao volume do instante anterior ($v_{t-1,h}$) e resulta no volume no atual instante de tempo ($v_{t,h}$).

Outro conceito bastante relevante para a aproximação com a realidade é o efeito queda. Este é entendido como a influência da variação da queda na produtividade da usina hidráulica por meio da variação das cotas de montante e de jusante. De acordo com Read (1982); Soares; Carneiro (1991) apud Fujisawa (2016), com esse efeito existe uma redução adicional de custo antecipando geração térmica para postergar geração hidráulica, reduzindo o deplecionamento e aumentando a produtividade das usinas hidráulicas. O referido conceito foi incorporado na formulação do modelo pela equação 3.4, em que o produto da produtibilidade específica da usina (k_{esp_h}) pela sua queda bruta (QB), diferença entre os níveis de montante e jusante do reservatório obtidas pelas curvas cota-área-volume, e pela vazão turbinada ($q_{t,h}$), resulta no valor da produção hidráulica de energia elétrica ($gh_{t,h}$).

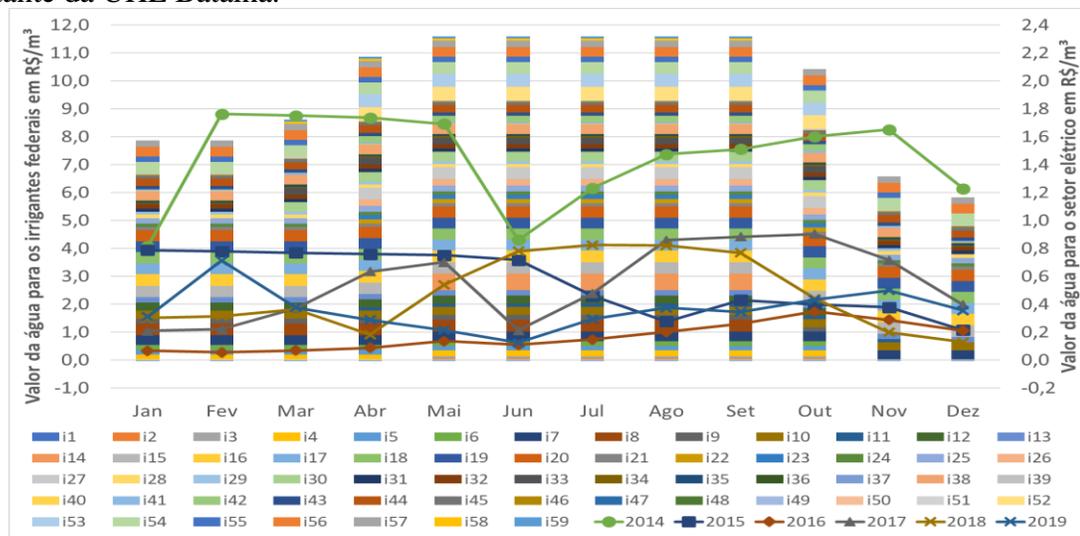
3.3 Setor Irrigante

O enfoque do setor irrigante consistiu na parametrização dos irrigantes federais outorgados pela ANA para o Alto São Marcos, localizados a montante da UHE Batalha e mapeados pela Nota técnica nº 103/GEREG/SOF-ANA, de 30 de agosto de 2010, ANA (2010). O valor da

água para cada irrigante foi calculado baseando-se no trabalho de Machado (2009) e FGV (2003) e permitiu a delimitação dos valores de renda e custo adotados na modelagem, bem como a dinâmica de volume anual consumido.

Ao discriminar a curva de demanda para irrigação em rios da União na bacia do São Marcos, apresentada em ANA (2010), pelo acumulado de volume e renda líquida para cada um dos 59 irrigantes obteve-se o valor da água, em reais por metro cúbico, distribuído efetivamente no período de uso do recurso. Delimitando-se assim a valoração da água para o setor irrigante federal à montante da UHE Batalha sob o enfoque mensal, conforme é apresentado na Figura 2, comparativamente com o valor da água mensal para o setor elétrico obtido por Vasconcelos e Silva Júnior (2020) para o horizonte de tempo do estudo, do ano de 2014 ao de 2019.

Figura 2 – Valor da água em R\$/m³ para os irrigantes federais outorgados pela ANA a montante da UHE Batalha.



Fonte: Dados das outorgas ANA obtidas da Nota Técnica nº 103/GEREG/SOF-ANA (ANA, 2010). Elaborada pela autora

Nesta referida figura observa-se que a maioria dos irrigantes distribui sua irrigação durante os doze meses do ano, o que delimita inferiormente o valor da água para o setor em aproximadamente 5,8 reais por metro cúbico. Contudo, há ainda diversos irrigantes que atuam somente em alguns meses do ano, sendo estes os responsáveis por elevar o valor da água durante o período de abril a outubro devido a maior concentração de irrigante e, portanto, maior demanda de água. Complementando a análise, verifica-se que para o setor elétrico o valor da água possui uma ordem de grandeza menor, alcançando no máximo o valor de 1,8 reais por metro cúbico em

fevereiro do ano de 2014. Referido valor que, confrontado com o elevado volume de metros cúbicos de água turbinado pela hidrelétrica UHE Batalha frente ao consumo dos irrigantes, ganha representatividade e torna-se um fator que acirra a disputa entre estes usuários. Além disso, a sazonalidade dos setores permite que haja um espaço para negociação de alocação de água que molde faixas decisão, visando, além da garantia de segurança hídrica e energética para o sistema, a incorporação do valor econômico da água. Conjuntura que torna a outorga de água instrumento de planejamento relevante para os dois setores, se bem delimitada.

Mais recentemente, o documento Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil (ANA, 2019) destacou que, para o ano base de 2017, o polo São Marcos é caracterizado por 100.872 hectares de área de pivôs para irrigação, segundo lugar no ranking nacional de área e densidade. O referido valor em comparação com o mapeado em ANA (2010), de cerca de 8 mil hectares de área irrigada ocupados por irrigantes federais na bacia, fundamentou a adoção do valor de dez vezes os irrigantes federais como referência para a representação do setor irrigante no estudo de caso. Dessa maneira, buscou-se acrescentar representatividade nas análises e permitir que se institua um parâmetro de comparação frente aos valores observados temporalmente.

Adicionalmente, devido à ausência de dados mais recentemente levantados e à alta variabilidade de preços e da dinâmica de plantação da atividade agrícola na região, assumiu-se o comportamento do setor irrigante constante durante os intervalos de análise. Destacando-se que os seus valores de renda e custo foram deflacionados para agosto de 2020, assim como feito com os dados de PLD para o setor elétrico, o que melhora as análises acerca dos parâmetros de remuneração e valor da água.

Considerou-se ainda a Deliberação nº 60, de 10 de março de 2016, CBH-Paranaíba (2016a), e a Deliberação nº 70, de 15 de dezembro de 2016, CBH-Paranaíba (2016b) do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba, que discutiram e definiram prioridade para outorga de direito de uso dos recursos hídricos a montante da UHE Batalha no Rio São Marcos para irrigação. Adotou-se para modelagem hidro-econômica o referido posicionamento, conforme apresentado na equação 3.15 e 3.16, em que a outorga anual conferida aos usuários irrigantes foi o limite inferior de captação.

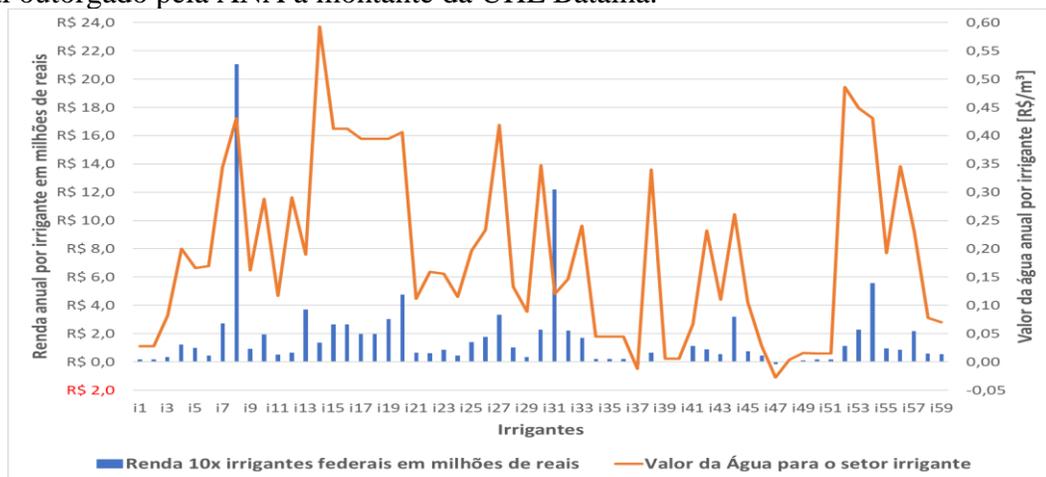
4 Resultados

Com a finalidade de validação do modelo e de melhor compreensão a respeito dos resultados obtidos neste trabalho, apresentou-se os resultados agrupados por parâmetros. Inicialmente foi apresentada a dinâmica entre a renda anual e o valor da água por irrigante. Em seguida, comparou-se a dinâmica da renda entre o setor elétrico e o setor irrigante sob a perspectiva real e dos resultados da modelagem. Verificou-se o impacto que a alocação teve na valoração econômica da água, e, por fim, avaliou-se o efeito que a otimização e as restrições modeladas resultaram na remuneração dos setores envolvidos no conflito do São Marcos.

4.1 Renda anual e valor da água por irrigante

Diagnosticou-se a dinâmica entre a renda anual, em milhões de reais, para o setor irrigante a montante da UHE Batalha, cuja referência foi de dez vezes o volume de água captado, e o valor de cada metro cúbico de água consumido durante o intervalo anual. Assim, pode-se compreender a eficiência econômica entre agentes e o impacto que cada um tem na remuneração anual do setor. A Figura 3 apresenta os referidos valores de renda anuais e valor da água por irrigante.

Figura 3 – Renda anual em milhões de reais e valor da água em R\$/m³ para cada irrigante federal outorgado pela ANA a montante da UHE Batalha.



Fonte: Dados das outorgas ANA obtidas da Nota Técnica nº 103/GEREG/SOF-ANA (ANA, 2010). Elaborada pela autora

A partir da referida figura, observa-se que a dinâmica entre a renda anual obtida por cada irrigante e o valor da água respectivo tendem a ser proporcionais. Contudo, os irrigantes “i8”, “i13”, “i20”, “i31”, “i32”, “i37”, “i41”, “i44”, “i46”, “i50”, “i51” e “i54”, com destaque para o “i31” apresentam um comportamento inverso, ou seja, obtiveram uma renda anual alta amparado em um

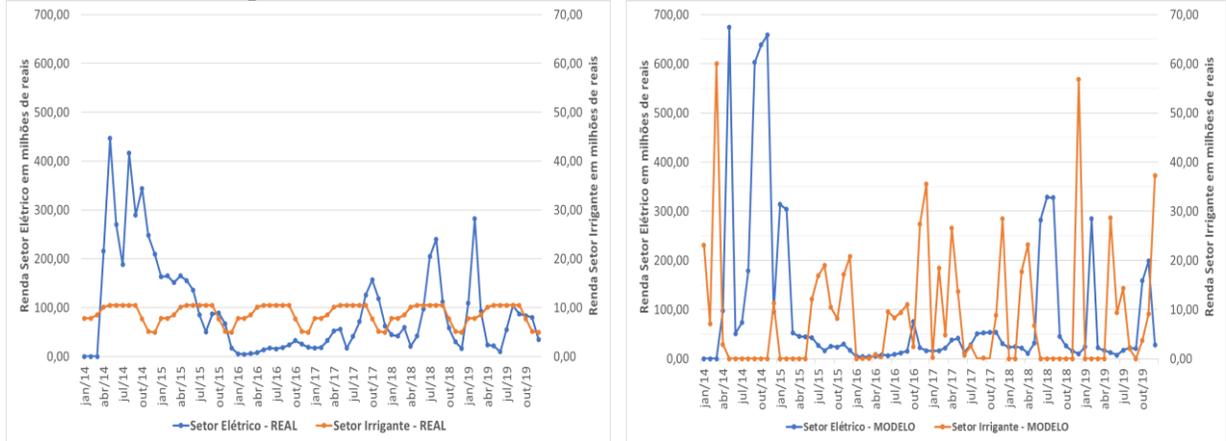
decréscimo do valor econômico da água. Tal situação deve-se a implicação de alto volume anual captado por tais irrigantes, maior que um milhão de metros cúbicos por ano, indicando que tais usuários tem uma eficiência menor em comparação aos outros e, portanto, obtém uma renda líquida proporcionalmente menor para cada metro cúbico captado. Resultado que fomenta a discussão de revisão das outorgas de uso conjugadas com patamares de eficiência do recurso hídrico captado para este setor. Frise-se que tal mapeamento pode indicar a presença de reservatórios de acumulação construídos por usuários, com vistas a reservar um quantitativo maior de água a partir de uma captação maior em determinados meses do ano.

Outro ponto de análise é a ocorrência de valores negativos da água para os irrigantes “i37” e “i47”. O que, segundo a metodologia de cálculo e comentário apresentado em ANA (2010), indica que para estes irrigantes teria sido mais vantajoso cultivar em sequeiro e não irrigar, ou então que estes se situam em topografias mais favoráveis, reduzindo os custos com bombeamento e justificando a sua permanência no setor irrigante. Além disso, deve-se levar em consideração a questão da dinâmica da atividade agrícola que, por possuir uma variação de preços representativa, implica na variação da cultura produzida ao longo dos anos; podendo uma situação desfavorável economicamente ter ocorrido durante o período de mapeamento dos dados.

4.2 Dinâmica de usos

Objetivando compreender a dinâmica real e a proposta pelo modelo para os setores irrigante e elétrico, calculou-se, a partir do equacionamento proposto neste trabalho, os valores da renda para cada setor. A Figura 4 apresenta os resultados obtidos e permite a comparação entre o diagnóstico real e a modelagem ótima da alocação de água, a partir da renda mensal em milhões de reais para cada setor.

Figura 4 – Renda anual em milhões de reais para o setor elétrico e para o setor irrigante a partir da dinâmica de comportamento real e do modelo elaborado no trabalho.



(a) Dinâmica real de usos.

(b) Dinâmica de usos do modelo elaborado no trabalho

Fonte: Dados reais: Nota Técnica nº 103/GEREG/SOF-ANA (ANA, 2010) e portal do ONS (ONS, 2020b). Elaborada pela autora

Na referida figura letra (a), ilustrou-se a dinâmica real da renda entre os o setor elétrico e o setor irrigante no Alto São Marcos. Observa-se que a dinâmica dos irrigantes é mais padronizada, com maior concentração de renda no período nos meses de maio a setembro, isso porque se assumiu como hipótese do trabalho que este setor teria comportamento constante no período analisado. Além disso, sua faixa de remuneração possui uma variação menor, o que pode ser explicado pela sazonalidade das culturas durante o maior período do ano e, portanto, da constância do volume de água captado. Já o setor elétrico, mais especificamente a UHE Batalha, possui uma variação de renda maior, atingindo picos acima de duzentos milhões de reais e vales próximos a cinco milhões de reais. Isso porque, este setor tem sua remuneração refletida pelo comportamento da valoração da água para o aproveitamento hidrelétrico de um mercado consolidado.

Ao se verificar períodos coincidentes de maior renda entre os setores, entende-se que estes seriam intervalos de maior disponibilidade a pagar pelos agentes¹. Conjuntura que, dentro da dinâmica de demanda e oferta do recurso, é um ponto de atenção à subsistência de um conflito hídrico e à promoção de uma otimização para eficiência da alocação da renda. Tal correspondência ocorreu nos meses de maio/2014, abril/2015, junho/2016, maio/2017, agosto/2018 e setembro/2019.

¹ A disposição a pagar (DAP) refere-se ao maior valor monetário que o indivíduo disponibiliza em prol da qualidade e preservação dos recursos ambientais. A disposição a pagar reflete a medida de valor (ou utilidade) que os consumidores atribuem às mercadorias que desejam comprar (MATTOS; MATTOS, 2004)

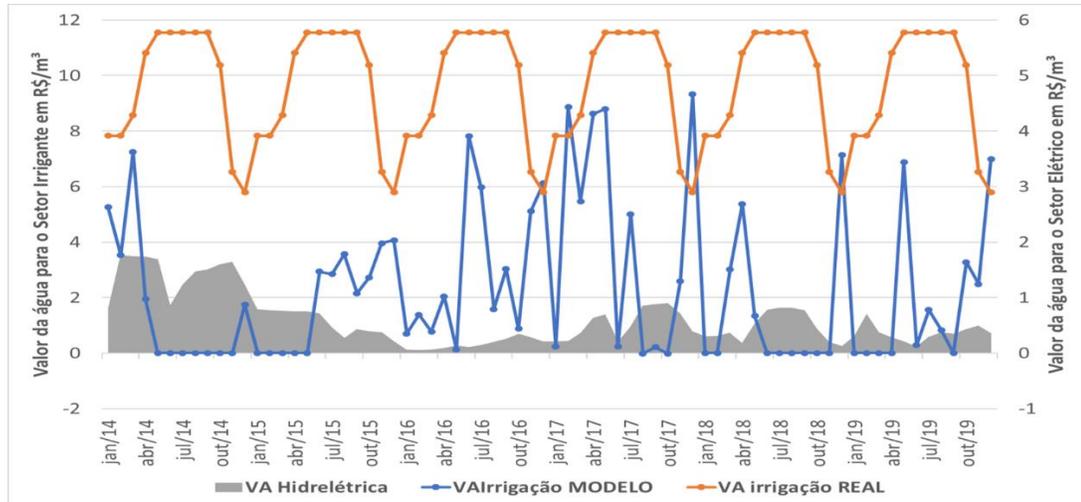
Na referida figura letra (b), obteve-se o resultado da minimização do custo operacional de escassez e da maximização do benefício econômico da produção de energia. A resposta do modelo propõe intervalos de tempo com valores nulos de remuneração pelo setor irrigante e com maior variação. O referido comportamento permitiu a implicação de picos de renda maiores para os dois setores, uma dinâmica que é possível caso haja negociação entre os volumes de captação pelos irrigantes e os volumes de acumulação pelo reservatório da hidrelétrica.

Ressalta-se o ano de 2014, em que o setor irrigante se concentrou no mês de março, antes da entrada em operação da UHE Batalha, e residualmente no mês de dezembro, permitindo que a hidrelétrica aproveitasse isolada a afluência da bacia nos meses de maio a novembro. Ao contrário do que ocorreu no ano de 2015, em que se iniciou com o setor irrigante anulando seu consumo de água até o mês de maio, período em que se permitiu obter a maior renda para o setor elétrico. Em seguida os irrigantes obtiveram crescentemente maior renda, chegando a superar a renda do setor elétrico no mês de agosto. O ano de 2016 foi crítico quanto a renda para o setor elétrico, sobretudo nos meses de junho, novembro e dezembro, em que houve maior captação de água pelos irrigantes somada com a restrição de atendimento das outorgas delimitada no modelo. Por fim, no ano de 2018 destaca-se o pico remuneratório de 56 milhões de reais em dezembro para o setor irrigante. O referido valor foi viabilizado pela dinâmica complementar ao setor elétrico, que obteve sua maior remuneração de junho a agosto, quando a captação de água foi nula para os irrigantes.

4.3 Valor da água

Ao abordar a variação do valor da água (VA) para os setores irrigante e elétrico oportunizou-se observar a racionalidade econômica na valoração do recurso para os períodos de análise, uma vez o VA implica, conjuntamente com o volume captado, na remuneração dos agentes. A Figura 5 apresenta comparativamente o comportamento do VA para o setor irrigante na dinâmica real e proposta pelo modelo, além de permitir a comparação com o VA do setor elétrico para a UHE Batalha no mesmo período.

Figura 5 – Valor da água para o setor irrigante a partir da dinâmica do modelo elaborado no trabalho e da dinâmica real em comparação com o valor da água para a hidrelétrica, do ano de 2014 e 2019.



Fonte: Dados dos irrigantes obtidos da Nota Técnica nº 103/GEREG/SOF-ANA (ANA, 2010) e dados da UHE Batalha obtidos do portal do ONS (ONS, 2020b). Elaborada pela autora

A referida figura permite uma melhor comparação entre o VA para o setor irrigante frente à dinâmica real e a proposta pelo modelo em contraponto com o VA para o setor elétrico sob a ótica da UHE Batalha. Observa-se que os intervalos de tempo em que coincidia o crescimento do valor da água para o setor irrigante em relação ao setor elétrico foram minimizados a partir do resultado do modelo.

Além disso, tem-se que o valor da água para irrigação do modelo foi menor do que o real, porque houve alocação econômica ótima. Ou seja, uma melhor alocação permitiu que o valor da água seja menor, havendo maior racionalidade econômica e menor disputa entre os recursos.

Momentos de valor nulo de água para os irrigantes indicam um incentivo ao consumo nulo para o período, permitindo que a hidrelétrica aproveite os picos de valorização da água de seu setor. Uma aplicação de tal comportamento seria a utilização de medidas de compensação, que permitissem que um setor concedesse o seu direito de uso para que outro pudesse, no mesmo período, efetivar seu consumo com menos competição. Já os picos de valor da água do setor irrigante indicam uma distribuição temporal diferente dos usos e uma resposta do modelo a dinâmica estabelecida entre o setor elétrico e até mesmo entre os irrigantes. Isso porque, diferentemente do VA irrigante real, o modelo distribuiu dentro dos limites de cada um dos irrigantes os seus volumes captados e consequentes remunerações em intervalos de tempo menores,

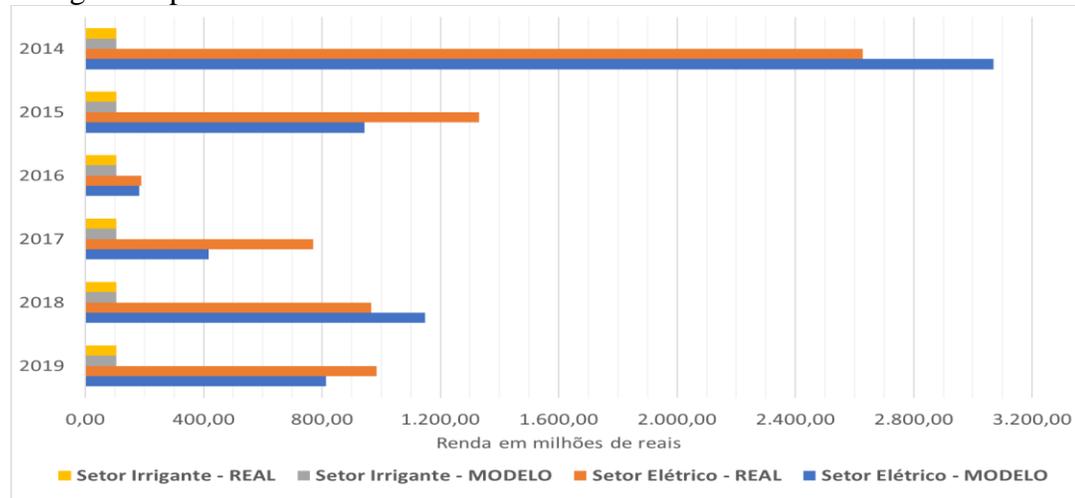
contudo, alocados em períodos favoráveis de oferta do recurso. Tal dinâmica possibilitou que, economicamente, o VA irrigante modelo seja menor que o VA irrigante real respeitando as diversas restrições equacionadas.

Além disso, deve-se atentar aos pontos de inflexão entre as tendências de valoração da água, a exemplo do que ocorreu em maio de 2018. Esta intersecção indica um ponto de equilíbrio entre os usos para as curvas de valoração, ou seja, um ponto ótimo de alocação. O que economicamente é respaldado pelo princípio da equimarginalidade microeconômica, explanado por Moraes (2012), como o que estabelece que numa alocação ótima entre os setores, cada setor deriva a mesma utilidade da última unidade do recurso alocado. Ressalte-se que Harou *et. al.* (2009) afirma que, mesmo na modelagem, o princípio da equimarginalidade não é sempre atendido, nem espacialmente e temporalmente na rede, dado a incorporação das restrições não econômicas, tais como as hidrológicas e as institucionais; como é também o caso da modelagem adotada no trabalho.

4.4 Comparativo de renda

Por fim, analisou-se anualmente o impacto sobre a renda dos setores, de forma a mensurar o efeito que as restrições ecológicas e as deliberações do comitê pela priorização do setor irrigante têm para cada remuneração. A Figura 6 apresenta o referido comparativo entre as rendas anuais, em milhões de reais, para o setor elétrico e para o setor irrigante, a partir da dinâmica do modelo elaborado neste trabalho em comparação com a dinâmica real consolidada por meio dos dados de ANA (2010) e ONS (2020b).

Figura 6 – Comparativo entre as rendas anuais em milhões de reais para o setor elétrico e para o setor irrigante a partir da dinâmica do modelo elaborado.



Fonte: Elaborada pela autora

A referida figura permite comparar a resposta do modelo frente à dinâmica real da renda anual para cada setor. Observa-se que a restrição de atendimento da renda anual pelo setor irrigante foi acolhida em todos os anos do estudo pelo limite inferior. Ressalte-se que a renda poderia ser maior caso houvesse disponibilidade hídrica e as demais restrições fossem atendidas, tendo em vista ser uma operação que busca a minimização do custo da escassez.

Quanto a renda do setor elétrico, observa-se que somente os anos de 2014 e 2018 obtiveram para o modelo uma remuneração maior do que a real. O ano de 2014 porque foi o início da entrada em operação da UHE Batalha, o que permitiu que os irrigantes arrecadassem mais nos meses iniciais, sem rivalidade de usos, e que a hidrelétrica aproveitasse o regime de afluência com menos competição hídrica. Já o ano de 2018 obteve remuneração maior para o setor elétrico porque o valor da água foi favorável para ele e os irrigantes atenderam sua demanda em intervalos de tempo complementares.

O ano de 2017 destacou-se pela menor geração hidrelétrica se comparada com a real, aproximadamente 50% apenas do realizado. O referido valor indica que o custo do atendimento prioritário para os usuários irrigantes foi a menor geração na UHE Batalha, e, portanto, impactou financeiramente o setor. Além disso, os anos de 2015 e 2019 também apresentaram remuneração inferior do setor elétrico, com respectivamente 54% e 71% do total real consolidado.

Tais diagnósticos são pertinentes para mensurar o impacto das restrições hidrológicas e institucionais quando se adota um regime de priorização de usos e discute-se políticas de realocação e regularização das vazões consumidas, dentro de um cenário de escassez hídrica instaurado em um sistema hídrico, a exemplo do Alto São Marcos.

5 Conclusão

Este trabalho propôs e aplicou uma modelagem hidro-econômica como um instrumento econômico para a alocação de água no conflito do Alto São Marcos. A partir de seus resultados, constatou-se a compatibilização eficiente dos usos múltiplos do recurso hídrico. A dinâmica proposta acrescentou racionalidade econômica no cenário de priorização do uso da água para atendimento da demanda de captação anual dos irrigantes e de suas respectivas rendas, em face da proposta de maximização do benefício marginal de geração de energia hidrelétrica na UHE Batalha.

Mensurou-se o impacto que as restrições hidrológicas e institucionais têm para os agentes a partir da comparação com a dinâmica real, bem como, destacou-se pontos de aproveitamento inadequado e propôs-se melhorias de alocação. A otimização apontou para valores de água menores para o setor irrigante, como é esperado de um modelo que minimize o custo de escassez e que aloque eficientemente o recurso hídrico. Tal resultado indica eficiência da dinâmica sazonal configurada e promove suporte para discussão da política de priorização dos usos e realocação do recurso.

Há de se ressaltar uma importante limitação deste trabalho. A ausência de dados atualizados dos irrigantes goianos, mineiros e federais em relação às vazões outorgadas, renda e custo, bem como sua efetiva regularização diante dos órgãos gestores e sua dinâmica de preços no mercado. A maneira encontrada para contornar tal limitação foi à parametrização destes usuários em face da porcentagem de irrigantes federais mapeados em 2010. Dessa maneira, a análise baseada no montante de dez vezes o quantitativo de irrigantes federais permitiu adicionar representatividade ao setor, fomentar discussões acerca do impacto dos usos consuntivos a montante da UHE Batalha e estabelecer um referencial para os agentes irrigantes de Goiás, Minas Gerais, Distrito Federal e da União quanto aos limites de oferta hídrica.

Ressalte-se que a escolha por um enfoque determinístico na modelagem hidro-econômica não incorporou as incertezas relacionadas à afluência hídrica na região e a extrapolação de suas

probabilidades. Ressalte-se ainda que a incorporação de restrições que, conjuntamente com a programação não linear, permitiram aproximar a modelagem das condicionantes reais do conflito e ofertar análises de cenários que discutem alternativas de gestão em comparação com o efetivamente realizado.

Os resultados de um modelo hidro-econômico podem ser entendidos como um ponto de partida para a plataforma de modelagem a partir da qual são acrescentados refinamentos. Sugere-se, para a continuidade desta pesquisa, a discriminação do setor irrigante entre as dominialidades que rivalizam o uso na bacia, a inserção de valores de crescimento anual do setor irrigante e de usuários a jusante do aproveitamento hidrelétrico de Batalha, de forma a caracterizar por um panorama maior a dicotomia entre os usos.

Com enfoque no setor elétrico, recomenda-se a análise do impacto da mudança da garantia física, a inserção de restrições de atendimento mínimo de geração e análise de diversos valores de outorgas de usos múltiplos a montante da UHE Batalha, para estabelecer cenários prospectivos de tomada de decisão.

Os aprimoramentos propostos visam tornar mais robusta a dinâmica de conflito modelada no Alto São Marcos e subsidiar as tomadas de decisão dos stakeholders da bacia a respeito da gestão do recurso e de suas escolhas econômicas. Desse modo, busca-se promover maior segurança hídrica e energética à dinâmica de usos atuais e futuros, e maior eficiência aos planos intersetoriais e normativos aplicados ao conflito.

6 Referências

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 489, de 19 de agosto de 2008. Direito de Outorga – Transformar Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica em Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos à Furnas Centrais Elétricas S.A. (UHE São Marcos). 2008

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Nota Técnica nº 103/GEREG/SOF-ANA, em 30 de agosto de 2010. Considerações sobre valor econômico da água na bacia do rio São Marcos. 2010

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017. ANA. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2017.

- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Embrapa Milho e Sorgo. - 2. ed. - Brasília, 2019
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Polos nacionais de agricultura irrigada: mapeamento de áreas irrigadas com imagens de satélite. Brasília. 2020
- AMORIM, A.; RIBEIRO, M.; BRAGA, C. Conflitos em bacias hidrográficas compartilhadas: o caso da bacia do rio Piranhas-Açu/PB-RN. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 21, n. 1, p. 36–45, 25 fev. 2016.
- BEAR, J.; LEVIN, O.; BURAS, N. Optimal utilization of aquifers as elements of waterresources systems. Progress Report No. 1: Basic Concepts and Program of Research. Haifa: Technion – Israel Institute of Technology, Hydraulic Laboratory, 1964
- BOF, P.H. Uma proposta de instrumento de alocação negociada na bacia do rio São Marcos baseada no valor econômico da água. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisa Hidráulicas, Programação de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2018.
- BRASIL. Lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. [S.l.]: [s.n.], 1997.
- CBH-Paranaíba - COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA (Goiânia - GO). Deliberação n° 60/2016, de 10 de março de 2016. Aprova calendário e procedimentos para definição de prioridades para outorga de direito de uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São Marcos a montante da UHE Batalha, em sua área de atuação, no âmbito do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. 2016a
- CBH-Paranaíba - COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA (Itumbiara - GO). Deliberação n° 70/2016, de 15 de dezembro de 2016. Define prioridade para outorga de direito de uso dos recursos hídricos a montante da UHE Batalha no Rio São Marcos. 2016b
- CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/precos_medios?_afLoop=166949383731902&_adf.ctrl-state=1481d77wdn_1#!%40%40%3F_afLoop%3D166949383731902%26_adf.ctrl-state%3D1481d77wdn_5. Acesso em: 18 jun. 2020.

- CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Repasse do risco hidrológico do ACR. Jan. 2017. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2016/067/documento/24_-_repasse_do_risco_hidrologico_do_acr_2017.1.0_\(jan-17\)_-minuta.pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2016/067/documento/24_-_repasse_do_risco_hidrologico_do_acr_2017.1.0_(jan-17)_-minuta.pdf). Acesso em: 30 set. 2020.
- CORRAR, Luiz J; THEÓFILO, Carlos R et. All; Pesquisa Operacional para Decisão em Contabilidade e Administração. São Paulo, Atlas, 2004
- Dados Abertos: Disponível em: https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/0d21247a1c0d499782a1cf2205165eca_0?geometry=-53.055%2C-18.882%2C-38.422%2C-11.465. Acesso em: 20 set. 2020.
- FGV - Fundação Getúlio Vargas. Estudos econômicos específicos de apoio à implementação da cobrança para os setores agropecuário, industrial e hidrelétrico – Relatório técnico – Produto 4 – Versão Final. Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável, 48p, anexos. 2003.
- FUJISAWA, C.H. Universidade Estadual de Campinas. Impacto da Congestão da Transmissão no Planejamento da Operação Energética de Sistemas Hidrotérmicos de Potência.2016.143p. Tese de Engenharia Elétrica. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Campinas, SP.2016
- GISSER, M.; MERCADO, A.. Integration of the agricultural demand function for water and the hydrologic model of the Pecos basin. Water Resources Research 8 (6), 1972. 1373–1384.
- GWP - GLOBAL WATER PARTNERSHIP. Towards water security: Framework for ActionGlobal Water Partnership. [s.l: s.n.]. Disponível em: http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Marco_para_la_Accion/framework-for-action-part-1.pdf>. Acesso em 20 set. 2020.
- GRANZIERA, M. L. M. Direito das águas: disciplina jurídica das águas doces. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- HAROU, J. J. et. al. Hydro-economic models: Concepts, design, applications, and future prospects. Journal of Hydrology, 2009. 627–643
- ICWE - INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER AND THE ENVIRONMENT. The Dublin Statement on Water and Sustainable Development. Dublin, Ireland: The Dublin Statement and Report of the Conference, 1992. Disponível em: <<http://www.wmo.int/pages/prog/hwrp/documents/english/icwedece.html>>.

- KOCH, H. et. al. Incluindo aspectos ecológicos na gestão de ecológicos na gestão de reservatórios: opções de gestão no Sub-médio e Baixo do rio São Francisco. XXI SIMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRICOS. Brasília/Brazil: [s.n.]. 2015.
- KUHN, H. W.; TUCKER, A. W. Nonlinear Programming. Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 481--492, University of California Press, Berkeley, Calif., 1951. <https://projecteuclid.org/euclid.bsmmsp/1200500249>
- LABADIE, J. W. Optimal operation of multireservoir systems: state-of-the-art review. *Journal of Water Resources Planning and Management* 130 (2), 2004. 93–111
- Lemos D.S, Lemos, T.R.M.S. Aspectos jurídicos da sustentabilidade da água. In: *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, XII, n. 71, dez 2009. Available from URL: http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?artigo_id=6994&n_link=revista_artigos_leitura.
- MACHADO, B.G.F. Universidade de Brasília, Publicação PTARH. DM-121/2009. Análise econômica aplicada à decisão sobre alocação de água entre usos irrigação e produção de energia elétrica: o caso da Bacia do rio Preto. 2009.160p. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, DF. 2009.
- MCKINNEY, D. C.; SAVITSKY, A. G. Basic optimization models for water and energy management. [S.l.]: [s.n.], 2006
- MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional. Portaria nº 1.082/2019/MDR, de 25 de abril de 2019. Estabelece a iniciativa Polos de Agricultura Irrigada como parte integrante das ações de implementação da Política Nacional de Irrigação e de incentivo ao desenvolvimento regional no âmbito do Ministério do Desenvolvimento Regional. *Diário Oficial da União*, Seção I, Brasília, DF, ano 2019, n. 82, p.25, 30 abr. 2019.
- MORAES, E. A. Modelos e Sistemas de Apoio a Decisão (SAD) para subsidiar a escolha de políticas de alocação sustentáveis de água: uma revisão e proposta de classificação. [S.l.]: [s.n.], 2012.
- MORAES, M. G. A. D.; MARQUES, G. F. A Economia da Alocação de Água. Relatório técnico final de consultoria ao Banco Mundial. [S.l.]. 2012.
- MORAES, M.M.G.A.; CIRILO, J.A.C.; SAMPAIO, Y.; ROCHA, S.P.V. - Gestão de recursos hídricos usando modelagem econômico-hidrológica integrada na identificação de alocação ótima

- de água entre usos múltiplos. – Revista de Gestão de Água da América Latina – volume 3 – nº1 – JAN/JUN 2006
- MOREIRA, M. C. SILVA, Demetrius David da. PRUSKI, Fernando Falco. LARA, Marcelo dos Santos. Índices para Identificação de Conflitos pelo Uso da Água: Proposição Metodológica e Estudo de Caso. Artigo. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.7.n.3.Jul/set,2012. Porto Alegre: RBRH, 2012
- NOEL, J. E.; GARDNER, B. D.; MOORE, C. V. Optimal regional conjunctive water management. American Journal of Agricultural Economics 62 (3), 1980. 489– 498.
- ONS – Operador Nacional do Sistema. Inventário das restrições operativas hidráulicas dos aproveitamentos hidrelétricos do ONS. Rio de Janeiro.2016.
- ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2020a. Sobre o SIN – Mapas: Diagrama Esquemático das Usinas Hidrelétricas do SIN. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acesso em: 01 jul. 2020.
- ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2020b. Resultados da Operação - Histórico da Operação. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- OLIVEIRA, Luiz F. C de; FIOREZE, Ana P. Estimativas de vazões mínimas mediante dados pluviométricos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.15, n.1, p.9–15, 2011.Campina Grande. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br>. Acesso: 12 de maio de 2017.
- PEREIRA, M.; CAMPODÓNICO, N.; KELMAN, R. Long-term Hydro Scheduling based on Stochastic Models. EPSOM'98, Zurich, 1998
- PEREIRA, M. V. F. Optimal scheduling of hydrothermal systems- an overview. Rio de Janeiro: Electric Energy Systems, 1985.
- PULIDO-VELAZQUEZ, M.; ANDREU, J.; SAHUQUILLO, A. Economic optimization of conjunctive use of surface water and groundwater at the basin scale. J. Water Resour. Plann. Manage., n. 132 (6), p. 454–467, 2006.
- READ, E. Economic Principles of Reservoir Operation I: Perfect Foresight. [S.l.]: College of Business Administration, University of Tennessee, 1982. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 105.
- SILVA, L.M.C.; HORA, M.A.G.M. Conflito pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio São Marcos: o estudo de caso da UHE Batalha. ENGEVISTA, V. 17, n. 2, p. 166-174, Junho 2015

- SILVA, G. N. S. Apoio à gestão sustentável de recursos hídricos através de um modelo hidro-econômico desenvolvido em diferentes cenários de uso do solo e clima: o caso do sub-médio do São Francisco. / Gerald Norbert Souza da Silva – 2017
- SOARES, S.; CARNEIRO, A. Optimal operation of reservoirs for electric generation. Power Delivery, IEEE Transactions on, v. 6, n. 3, p. 1101–1107, Jul 1991. ISSN 0885-8977. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 105.1991
- TILMANT, A.; ARJOON, D.; MARQUES, G. F. The economic value of storage in multireservoir systems. Journal of Water Resources Planning and Management, 2012.
- VASCONCELOS, R.F.R; SILVA JÚNIOR, L.H. A dinâmica da curva de demanda e da remuneração da água no conflito do alto São Marcos Revista XXXXXX, 2020. Submetido à publicação.
- WORLD BANK GROUP. High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy. Executive Summary. ed. Washington: The World Bank, 2016.

Considerações Finais

Este trabalho se propôs contribuir com o debate acerca do conflito hídrico no Alto São Marcos por meio de uma análise crítica evolutiva da dinâmica de usos instaurada na bacia, que atrelada a aplicação do modelo hidro-econômico otimize a alocação de água e colabore com a avaliação de políticas intersetoriais e mensuração do efeito econômico das tomadas de decisão. Por tratar-se de um conflito multisetorial que discute a dominialidade do recurso, a gestão integrada, a redistribuição e priorização dos usos, o Alto São Marcos destaca-se como um sistema hídrico oportuno para debater a incorporação de critérios econômicos conjuntamente com os instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos.

O primeiro trabalho, denominado “O conflito hídrico no Alto São Marcos: características, dilemas e desafios”, objetivou a caracterização da disputa entre os setores irrigante e elétrico, apresentação do histórico da evolução regulamentar dos instrumentos adotados, e ainda, discussão dos dilemas e desafios impostos. A partir da execução metodológica, verificou-se que seria necessário um conjunto de medidas para mitigar o conflito do São Marcos, que antes de se propor soluções efetivas relacionadas à eficiência ou à equidade, faz-se necessária, também, a adoção de medidas que perpassam pela construção de um diagnóstico sobre a situação atual e pela regulação dos usos vinculados à harmonia entre as competências estaduais e federal ao rio e seus afluentes. Ressalte-se ainda a necessidade de levantamento de dados atualizados dos irrigantes estaduais e federais, o que permitirá um diagnóstico mais pormenorizado do conflito em comparação aos limites normativos estabelecidos.

O segundo trabalho, denominado “A dinâmica da curva de demanda e da remuneração da água no conflito do Alto São Marcos”, trouxe a mensuração do efeito econômico que as vazões outorgadas a montante da UHE Batalha teriam sobre o setor elétrico a partir da definição do valor econômico da água e determinação do custo de oportunidade das outorgas. Corroborou-se com uma análise acerca da curva de demanda para os setores e da mensuração do custo de oportunidade instituído pelas outorgas a montante da hidrelétrica por perfis de remuneração e geração. Resultados que potencialmente suportam a tomada de decisões políticas que busquem equilíbrio econômico e eficiência na alocação da água.

O terceiro trabalho, denominado “Modelo hidro-econômico para o conflito hídrico no Alto São Marcos”, tratou da proposição e aplicação de um modelo hidro-econômico que otimize a alocação de água entre a geração hidrelétrica e a irrigação, e tenha como parâmetro o valor

econômico do recurso hídrico definido pela maximização de lucros intersetoriais. A partir dos resultados obtidos, verificou-se redução no valor da água para os irrigantes, considerando o valor outrora delimitado pela dinâmica real, sob a equivalente disponibilidade de insumos, indicação de eficiência da dinâmica sazonal proposta. Contudo, apesar da racionalidade econômica inserida, a reprodução da priorização do uso para setor irrigante, dentro dos limites estabelecidos, penalizou a remuneração e a geração da UHE Batalha, o que revela o efeito do volume outorgado a montante desta e mensura seu impacto na segurança hidroenergética.

Há de se ressaltar uma importante limitação deste trabalho. A ausência de dados atualizados dos irrigantes goianos, mineiros e federais em relação às vazões outorgadas, renda e custo, bem como sua efetiva regularização diante dos órgãos gestores. A maneira encontrada para contornar tal limitação foi à parametrização destes usuários em face da porcentagem de irrigantes federais mapeados em 2010. Ressalte-se ainda que se enfrentou o custo de aplicação e o nível de complexidade maior exigidos pela programação não linear adotada no trabalho, a não presença de um plano integrado para a bacia do São Marcos e a não uniformização quanto aos critérios de outorga e vazão de referência, entraves para uma modelagem mais precisa do conflito.

O trabalho trouxe uma ampliação do debate acerca do uso do custo de oportunidade da água entre usos múltiplos, mais especificamente irrigação por pivô central, e a geração de energia hidrelétrica. Contudo, salienta-se a necessidade de pesquisas futuras que discriminem o setor irrigante entre os estados que competem pelo recurso hídrico com a inserção do crescimento anual deste setor. Sugere-se também acrescentar os usuários a jusante do aproveitamento hidrelétrico, de forma a caracterizar por um panorama maior a dicotomia entre os usos. Além disso, preconiza-se a análise de diversos valores de outorgas de usos múltiplos a montante da UHE Batalha, bem como variação dos valores de garantia física desta, para estabelecer cenários prospectivos de tomada de decisão. Ressaltando, por fim, a importância da implementação de indicadores que valorem os princípios “poluidor-pagador” e “beneficiário-pagador” relacionados aos custos relacionados aos danos futuros e beneficiários dos recursos.