

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE QUINTIERE MAIA

SECA E CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA EM SANTA CATARINA: APLICAÇÃO
DE ÍNDICE DE CONFLITO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO CUBATÃO DO
SUL E DOS AFLUENTES DO RIO PEPERI-GUAÇU

FLORIANÓPOLIS

2020

FELIPE QUINTIERE MAIA

SECA E CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA EM SANTA CATARINA: APLICAÇÃO
DE ÍNDICE DE CONFLITO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO CUBATÃO DO
SUL E DOS AFLUENTES DO RIO PEPERI-GUAÇU

Artigo apresentado como requisito parcial à
conclusão do MBA em Gestão Ambiental, do
Programa de Educação Continuada em Ciências
Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador(a)/Professor(a): Profa. Ma. Michela
Rossane Cavilha Scupino

FLORIANÓPOLIS

2020

AGRADECIMENTOS

À Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE/SC) pela disponibilização da base de dados, fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa.

Seca e conflitos pelo uso da água em Santa Catarina: aplicação de índice de conflito nas bacias hidrográficas do Rio Cubatão do Sul e dos Afluentes do Rio Peperi-Guaçu

Felipe Quintiere Maia

RESUMO

A gestão da água por parte do poder público deve ser proativa e buscar sempre a redução de conflitos pelo uso da água. Contudo, com eventos de seca cada vez mais frequentes, faz-se necessário desenvolver ferramentas que auxiliem na tomada de decisão. Neste sentido, indicadores são desenvolvidos para melhorar a alocação de recursos humanos e financeiros. Para o presente estudo aplicou-se metodologia desenvolvida por Moreira *et al.* (2012) para duas bacias hidrográficas catarinenses com histórico de seca distintos: a bacia do Rio Cubatão e a bacia dos afluentes do Rio Peperi-Guaçu. Foi proposta uma alteração no indicador original, de forma a levar em consideração a recorrência de eventos de estiagem em cada bacia hidrográfica. As duas regiões apresentaram trechos críticos na relação entre demanda e disponibilidade, o que é um indicativo do possível surgimento de conflitos em situações de pouca água na calha do rio. Para a bacia dos afluentes do Peperi-Guaçu, concluiu-se que a adoção de medidas estruturais, como reservatórios de regularização, seriam capazes de amenizar a situação, pelo menos em um primeiro momento. Para a bacia do Cubatão, apenas quatro trechos na cabeceira continuariam com problemas após a aplicação de medidas estruturais.

Palavras-chave: Conflito. Seca. Recursos Hídricos. Indicador. Gestão.

ABSTRACT

Water management by the government should be proactive and always seek to reduce conflicts over the use of water. However, with more frequent drought events, it is necessary to develop tools that assist in decision making. Therefore, indicators are developed to improve the allocation of human and financial resources. The methodology developed by Moreira *et al.* (2012) was applied for two Santa Catarina basins with different drought histories: the Cubatão River basin and the Peperi-Guaçu River tributary basin. In addition, a change was proposed in the original indicator, in order to take into account the recurrence of drought events in each basin. The two regions presented critical parts in the relationship between demand and availability, which is an indication of the possible emergence of conflicts in situations of low water in the river channel. For the Peperi-Guaçu tributary basin, it was concluded that the adoption of structural measures, such as regularization reservoirs, would be able to alleviate the situation, at least at first moment. For the Cubatão basin, only four stretches at the headland would continue to have problems after the application of structural measures.

Keywords: Conflict. Drought. Water resources. Indicator. Management.

1 INTRODUÇÃO

Conflitos pelo uso da água sempre ocorrem em bacias hidrográficas. Estas disputas pela água, contudo, tendem a tornar-se cada vez mais frequentes em virtude das alterações climáticas, como apontam Seneviratne *et al.* (2012). Em maio de 2020, Santa Catarina apresentava apenas 18% dos municípios em situação de normalidade quanto ao abastecimento público (SANTA CATARINA, 2020).

Além dos problemas hidrológicos, observou-se também a escalada nos conflitos pelo uso da água, onde se pode destacar conflitos nas bacias hidrográficas do Rio do Peixe (SIMAE/Joaçaba), do Rio Itajaí (SMAE/Timbó) e do Rio Perequê (CASAN/CONASA).

A aplicação de indicadores auxilia os gestores públicos a definir prioridades e alocar o dinheiro público em medidas ou localidades que trarão maior benefício para a sociedade. Nesse sentido, entender quais os lugares com maiores probabilidades do surgimento de conflitos pelo uso da água permite que o poder público tome medidas mitigadoras de forma antecipada, reduzindo, ou até mesmo evitando, o surgimento de conflitos pelo uso da água nas bacias hidrográficas.

Assim, este trabalho tem como objetivo adaptar uma metodologia que seja capaz de, quando aplicada para todo o estado, identificar áreas mais propensas ao surgimento de conflitos pelo uso da água e permitir uma melhor priorização na aplicação dos recursos públicos voltados à segurança hídrica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Ainda que conflitos pelo uso da água possam surgir a qualquer momento dentro de uma bacia hidrográfica, é perceptível que as disputas entre usuários se intensificam durante períodos de seca e estiagem. Neste sentido, faz-se necessário entender conceitos como os de conflitos e seca, como a gestão dos recursos hídricos relaciona-se com estes dois fatores e quais indicadores podem ser utilizados como ferramentas pelos tomadores de decisão.

2.1 BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que converge todos os escoamentos para um único ponto de saída, denominado exutório (FINKLER, 2012). Grandes bacias hidrográficas podem ainda ser divididas

em unidades menores, as denominadas sub-bacias, que facilitam a gestão por permitirem uma maior compreensão dos efeitos hidrológicos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/97 definiu em seus fundamentos que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Assim, a gestão das águas brasileiras é descentralizada, focada na melhoria de cada bacia hidrográfica, utilizando para tal diversas ferramentas, como a instituição de comitês, planos de Bacia e enquadramento (BRASIL, 1997).

2.2 CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA

Conflito, segundo Mostert (1998), pode ser entendido como desentendimentos sobre o curso da ação a ser tomada. Estes desentendimentos podem ser divididos em três grupos principais:

- Discordância factual, que nasce de uma discordância genuína sobre os fatos que envolvem o caso concreto;
- Aspectos relacionais, que surgem de desconfiças e lutas pelo poder;
- Conflitos de interesses, como ganhos e perdas econômicas ou atendimento de necessidades básicas como distribuição de água potável. É o mais recorrente na gestão de recursos hídricos.

Como apontado por Moreira *et al.* (2012), bacias hidrográficas com pouca demanda por água, ou seja, aquelas que apresentam baixa densidade populacional, pouco uso do solo e baixo desenvolvimento industrial, exigem menos atenção quanto a sua gestão. Por outro lado, conforme os usos vão se intensificando, a tendência é que conflitos se tornem mais frequentes.

Esta ideia é reforçada por Prestes *et al.* (2018), que afirmam que a crescente demanda por água doce, aliada a sua natureza finita, desperta a preocupação da sociedade quanto a questões centrais do desenvolvimento sustentável.

Aliado ao crescimento natural da ocupação humana nas bacias hidrográficas, não se pode desconsiderar o efeito das mudanças climáticas no planejamento a médio e longo prazo. Um clima em mudança leva a alterações na frequência, intensidade, extensão espacial, duração e tempo de eventos extremos, como afirmam Seneviratne *et al.* (2012). Portanto, para a avaliação de conflitos pelo uso da água, espera-se que eventos de seca se tornem mais frequentes e intensos, o

que dificulta a gestão e exige maior controle sobre possíveis zonas de disputa pelo recurso.

Wilhite (2000) mostra que reduções nos níveis dos reservatórios e do lençol freático nas porções a jusante da bacia hidrográfica, característica marcante em períodos de estiagem e seca, podem resultar em sérios impactos no abastecimento público de água, produção de energia hidrelétrica, transporte, agricultura e outros setores e resultar em conflitos entre os usuários de água a montante e a jusante

Segundo Mostert (1998), a correta resolução de conflitos pelo uso da água é componente essencial da gestão hídrica. Esta visão é corroborada por Moreira *et al.* (2012), que afirmam que a maioria dos conflitos pelo uso da água decorre da má gestão e planejamento dos recursos hídricos que, de forma geral, está ligada à inexistência de informações que associem outorgas e disponibilidade hídrica.

A alocação negociada de água é o instrumento utilizado pelos gestores públicos para realizar o compartilhamento da água, em determinada bacia hidrográfica, sobretudo durante o período seco, quando a quantidade demandada é maior que a quantidade disponível. As regras de divisão são estabelecidas com a participação dos usuários detentores de outorga de direito de uso de recursos hídricos (ADASA, 2020).

A seca funciona, portanto, como um fator intensificador de conflitos. As fortes reduções na disponibilidade hídrica impedem que a água continue atendendo aos múltiplos usos. Cabe aos gestores, em acordo com os usuários ou não, restringir os usos para aqueles considerados essenciais, até que se retorne à normalidade.

Determinar bacias hidrográficas, ou mesmo trechos de rios, cujos riscos de conflitos emergirem são mais elevados, permite que, mesmo antes dos momentos de escassez hídrica, o poder público dê maior atenção à situação naquela região e consiga contornar a situação antes que a disputa seja instalada.

2.3 SECA

Prestes *et al.* (2018) evidenciaram, em seu estudo sobre os conflitos na região oeste de Santa Catarina, que as disputas ocorrem em épocas pouco chuvosas. Durante o restante do ano, em função da maior disponibilidade de água, estes conflitos são esquecidos pela população. Assim, o caráter temporário dos conflitos apresenta-se como fator dificultador para sua resolução.

Albuquerque (2010) aponta que no Brasil existe a distinção entre seca e estiagem. Esta diferenciação, contudo, não é acompanhada internacionalmente, onde a seca é considerada um fenômeno único, classificada de acordo com os impactos gerados.

Para Castro *et al.* (2003), a estiagem é caracterizada pela redução das precipitações pluviométricas (mais que 60% abaixo das médias mensais de longo período), atraso da estação chuvosa (superior a 15 dias) ou, ainda, ausência de chuva prevista para um determinado período. Esta queda a níveis abaixo da normal climatológica compromete as reservas hidrológicas. São menos intensas e duradouras do que os eventos de seca.

Já a seca pode ser caracterizada como uma estiagem prolongada, onde as reservas hídricas diminuem em função da redução da precipitação, maiores perdas por evaporação e incremento no consumo. Os autores destacam, ainda, que a seca é um fenômeno social, marcado pela situação endêmica de pauperismo e estagnação econômica e que não se restringe ao nordeste, podendo ocorrer em qualquer região (Castro *et al.*, 2003 e Wilhite, 2000).

Conforme aponta Herrmann (2014), adversidades atmosféricas, como as secas, costumam causar impactos negativos nas áreas de incidência, tanto no meio rural como no meio urbano. Por vezes, estes impactos podem ser irreparáveis.

2.4 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A gestão dos recursos naturais e, por consequência, dos recursos hídricos, deve buscar o desenvolvimento sustentável, cujo conceito foi introduzido nas discussões sobre meio ambiente ainda na década de 70, durante a Primeira Convenção das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo (ONU, 1987). A gestão da água, portanto, deve abranger questões relacionadas a disponibilidade e demanda, assim como fatores sociais, culturais e institucionais (VIEIRA, 2008).

A Lei 9.433/97, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (BRASIL, 1997), criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e determinou que os comitês e agências de bacia são os responsáveis por intermediar conflitos dos usos múltiplos na primeira instância (PRESTES *et al.*, 2018). Além disso, a PNRH apresenta seis instrumentos de gestão no artigo 5º. Dentre eles, os que possuem mais relação com o controle de conflitos são:

- Planos de Recursos Hídricos (inciso I): o plano, quando bem elaborado, já deve ser capaz de identificar zonas de maior relação entre demanda e disponibilidade, bem como guiar as ações governamentais para que surtam o maior efeito positivo possível
- Cobrança pelo uso (inciso IV): É a materialização de um dos principais fundamentos da PNRH (a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico). A tendência é que, ao ser percebida como um recurso limitado, e passível de cobrança, o uso da água torne-se cada vez mais racional, e os usuários tentarão maximizar seu benefício.
- Outorga dos Direitos de Uso (inciso III): a outorga é o instrumento mais capaz de reduzir conflitos. Assim, é fundamental que o órgão gestor responsável pela emissão tenha controle sobre a disponibilidade hídrica de cada rio, de forma a não outorgar novos usos em trecho crítico.

Os instrumentos de gestão, como apontam Prestes *et al.* (2018), apresentam objetivos diferentes em sua implantação, acarretando em vantagens e desvantagens não sendo, todavia, excludentes entre si, ainda que sua aplicação integrada seja de maior nível de complexidade.

Savenije e Van der Zaag (2002) definem que o conjunto de estratégias que afetem a demanda, de forma a se obter o uso mais eficiente e sustentável do recurso hídrico, é chamado de gestão da demanda, que pode incluir medidas estruturais e não estruturais (ou estruturantes). A primeira está relacionada com obras de infraestrutura, como controle de vazamentos ou novas aduções de água. Já a segunda, relaciona-se com mudanças comportamentais dos usuários, obtidas por incentivos econômicos e legais (como a outorga e a cobrança).

Segundo Castro *et al.* (2003), o homem não tem condições de influenciar na magnitude da seca (que depende da dinâmica atmosférica). Portanto, as medidas preventivas devem objetivar a minimização dos danos, concentrando-se nas vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais.

Vários desastres naturais podem afetar significativamente os recursos hídricos de forma a gerar conflitos pelo uso como, por exemplo, rompimentos de barragens, plumas de contaminação, enchentes e secas. Destas, a seca é a mais comum e, conseqüentemente, a mais conhecida. Desta forma, por se tratar do principal fator gerador de disputas pela água, entender o que é a seca, como ela se estabelece e como deixa de existir é fundamental para a gestão de conflitos.

Sob a ótica da gestão de recursos hídricos, Wilhite (2000) afirma ser imperativo que seja dada maior ênfase à mitigação, preparação, previsão e aviso prévio se a sociedade quiser reduzir os danos econômicos e ambientais associados à seca e suas adversidades.

No que se refere ao enfrentamento de períodos de seca, há necessidade de mudar a abordagem reativa, com foco em ações de mitigação quando a seca já está instalada e causando prejuízos. Este comportamento foi denominado de ciclo hidro-ilógico pelo meteorologista Donald Wilhite, em entrevista ao Banco Mundial (Banco Mundial, 2013). A Figura 1 ilustra a abordagem ineficiente que costuma ser adotada.

FIGURA 1: O CICLO HIDRO-ILÓGICO



FONTE: Banco Mundial (2013)

O que ocorre, conforme explica o Donald Wilhite (BANCO MUNDIAL, 2013), é que o ciclo vicioso inicia-se com a população e gestores em um momento de pânico em função de uma seca muito severa. Quando a precipitação é normalizada, ela traz consigo a apatia dos atores envolvidos, que não se preocupam com medidas de preparo para o próximo evento de seca. Assim, quando a seca volta – e ela sempre volta – a se estabelecer na região, novamente causa preocupação e pavor naqueles que não se prepararam.

A gestão deve, portanto, evoluir para uma abordagem proativa, onde medidas estruturais e estruturantes são tomadas inclusive, e por que não, preferencialmente, em períodos de normalidade nos índices de precipitação.

Nesse sentido, ser capaz de identificar quais as regiões são mais propícias a instauração de conflitos pelo uso da água, decorrentes de eventos de seca, faz-se fundamental para a melhor aplicação dos recursos financeiros.

2.5 HISTÓRICO DE ESTIAGENS EM SANTA CATARINA

O levantamento de Herrmann (2014), realizado no período de 1980 a 2010, mostra que ocorreram 1.536 eventos de estiagem ao longo dos anos pesquisados, que geraram altos danos econômicos. Contudo, não há registro de todos os episódios, uma vez que apenas a partir de 1987 as estiagens passaram a ser sistematizadas, com os cálculos de prejuízos ocorrendo somente a partir do ano 2000. Os prejuízos ocasionados pelas estiagens no período de 2000 a 2010 somaram, aproximadamente, 5 bilhões de reais. Foi verificado, também, que a partir de 2004 a frequência de ocorrência de estiagens aumentou.

Os anos de maior magnitude de estiagem encontrados por Herrmann (2014) foram 2005 e 2009, com 294 e 254 municípios atingidos, respectivamente. Desde 2019, Santa Catarina vivencia um dos mais severos episódios de seca da história. Conforme Santa Catarina (2020), todo o Estado (295 municípios) encontrava-se, nos primeiros dias do mês de maio, em situação crítica de estiagem. Ao avaliar os boletins hidrometeorológicos divulgados pelo Estado, entre os meses de março e setembro de 2020, 93% dos municípios apresentaram, em algum momento, vazão de permanência nos rios abaixo da Q_{90} e/ou problemas no abastecimento público.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2018) apresenta o histórico de estiagens para cada região hidrográfica. O resultado desse levantamento é apresentado na Figura 2.

FIGURA 2: MAPA APRESENTANDO A MÉDIA DE ESTIAGENS POR REGIÃO HIDROGRÁFICA



Fonte: Santa Catarina (2018)

De forma geral, percebe-se que a região oeste do Estado é mais propícia a vivenciar situações de estiagem, enquanto a região litorânea é menos vulnerável.

A seca, para esta análise, funciona como um intensificador de conflitos, de forma que é importante levá-la em consideração no planejamento das ações, visto seu caráter recorrente ao longo dos anos.

2.6 INDICADORES

A aplicação de indicadores auxilia os gestores públicos a definir prioridades e alocar o dinheiro público nas localidades que trarão maior benefício para a sociedade.

Existem diversos indicadores capazes de quantificar a intensidade de um evento de seca, como por exemplo o Índice de Precipitação Padronizado (SPI, do inglês *Standardized Precipitation Index*), que é um índice desenvolvido por McKee *et al.* (1993) e amplamente utilizado para caracterizar a seca meteorológica em uma variedade de escalas de tempo.

Há ainda o Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (SPEI, do inglês *Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index*) que atende aos requisitos de um índice de seca, pois seu caráter multi-escalar permite que seja usado por diferentes disciplinas científicas para detectar, monitorar e analisar secas (Index, 2011). Estes dois indicadores amplamente utilizados, contudo, são úteis para a mensuração de eventos de seca, não havendo muita valia para a detecção de áreas críticas para eventos futuros.

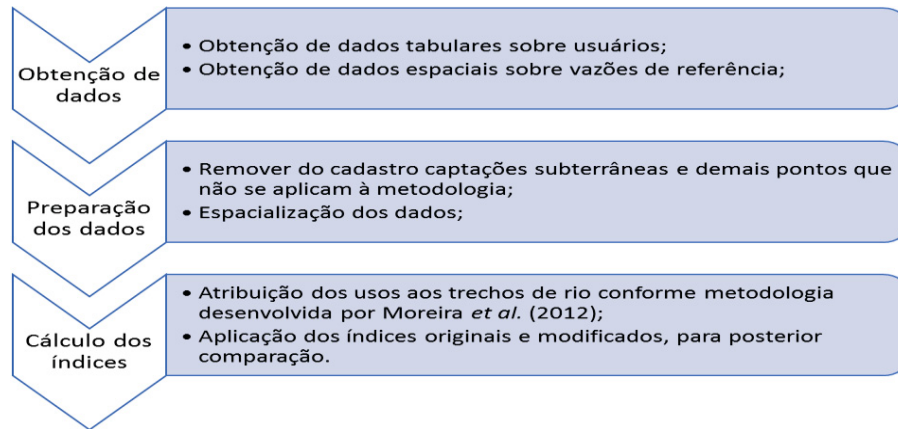
A Agência Nacional de Águas (ANA), em parceria com os estados vêm desenvolvendo o Monitor de Secas, um processo de acompanhamento regular e periódico da situação da seca no Brasil, cujos resultados consolidados são divulgados por meio do Mapa do Monitor de Secas. Contudo, novamente, não é um índice capaz de ser aplicado para o tipo de análise requerida para o controle de conflitos futuros.

Nesse sentido, o índice de conflito pelo uso da água desenvolvido por Moreira *et al.* (2012) é de grande valia. A metodologia proposta para estes índices é apresentada no item 3 Metodologia, assim como a alteração proposta em seu trabalho para agregar a variação histórica verificada para o Estado de Santa Catarina.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa, seguiu-se o fluxograma mostrado na Figura 3 e detalhado posteriormente.

FIGURA 3: FLUXOGRAMA METODOLÓGICO



FONTE: O autor (2020)

Após contato com a Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável de Santa Catarina (SDE/SC), foram compartilhados os dados do cadastro de usuários e a disponibilidade hídrica dos rios inseridos das bacias hidrográficas piloto. Estes dados foram espacializados e filtrados, de forma que os cadastros inconsistentes ou referentes às águas subterrâneas fossem excluídos da análise.

Para a determinação dos trechos mais propensos a lidar com futuros conflitos pelo uso da água nas bacias hidrográficas selecionadas, utilizou-se como base a metodologia proposta por Moreira *et al.* (2012), que se mostrou eficaz para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, uma vez que faz uma relação entre vazão retirada do corpo hídrico e sua respectiva disponibilidade hídrica..

O primeiro dos indicadores, denominado índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos (i_{cg}), é dado pela Equação 1:

$$i_{cg} = \frac{Q_{out}}{xQ_{mr}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde

i_{cg} = índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos

Q_{out} = vazão outorgada a montante da foz do segmento em estudo

x = percentagem, expressa em decimal, da Q_{mr} passível de ser outorgada

Q_{mr} = vazão mínima de referência estimada na foz do segmento em estudo

O resultado obtido no denominador do índice corresponde ao volume passível de ser outorgado conforme critério definido pelo órgão gestor. Quando o i_{cg} se encontra entre 0 e 1, as vazões outorgadas estão dentro dos limites legais. Qualquer valor superior a 1 indica condição acima da permitida.

Com o objetivo de aumentar a sensibilidade do i_{cg} , Moreira *et al.* (2012) subdividiram o intervalo entre 0 e 1 em quatro classes, descritas na Tabela 1:

TABELA 1: INTERPRETAÇÃO DOS INTERVALOS DE i_{cg} DENTRO DOS LIMITES LEGAIS

Intervalo de i_{cg}	Significado
$i_{cg} = 0$	A vazão outorgável é igual a vazão máxima passível de outorga. Ou seja, não há interferências naquele trecho;
$0 < i_{cg} \leq 0,7$	Vazão ainda permissível de ser outorgada superior a 30% da vazão máxima passível de outorga ;
$0,7 < i_{cg} \leq 0,9$	Vazão ainda permissível de ser outorgada inferior a 30% e superior a 10% da vazão máxima passível de outorga;
$0,9 < i_{cg} \leq 1$	Resta apenas 10% da vazão total outorgável para aquele trecho ainda disponível para novas captações.

FONTE: Moreira *et al.* (2012)

Para valores superiores a 1, foi proposta uma segunda avaliação. Calcula-se novamente o índice não aplicando o percentual passível de ser outorgada. Ou seja, verifica-se as outorgas com base na vazão mínima de referência. Para isso, basta multiplicar o i_{cg} por x. Os resultados podem se enquadrar em duas situações, apresentadas na Tabela 2:

TABELA 2: INTERPRETAÇÕES DO RESULTADO DE $x i_{cg}$

Intervalo	Significado
$x i_{cg} \leq 1$	Vazão outorgada é inferior à vazão mínima de referência;
$x i_{cg} > 1$	Vazão outorgada superior à vazão mínima de referência.

FONTE: Moreira *et al.* (2012)

O segundo indicador proposto por Moreira *et al.* (2012) é o índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos (i_{cp}). Este indicador é voltado para a previsão e avaliação de ações alternativas e futuras que servirá como auxiliador na tomada de decisões. O índice é apresentado na Equação 2:

$$i_{cp} = \frac{Q_{out}}{Q_{mld}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

i_{cp} = índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos

Q_{mld} = vazão média de longa duração na foz do segmento em estudo

A adoção da vazão média de longa duração explica-se pela necessidade de se determinar se, caso haja conflito, este poderia ser contornado por meio de medidas estruturais, como a construção de reservatórios de regularização. As respostas obtidas por esse indicador podem ser interpretadas da seguinte forma:

$i_{cp} = 0$ = não existem vazões outorgadas a montante da foz do segmento analisado

$0 < i_{cp} \leq 1$ = existindo o conflito pelo uso da água, ainda se pode contorná-lo com a adoção de medidas estruturais

$i_{cp} > 1$ = conflito não pode ser contornado apenas com medidas estruturais

Além da aplicação dos indicadores descritos por Moreira *et al.* (2012), buscou-se também agregar a variável histórica ao indicador. Para isso, com base na avaliação descrita no Plano Estadual de Recursos Hídricos (SANTA CATARINA, 2018a), as regiões mais propensas a vivenciar períodos de seca foram identificadas, para que suas medidas estruturais e estruturantes sejam eventualmente priorizadas frente aquelas que, apesar de apresentarem relações entre outorgas e disponibilidade hídrica similares, muito raramente vivenciam estiagens.

Para inclusão do fator histórico ao índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos (i_{cg}) proposto por Moreira *et al.* (2012), cuja fórmula foi descrita na Equação 1, um fator de peso de até 10% foi agregado à fórmula.

Para a determinação do peso histórico de cada RH, definiu-se de forma arbitrária que aquela com maior recorrência de estiagens por ano teria peso total (10%) e as demais reduziram sua relevância de forma proporcional à redução no número de estiagens por ano verificadas.

Este fator histórico consiste em uma adaptação do índice proposto por Moreira *et al.* (2012). Assim, a Equação 3, que define o índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos modificado (i_{cgm}), é descrita como:

$$i_{cgm} = (1 + R) \frac{Q_{out}}{xQ_{mr}} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que

I_{cg} = índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos

Q_{out} = vazão outorgada a montante da foz do segmento em estudo

x = percentagem, expressa em decimal, da Q_{mr} passível de ser outorgada

Q_{mr} = vazão mínima de referência estimada na foz do segmento em estudo

R = fator histórico, variando entre 0 e 0,1

Para o índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos (I_{cp}) optou-se por aplicá-lo tal qual é descrito por Moreira *et al.* (2012). Os índices foram calculados por trecho de rio e, posteriormente, os resultados foram espacializados em forma de mapa para melhor visualização.

Para verificar o impacto da alteração proposta no índice, optou-se por trabalhar com duas bacias hidrográficas piloto de forma simultânea, uma localizada em uma região bastante propensa a eventos de seca e estiagem (Bacia dos afluentes do Rio Peperi-guaçu, no extremo oeste de Santa Catarina) e outra em região com menor número de eventos registrados (Bacia do Rio Cubatão, no litoral catarinense).

A bacia hidrográfica do Rio Cubatão é uma das cinco bacias da Região Hidrográfica número 8 (RH8), denominada de Litoral Centro. As inundações são os eventos hidrológicos extremos mais comuns na RH8, ocorrendo em média sete vezes por ano. Quanto à ocorrência de estiagens, a região é menos propensa, com aproximadamente um evento acontecendo a cada dois anos (SANTA CATARINA, 2018).

A RH8 caracteriza-se por ser bastante antropizada, com remanescentes de mata nativa atingindo apenas 10% da áreas total. Além disso, 93% da população reside em áreas urbanas. A economia é caracterizada pela forte presença do setor industrial e de serviços. A região apresenta IDHM médio de 0,793, classificado como alto segundo o PNUD e o mais alto entre todas as RH do estado (SANTA CATARINA, 2018).

Este fator explica a classificação, dentro do plano, como disponibilidade hídrica subterrânea de preocupante a péssima na bacia hidrográfica. Portanto, são consideradas críticas, do ponto de vista quantitativo, para a expansão das atividades demandadoras de água subterrânea, o que pode aumentar ainda mais as demandas

sobre os recursos superficiais. Estes, por sua vez, encontram-se, na grande maioria dos trechos, em situação favorável, sendo a bacia hidrográfica com maior área disponível para expansão das atividades demandadoras de água. Esta propensão à expansão, aliada a alterações no ciclo hidrológico e baixo controle estatal pode resultar no aumento dos conflitos na região.

A Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Peperi-Guaçu, juntamente com a bacia do Rio das Antas formam a Região Hidrográfica 1 (RH1) de Santa Catarina. A RH1 é aquela que se localiza no extremo oeste do Estado, na divisa com a Argentina.

A drenagem dessa RH divide-se entre escoamentos diretos para o Rio Uruguai (Antas e alguns sistemas de drenagem independentes) e escoamentos para o Rio Peperi-Guaçu (rio de domínio da União, por ser fronteiro). É a terceira região mais suscetível a estiagens do Estado, com média de 14 eventos por ano. Quanto à qualidade de vida, apesar do IDHM médio de 0,746, classificado como alto pelo PNUD, a região fica aquém da média de Santa Catarina (Santa Catarina, 2018a).

Sacco (2010) descreve a economia da Mesorregião Oeste de Santa Catarina – a qual a Bacia dos Afluentes do Rio Peperi-Guaçu está inserida. A região passou por quatro ciclos: o da pecuária, da erva-mate, da madeira e, atualmente, encontra-se no ciclo agroindustrial.

Apesar da queda de participação da Agropecuária no Valor Adicionado Bruto (VAB) total da região identificado por Fischer, (2020), o setor continua sendo o mais relevante do oeste catarinense, respondendo por 40% do setor em todo o Estado. É importante notar que Fischer, (2020) identifica que este valor vem oscilando ao longo do período da série histórica avaliada, e que este comportamento é principalmente influenciado por fatores climáticos e mercadológicos, reforçando a importância do estudo da seca e seus conflitos.

Prestes *et al.* (2018) verificaram que, em função da região meio oeste de Santa Catarina ser um grande produtor de aves, bovinos e suínos, a maior parte dos conflitos levantados pelos pesquisadores envolviam a atividade agroindustrial.

4 RESULTADOS

A apresentação dos resultados foi dividida em duas partes principais: preparação e avaliação dos dados; cálculo dos índices e avaliação dos resultados obtidos.

4.1 PREPARAÇÃO DOS DADOS

Para a aplicação dos índices propostos, é preciso identificar as vazões captadas superficialmente trecho a trecho. Os dados do cadastro de usuários de Santa Catarina, contudo, trás diversas outras captações, de forma que fez-se necessário tratar esses dados, selecionando apenas as informações compatíveis com a metodologia.

4.1.1 Bacia do Rio Cubatão

O cadastro de usuários completo disponibilizado pela SDE apontou 263 captações de água na bacia do Cubatão. O resumo dos dados é apresentado na Tabela 3.

TABELA 3: CADASTRO DE USUÁRIOS DO RIO CUBATÃO DO SUL

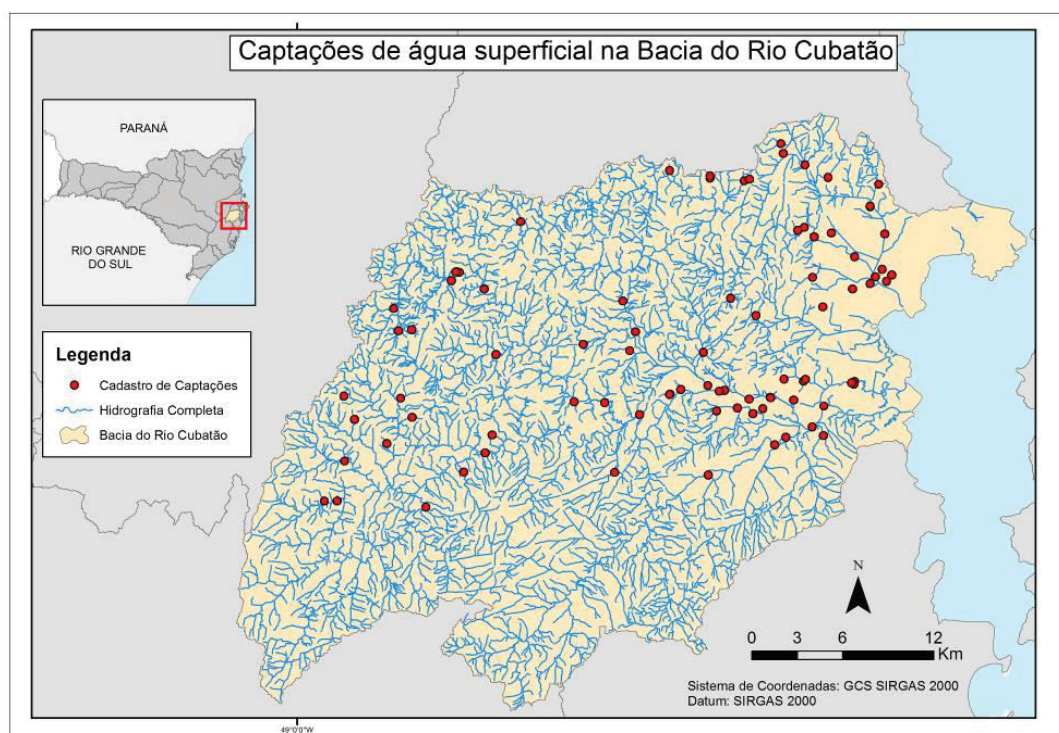
Tipo de Interferência	Número	Utilizada para índice?
Com parecer desfavorável	29	Não
Açude	6	Não
Lago natural ou lagoa	6	Não
Nascente	66	Não
Poço Profundo	46	Não
Poço raso	16	Não
Vazão 0 L/s	7	Não
Rede Pública	10	Sim
Rio ou curso d'água	77	Sim

FONTE: SDE, (2019)

Como os modelos se baseiam em outorgas e permissões de captações em corpos hídricos superficiais, assim como utilizam as vazões de referência, as captações que não fossem superficiais foram desconsideradas. Portanto, apenas aproximadamente 30% das interferências foram aproveitadas, indicadas na Figura 4.

O cadastro de usuários de Santa Catarina está passando por reformulações com o advento do novo sistema de outorga, previsto para ser implantado em 2020. Percebeu-se a existência de alguns cadastros errados, cadastros-teste entre outros que foram desconsiderados. Contudo, não é possível descartar a possibilidade de que alguma das captações selecionadas para a análise não exista na realidade.

FIGURA 4: MAPA DAS CAPTAÇÕES SUPERFICIAIS DA BACIA DO RIO CUBATÃO DO SUL



FONTE: SDE (2019)

Cada nascente configura a criação de um trecho de drenagem, assim como cada confluência entre um curso d'água e outro, resulta em um novo trecho. A rede hidrográfica do Rio Cubatão apresenta 4.374 trechos, conforme dados fornecidos pela SDE. Para cada trecho, a SDE disponibilizou as vazões de referência e de longa duração.

4.1.2 Bacia dos Afluentes do Rio Peperi-Guaçu

O cadastro de usuários completo disponibilizado pela SDE (SDE, 2019) apontou 4.027 captações de água na bacia hidrográfica. O resumo dos resultados é apresentado na Tabela 5.

Percebe-se das informações apresentadas na Tabela 5 que a captação em água subterrânea é muito mais usual nesta região do que captações em águas superficiais. Uma possível explicação se dá pelas atividades desenvolvidas em cada bacia hidrográfica. Enquanto a bacia do Rio Cubatão apresenta um número maior de usos industriais, assim como cidades mais populosas, a região oeste de Santa

Catarina apresenta a agropecuária como principal atividade. Assim, interferências do tipo “açude” ou “poço”, são mais usuais na RH1 do que na RH8.

TABELA 5: CADASTRO DE USUÁRIOS DA BACIA DOS AFLUENTES DO RIO PEPERI-GUAÇU

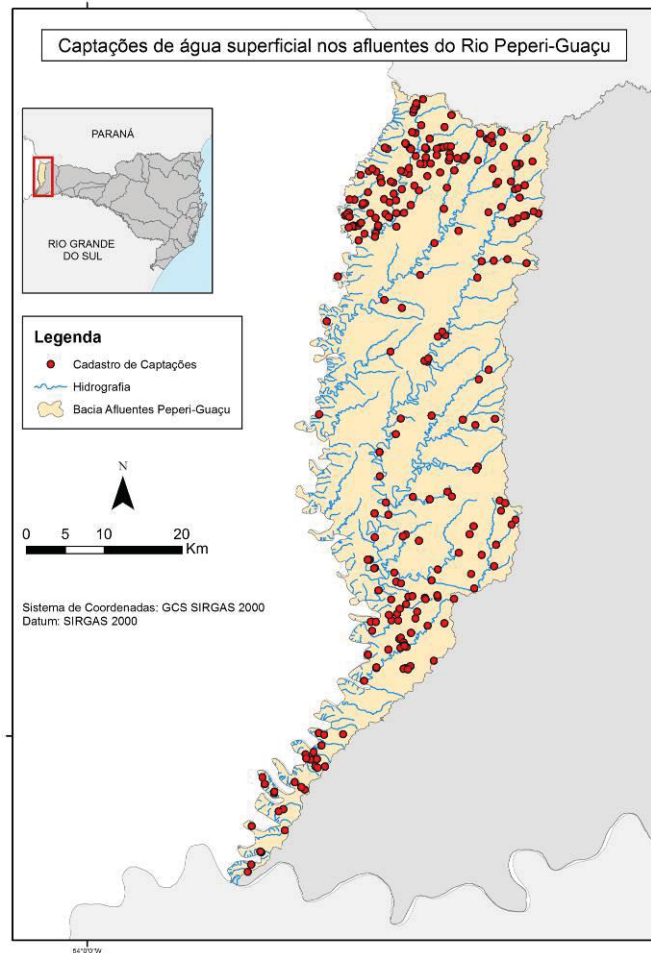
Tipo de Interferência	Número	Utilizada para índice?
Com parecer desfavorável	100	Não
Açude	586	Não
Barragem Subterrânea	3	Não
Estuário	1	Não
Lago natural ou lagoa	153	Não
Nascente	1302	Não
Poço Profundo	250	Não
Poço raso	1275	Não
Vazão 0 L/s	70	Não
Captações no Rio Peperi-Guaçu	14	Não
Rede Privada	5	Sim
Rede Pública	66	Sim
Rio ou curso d'água	205	Sim

FONTE: SDE (2019)

Captações cujas coordenadas indicavam retirada de água diretamente do Rio Peperi-Guaçu também foram desconsideradas para a análise, uma vez que se objetiva dar ferramentas para a gestão estadual dos recursos hídricos.

Desta maneira, apenas aproximadamente 7% das captações cadastradas foram utilizadas para a aplicação dos índices de conflito. Estas interferências são apresentadas na Figura 5.

FIGURA 5: MAPA DAS CAPTAÇÕES SUPERFICIAIS DA BACIA DOS AFLUENTES DO RIO PEPERI-GUAÇU



FONTE: SDE (2019)

Quanto aos trechos da rede de drenagem, a bacia hidrográfica apresenta 377 trechos no arquivo disponibilizado pela SDE.

4.2 CÁLCULO DOS ÍNDICES

Apenas com os dados fornecidos pela SDE seria possível calcular os índices de conflito propostos por Moreira *et al.* (2012). Contudo, para que aplicasse a modificação proposta para agregar o fator histórico, foi preciso sistematizar as informações contidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina sobre estiagens de forma a se obter o valor de R da Equação 3 para cada RH. Estes dados são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6: HISTÓRICO DE ESTIAGENS E RESPECTIVO VALOR DE R

Região Hidrográfica	Estiagens por ano	Valor de R
RH1	14	0,06
RH2	23	0,1
RH3	16	0,07
RH4	8	0,034
RH5	3	0,01
RH6	0	0
RH7	7,4	0,032
RH8	0,5	< 0,01
RH9	0,2	< 0,01
RH10	1	< 0,01

FONTE: Santa Catarina (2018)

Conforme metodologia apresentada, a RH com maior número de estiagens por ano foi considerada como o máximo que o valor de R poderia atingir, no caso, 0,1 (10% de peso no índice). Os demais valores de R foram reduzidos de forma proporcional ao número de estiagens por ano de cada Região Hidrográfica.

A RH3, onde se localizam os afluentes do Rio Peperi-Guaçu foi identificada como a terceira Região Hidrográfica com estiagens mais recorrentes, ao passo que a RH8, onde localiza-se o Rio Cubatão, por apresentar um valor de R marginal, teve seu fator histórico zerado para a análise.

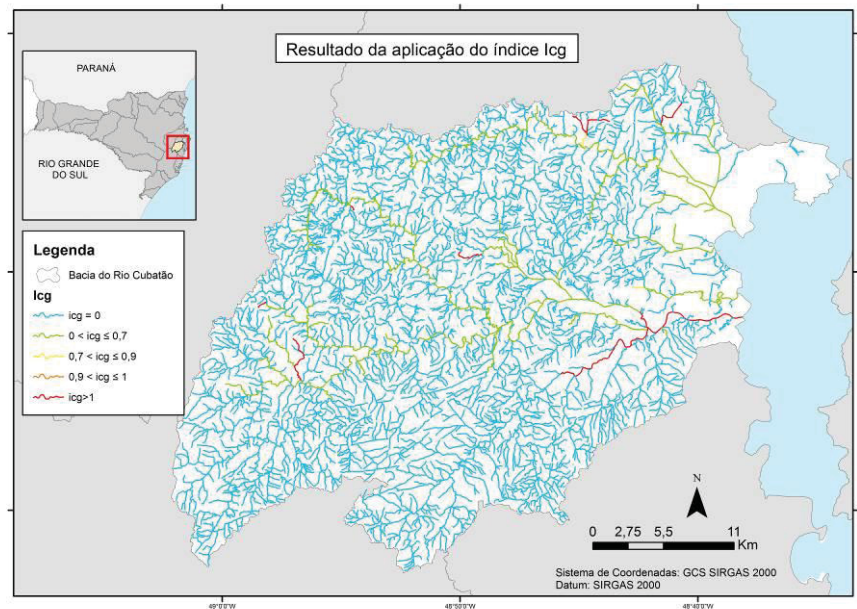
Para a bacia do Rio Cubatão, a vazão mínima de referência para outorgas é a Q_{98} , sendo que 50% dessa vazão pode ser outorgada. Já para a bacia dos afluentes do Rio Peperi-Guaçu, o Comitê de Gerenciamento da Bacia do Rio das Antas e Bacias Contíguas (Comitê Antas) determinou que a vazão de referência é a Q_{95} , sendo que 50% da vazão pode ser outorgada (COMITÊ ANTAS, 2017).

4.2.1 Índices da Bacia do Rio Cubatão

Como o valor do fator histórico de estiagens desta bacia hidrográfica foi marginal, não foi calculado o índice modificado i_{cgm} . Para cada segmento de rio foi atribuído um valor de outorgas existentes à montante e aplicadas as Equações 1 e 2. Os resultados do índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos

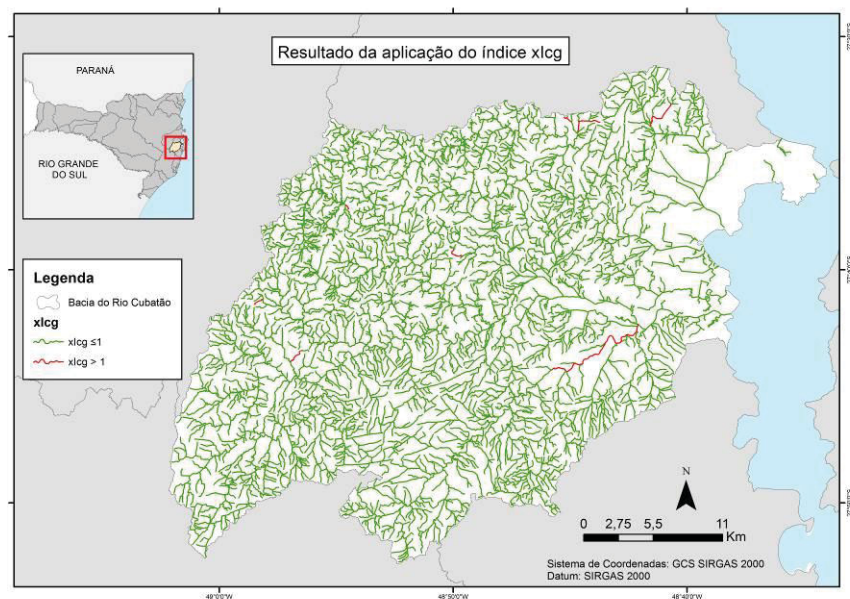
hídricos (i_{cg}) e sua variante onde se utiliza toda a vazão de referência ($x_{l_{cg}}$) para a Bacia do Cubatão são apresentados nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

FIGURA 6: RESULTADO DA APLICAÇÃO DO ÍNDICE i_{cg} NA BACIA DO RIO CUBATÃO



FONTE: O AUTOR (2020)

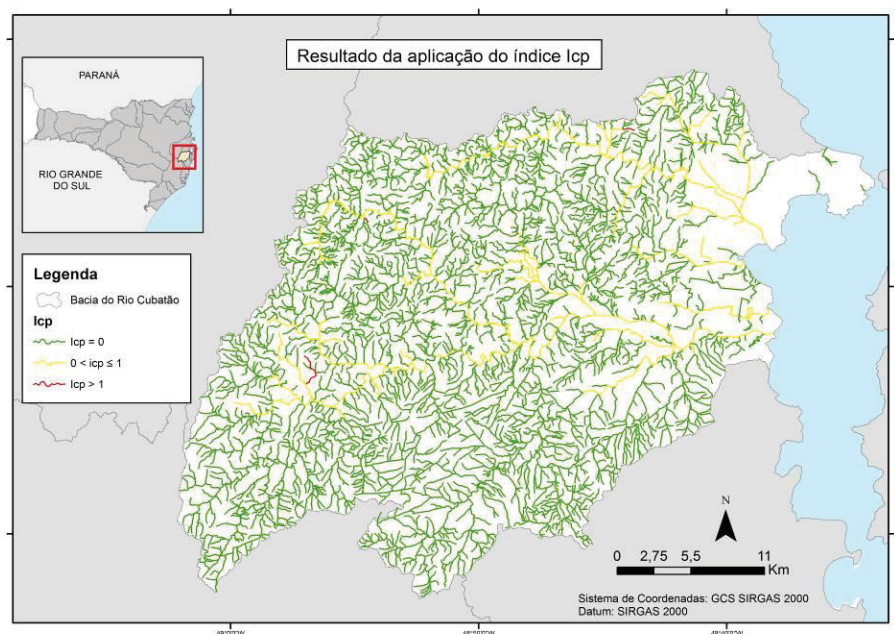
FIGURA 7: RESULTADO DA APLICAÇÃO DO ÍNDICE $x_{l_{cg}}$ NA BACIA DO RIO CUBATÃO



FONTE: O AUTOR (2020)

A aplicação do índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos resultou em 47 trechos com valores superiores a 1, ou seja, que a vazão outorgada está acima do limite de 50% da Q_{98} . Ao avaliar o x_{icg} , verificou-se que mesmo não aplicando a porcentagem de 50% da vazão de referência, 25 trechos continuavam em situação crítica (superior a 1). Houve melhora na região da foz do Rio Cubatão, onde o indicador passou de acima de 1 (indicado no mapa na cor vermelha) para entre 0,7 e 0,9 (indicado no mapa na cor amarela). A Figura 8 apresenta o resultado do cálculo do índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos.

FIGURA 8: RESULTADO DA APLICAÇÃO DO ÍNDICE I_{CP} NA BACIA DO RIO CUBATÃO



FONTE: O AUTOR (2020)

Com exceção de quatro trechos na cabeceira da bacia hidrográfica, todos os demais trechos apresentaram resultados para o i_{cp} variando entre 0 e 1. Isso é um indicativo de que, ainda que atualmente as vazões possam ocasionar conflitos pelo uso da água, estes poderiam ser minimizados com a adoção de medidas estruturantes, como a construção de reservatórios de regularização de vazões.

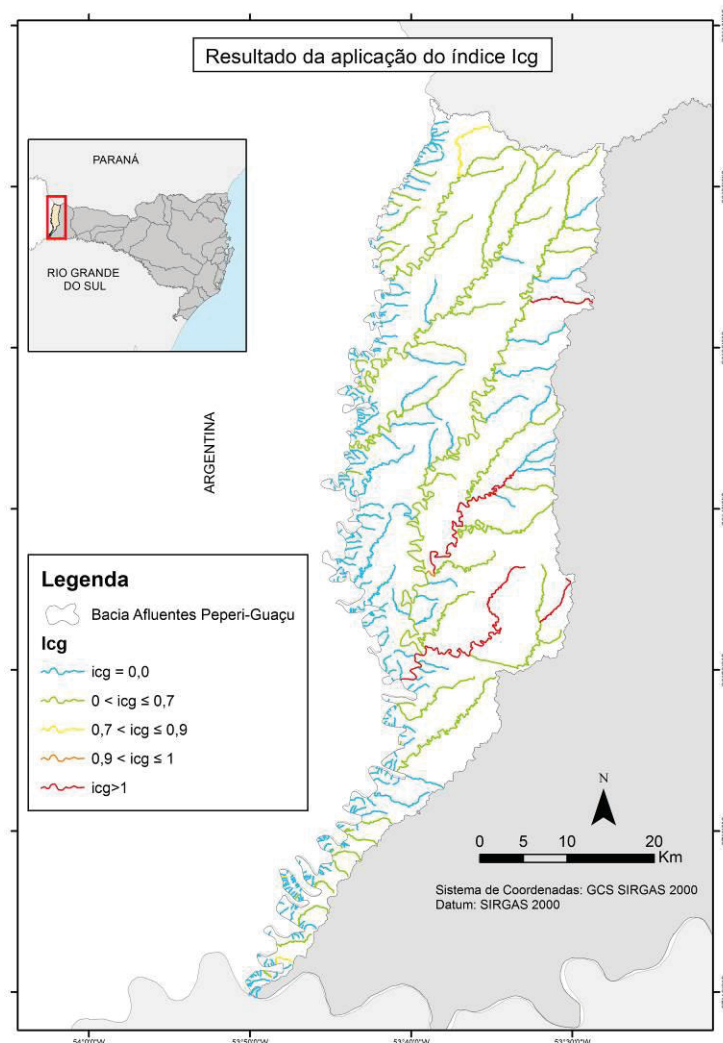
4.2.2 Índices da Bacias dos Afluentes do Rio Peperi-Guaçu

Esta bacia hidrográfica, como já mostrado, encontra-se em uma região de recorrência de eventos de estiagem. Desta forma, além do cálculo dos índices i_{cg} , x_{icg} e i_{cp} , também foi calculado o valor do índice modificado i_{cgm} .

De forma análoga ao executado para a Bacia do Cubatão, para cada um dos segmentos de rios da bacia hidrográfica foi atribuído um valor de outorgas existentes à montante e, posteriormente, foram aplicadas as Equações 1, 2 e 3.

O índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos indicou 15 trechos da rede hidrológica em condições ruins quanto ao atendimento ao limite de outorga de 50% da Q_{95} , apresentados na Figura 9.

FIGURA 9: RESULTADO DA APLICAÇÃO DO ÍNDICE i_{cg} NA BACIA DOS AFLUENTES DO RIO PEPERI-GUAÇU

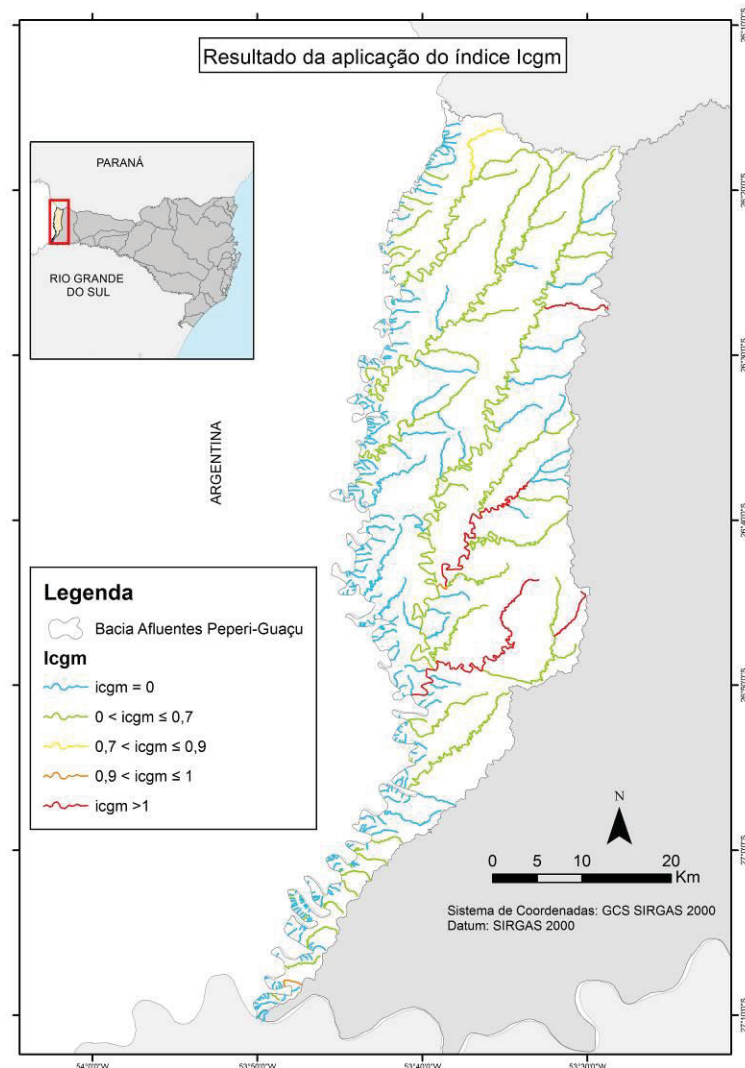


FONTE: O AUTOR (2020)

A condição verificada, aliada a um evento mais significativo de seca, poderia resultar no surgimento de conflitos nos trechos destacados. Esta percepção precoce das áreas críticas da bacia hidrográfica é importante para a adoção de estratégias de prevenção à escassez, como avaliações na emissão de outorgas mais rigorosas ou medidas restritivas de uso implementadas mais cedo durante o evento de seca.

Para verificar qual foi o impacto da modificação feita no índice original (Equação 3), os resultados da aplicação do índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos modificado são apresentados na Figura 10.

FIGURA 10: RESULTADOS DO I_{CGM} PARA OS AFLUENTES DO RIO PEPERI-GUAÇU



FONTE: O AUTOR (2020)

Não foram verificados novos trechos com resultado acima de 1, apenas os mesmo 15 do índice original. Um trecho evoluiu da condição entre 0,7 e 0,9 para a condição entre 0,9 e 1. Esta baixa variabilidade pode ser explicada pelo baixo poder

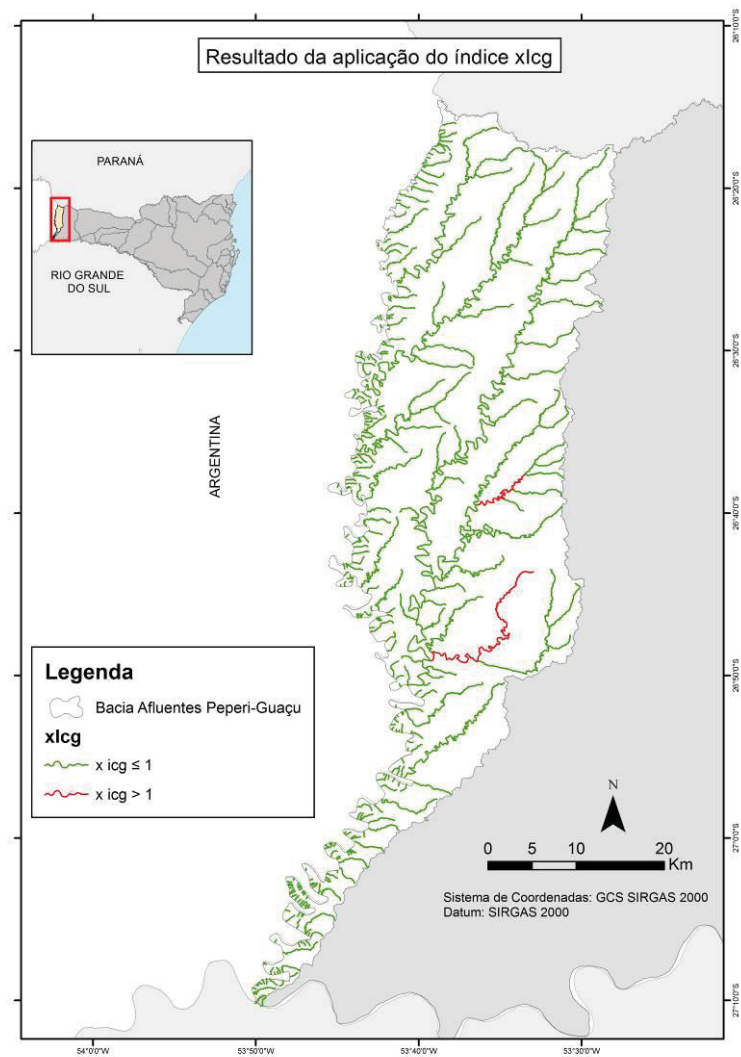
de interferência da variante histórica no índice, uma vez que a relação entre outorgas e vazão de referência deve permanecer como principal balizador das ações do órgão gestor de recursos hídricos.

Todavia, esta alteração pode ser tomada a título de exemplo do objetivo da alteração proposta no indicador desenvolvido por Moreira et al. (2012). Dois trechos de mesmo intervalo de i_{cg} , de bacias hidrográficas diferentes, mas com i_{cgm} diferentes poderiam ter prioridades na gestão da segurança hídrica diferentes (ainda que outros fatores, como população atingida, devam ser levados em consideração na análise final das iniciativas de planejamento hídrico).

Assim, este trecho na parte sul da bacia dos afluentes do Peperi-Guaçu que teve sua categoria aumentada na comparação entre i_{cg} e i_{cgm} poderia ser priorizado frente outro trecho do Rio Cubatão cujo resultado do i_{cg} estivesse na mesma categoria. Isso porque o histórico de estiagens nas duas regiões é diferente.

Seguindo a metodologia proposta, calculou-se o índice x_{icg} , aquele onde não é aplicado o percentual da vazão de referência passível de ser outorgado. O resultado é apresentado na Figura 11.

FIGURA 11: RESULTADOS DO x_{icg} PARA OS AFLUENTES DO RIO PEPERI-GUAÇU

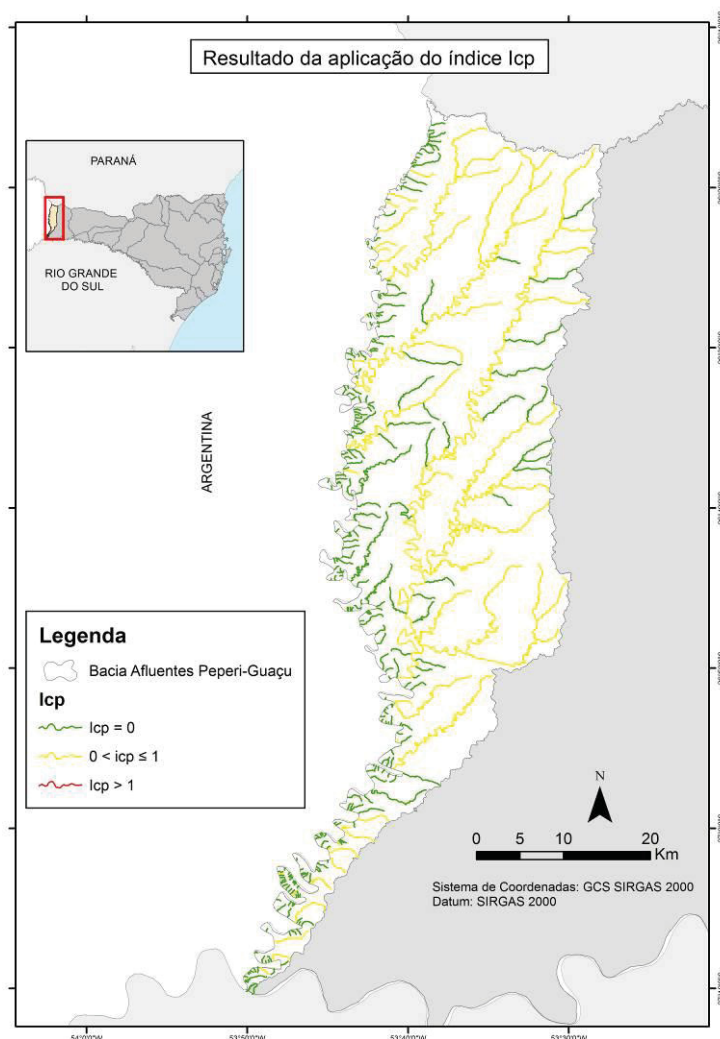


FONTE: O AUTOR (2020)

Ainda que se utilize toda a vazão de referência para a outorga determinada pelo Comitê de Bacia, ainda existiram trechos com a relação entre outorgas e vazão outorgável em condições inadequadas.

Para avaliar se medidas estruturais seriam capazes de amenizar os conflitos, calculou-se o índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos (i_{cp}). O resultado é apresentado na Figura 12.

FIGURA 12: RESULTADO DO i_{cp} PARA A BACIA DOS AFLUENTES DO RIO PEPERI-GUAÇU



FONTE: O AUTOR (2020)

Uma vez que não foram identificados trechos com i_{cp} superior a 1, espera-se que medidas estruturais seja capaz de superar eventuais trechos de outorgas acima do limite e, conseqüentemente, seriam mais propícias ao surgimento de conflitos pelo uso da água.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se analisar o conjunto de dados obtidos a partir dos índices de conflito aplicados verificou-se que estes são eficazes para a identificação de zonas mais propícias ao surgimento de conflitos nas bacias hidrográficas estudadas. Por outro lado, a alteração proposta no índice desenvolvido por Moreira *et al.* (2012) apresentou pouca efetividade para a incorporação da variável histórica ao indicador. Há necessidade de maiores investigações para se determinar se foi um comportamento específico para as duas bacias hidrográficas trabalhadas, ou se o

fator de peso de 10% deve ser alterado. Este valor foi escolhido de forma arbitrária para esta simulação. Outros valores podem ser testados a critério do órgão gestor até que se defina qual a influência desse fator na localização dos conflitos.

Verificou-se também que o índice modificado pode ser utilizado pelos gestores públicos como um dos fatores de decisão para alocação de recursos destinados à segurança hídrica entre dois trechos de bacias diferentes, uma vez que o i_{cgm} agrega o componente histórico das estiagens no Estado de Santa Catarina à avaliação baseada em disponibilidade e demanda hídrica.

As bacias hidrográficas estudadas apresentaram trechos com outorgas acima do limite estabelecido, mas a adoção de medidas estruturais poderia ser suficiente para evitar a instauração de conflitos em momentos de escassez.

Sugere-se melhorias no cadastro estadual de captações. Existem vários pontos com vazões duvidosas, testes, e outras incoerências que podem ter agravado a situação real nas duas bacias hidrográficas trabalhadas. Nesse sentido, Santa Catarina está desenvolvendo um novo sistema de outorga, que deve ser capaz de melhorar a informação cadastral e refinar a aplicação deste e outros indicadores.

REFERÊNCIAS

- ADASA. **Alocação negociada de água.** Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/regulacao/alocacao-negociada-de-agua>>. Acesso em: 16/9/2020.
- ALBUQUERQUE, T. M. A. **Estudo Dos Processos De Gestão De Seca : Aplicação No Estado Do Rio Grande Do Sul.** , p. 425, 2010.
- BANCO MUNDIAL. **Entrevista com Donald Wilhite- América Latina e o ciclo “hidro-ilógico” das secas.** Disponível em: <<https://www.worldbank.org/pt/news/feature/2013/12/12/entrevista-climatologo-donald-wilhite-brasil-latinoamerica-sequias>>. Acesso em: 15/9/2020.
- BRASIL. **Política Nacional de Recursos Hídricos.** , 1997. Brasília. Disponível em: <<https://dre.pt/application/file/67508032>>. .
- CASTRO, A. L. C. DE; CALHEIROS, L. B.; CUNHA, M. I. R.; BRINGEL, M. L. N. DA C. **Manual De Desastres: Volume 1.** Brasil: Ministério da Integração Nacional, 2003.
- COMITÊ ANTAS. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das**

Antas , Bacias Contíguas e Afluentes do Peperi-Guaçu, 2017

FINKLER, R. **Planejamento, Manejo e Gestão de Bacias Hidrograficas**. Agência Nacional de Águas - ANA, 2012.

FISCHER, Augusto. **A mesorregião Oeste catarinense: análise comparativa de indicadores demográficos, econômicos e educacionais de Santa Catarina** – Joaçaba: Editora Unoesc, 2020. 224 p., il. ; 23 cm.

HERRMANN, M. L. DE P. **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010 [Atlas of natural disasters in the state of Santa Catarina, period from 1980 to 2010]**. 2ª ed atual ed. Florianópolis, 2014.

INDEX, T. S. P. Índice SPEI. Disponível em: <<https://spei.csic.es/>>. Acesso em: 16/9/2020.

MOREIRA, M.; SILVA, D.; PRUSKI, F.; LARA, M. Índices para Identificação de Conflitos pelo Uso da Água:Proposição Metodológica e Estudo de Caso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 3, p. 7–15, 2012.

MOSTERT, E. A framework for conflict resolution. **Water International**, v. 23, n. 4, p. 206–215, 1998.

ONU. **Nosso Futuro Comum**. 1987.

PRESTES, M. P.; PASSOS, M. G. DOS; SEIBT, C. R.; SANTOS, M. P. V. Potenciais conflitos pelo uso da água na Região Hidrográfica 2 no Estado de Santa Catarina. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, n. 5, p. 55–71, 2018.

SACCO, F. G. **Configurações atmosféricas em eventos de estiagem de 2001 a 2006 na mesorregião oeste catarinense**, 2010. UFSC.

SANTA CATARINA. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina. , 2018.

SANTA CATARINA. **Boletim Hidrometeorológico Integrado nº 4**. 2020.

SAVENIJE, H.; VAN DER ZAAG, P. Water as an Economic Good and Demand Management Paradigms with Pitfalls. **Water International - WATER INT**, v. 27, p. 98–104, 2002.

SENEVIRATNE, S. I.; NICHOLLS, N.; EASTERLING, D.; et al. Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment on the natural physical environment. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, p. 109–230, 2012.

VIEIRA, Z. M. DE C. L. **Metodologia de Análise de Conflitos na Implantação de Medidas de Gestão da Demanda de Água**, 2008. UFCG.

WILHITE, D. A. Chapter1 Drought as a Natural Hazard. **Drought: A Global Assessment**, v. 1, p. 3–18, 2000.