

Título do capítulo	CAPÍTULO 2 SEGURANÇA HÍDRICA E SEUS MÚLTIPLOS SIGNIFICADOS
Autor(es)	Cesár Nunes de Castro
DOI	DOI: http://dx.doi.org/10.38116/9786556350318cap2

Título do livro	Água, Problemas Complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica
Organizadores(as)	Cesár Nunes de Castro
Volume	1
Série	Água, Problemas Complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica
Cidade	Rio de Janeiro
Editora	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)
Ano	2022
Edição	1a
ISBN	9786556350318
DOI	DOI: http://dx.doi.org/10.38116/9786556350318

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2022

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos). Acesso: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SEGURANÇA HÍDRICA E SEUS MÚLTIPLOS SIGNIFICADOS

1 INTRODUÇÃO

Até meados do século XX, a preocupação com a intensidade da exploração dos recursos naturais pelo ser humano não era comum entre a população do Brasil ou de qualquer lugar do mundo. Aos poucos, a percepção de cientistas, intelectuais, ativistas, políticos e o restante da sociedade sobre os impactos adversos de uma exploração descontrolada da natureza pelo ser humano foi sendo refinada por evidências crescentes de que o modo de vida de muitas sociedades ao redor do globo não era sustentável sob o ponto de vista ambiental, geracional (uso futuro), entre outros.

Dessa crescente percepção, ancorada em inúmeras evidências empíricas – exaustão de diferentes tipos de recursos naturais não renováveis, por exemplo –, nasceu uma igualmente crescente pressão de segmentos da sociedade pela defesa do meio ambiente e por modos mais sustentáveis de exploração econômica dos recursos naturais. Essa preocupação com a sustentabilidade ambiental do empreendimento humano com relação à natureza incorpora noções de justiça e equidade entre diferentes gerações. A ideia central consistindo no princípio de preservar para que futuras gerações também possam usufruir do direito à vida em um ambiente saudável.¹

Nesse sentido, a defesa da preservação do meio ambiente passou a integrar as discussões em fóruns internacionais, notadamente a Organização das Nações Unidas (ONU), sobre os direitos fundamentais dos indivíduos. Com os desastres humanos provocados pelas graves crises nas relações internacionais da primeira metade do século XX – a Primeira e a Segunda Guerra Mundial –, o debate sobre esses direitos seriam incorporados desde a criação da ONU, em 1945.

A preocupação com a necessidade de preservar as fontes de recursos hídricos, para que o uso presente não comprometa seu uso futuro e sua função de regulação de ciclos da natureza, surgiu desse cenário descrito. Aos poucos, o debate sobre o tema foi sendo ampliado sob a égide do conceito de segurança hídrica.

1. Alguns intelectuais defendem a preservação do meio ambiente não apenas em função do princípio da justiça entre gerações mas também em função de outros argumentos, como o de que o ser humano tem a responsabilidade de cuidar do meio ambiente não só para usufruto de outras gerações de seres humanos como para o usufruto de todas as outras espécies vegetais e animais do planeta.

2 ORIGEM DO CONCEITO E SUAS MÚLTIPLAS DEFINIÇÕES

De acordo com Lautze e Manthritilake (2012), em anos recentes, o tema da segurança hídrica assumiu uma posição de destaque na comunidade internacional de pesquisadores sobre água e desenvolvimento. Entre diversos outros estudos que enfatizam a questão estão: Grey e Connors (2009), num trabalho do Banco Mundial que demonstra a importância crítica da água sobre o crescimento e desenvolvimento econômico; e Liu *et al.* (2007), em que se ressalta a relação entre a segurança hídrica e o desenvolvimento sustentável na China.

Esse crescente interesse da comunidade acadêmica com relação à segurança hídrica é corroborado por Bakker (2012). De acordo com essa autora, mais de quatrocentos artigos sobre o tema foram publicados em revistas acadêmicas de ciências sociais, naturais e médicas de prestígio entre 1992 e 2012, metade entre 2007 e 2012. Nesse período, além de diversas universidades terem criado iniciativas de projetos e grupos de pesquisa sobre segurança hídrica, o tema tem atraído a atenção dos formuladores de políticas públicas, gestores e instituições governamentais como a agência de proteção ambiental dos Estados Unidos, o governo australiano, o Fórum Econômico Mundial, o Banco Mundial, a ONU, entre outras.

A recorrente menção em fóruns tão diferentes acabou por inserir esse tema na questão maior do desenvolvimento sustentável. Apesar de ainda não haver uma definição única sobre segurança hídrica, um elemento sempre presente quando se aborda o assunto relaciona-se à garantia de água em quantidade suficiente para atender à sobrevivência humana, incluindo o atendimento à demanda de atividades econômicas que garantam um padrão mínimo de vida.

Sobre o conceito de segurança hídrica, Saito (2018, p. 95) afirma que

comumente é dito que a expressão surgiu em 2000, sendo primeiramente apresentado pela Global Water Partnership (GWP), em 2000, posição sustentada por Jonathan Lautze and Herath Manthritilake (2012), e reforçada por Eelco van Beek and Wouter Lincklaen Arriens (2014), que também atribuem o início da utilização da expressão segurança hídrica ao ano de 2000, tanto pela GWP (2000) como pelo World Water Council em seu Segundo Fórum Mundial da Água, naquele mesmo ano. Christina Cook e Karen Bakker (2012) não se preocuparam com a cronologia da expressão, mas sim com uma tipologia ou foco de abordagem, mas, ao fazer a classificação dos trabalhos, indicou que o termo teria surgido em 1999, em Witter e Whiteford (1999).

Entre essas múltiplas definições sobre segurança hídrica, e outras não mencionadas, o conceito é apresentado de acordo com diferentes enfoques. Para Witter e Whiteford (1999), define-se segurança hídrica como uma situação na qual exista água em quantidade e qualidade suficiente, e a um preço acessível, para atender às necessidades humanas em curto e longo prazos. Entre essas necessidades, esses autores mencionam o acesso à água para proteção à saúde, para garantir o bem-estar e a capacidade produtiva dos seres humanos.

GWP (2000) apresentou uma definição para o conceito um pouco diferente. De acordo com a explicação apresentada por essa instituição, a população deve ter acesso a quantidades suficientes de água potável, com custo acessível, para possibilitar um modo de vida saudável e produtivo, ao mesmo tempo em que se preserve o meio ambiente. Grey e Sadoff (2007), por sua vez, definem segurança hídrica como um nível aceitável de riscos relacionados à água para os seres humanos e os ecossistemas conjugado com a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade suficientes para garantir padrões de vida, segurança nacional, saúde e serviços ecossistêmicos.

Para Beek e Arriens (2014), segurança hídrica não se refere apenas à quantidade de água disponível; envolve diversos aspectos relacionados à água, incluindo a questão da escassez, do excesso e da potabilidade da água. Além disso, segundo esses autores, segurança hídrica se relaciona com a mitigação dos riscos relacionados à água, como secas e enchentes, e se relaciona também com a resolução de conflitos em torno de recursos hídricos compartilhados entre os vários atores interessados no uso de um bem escasso. As três principais dimensões da segurança hídrica seriam a equidade social, a sustentabilidade ambiental e a eficiência econômica. Tais dimensões englobam os itens a seguir.

- 1) Dimensão econômica: aumentar a produtividade e economia de água em todos os setores usuários de água; e compartilhar dos benefícios econômicos, sociais e ambientais no gerenciamento de rios transfronteiriços, lagos e aquíferos.
- 2) Dimensão social: garantir o acesso equitativo aos serviços e recursos hídricos por meio de políticas efetivas e arcabouço legal robusto em todos os níveis de governo; e estimular a resiliência de comunidades face a eventos hídricos extremos, por meio de medidas variadas.
- 3) Dimensão ambiental: gerenciar a sustentabilidade hídrica como elemento de uma economia “verde”; e restaurar serviços ecossistêmicos em bacias hidrográficas para aprimorar a saúde dos rios.

De acordo com Organização das Nações Unidas (UN, 2013),² segurança hídrica relaciona-se com quatro dimensões, todas elas balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água em um país. São elas:

- garantia de acesso em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas;
- garantia de acesso em quantidade e qualidade suficientes para a prática das atividades produtivas e múltiplos usos;

2. "The capacity of a population to safeguard sustainable access to adequate quantities of acceptable quality water for sustaining livelihoods, human well-being, and socio-economic development, for ensuring protection against water-borne pollution and water-related disasters, and for preserving ecosystems in a climate of peace and political stability".

- garantia de uma vazão mínima suficiente para preservação dos ecossistemas e dos corpos hídricos; e
- promoção da resiliência a eventos extremos, como secas e enchentes.

Para a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), segurança hídrica relaciona-se à gestão dos riscos associados à água, incluindo riscos de oferta, riscos de eventos extremos (secas e cheias) e poluição, bem como riscos ambientais relacionados à má gestão do recurso, com impactos sobre o ecossistema (OECD, 2013).

Essas múltiplas definições podem conferir uma certa confusão com relação ao conceito de segurança hídrica. O que interessa ressaltar é que esse é um tema emergente no campo dos estudos sobre recursos hídricos e desenvolvimento e, devido a ser recente, a própria definição e o predomínio de um conceito específico, entre todos disponíveis, constitui um processo em desenvolvimento.

Por esse motivo, alguns autores elaboraram estudos conceituais sobre segurança hídrica a partir da comparação entre as diferentes proposições existentes para o conceito, como Bakker (2012) e Saito (2018), entre outros. Para Bakker, não é surpreendente que existam múltiplas definições para segurança hídrica, considerando que as perspectivas sobre o tema variam entre as diversas especialidades acadêmicas. Para a autora, o processo de especialização tem suas vantagens, entretanto a efetividade do gerenciamento de recursos hídricos e da formulação de políticas requer uma base conceitual comum como pré-requisito para uma análise interdisciplinar das complexas interações entre seres humanos, ecossistemas e o ciclo hidrológico.

Cook e Baker (2012) argumentam que as definições de segurança hídrica são bastante diversas e incluem elementos variados que não somente a questão quantitativa da disponibilidade hídrica. As definições de segurança hídrica tendem a variar de acordo com o contexto e diferentes perspectivas disciplinares com relação ao uso da água. A partir de uma análise de 418 artigos acadêmicos os quais continham o termo segurança hídrica, as autoras identificaram tendências de priorização de determinados elementos no âmbito do conceito de segurança hídrica em função da área do conhecimento sob a qual o conceito foi apresentado (quadro 1).

O foco da segurança hídrica de acordo com disciplinas diversas varia de um foco bastante específico, por exemplo, no caso da saúde pública ou da geologia, para outros mais abrangentes e geral, caso do foco na esfera política. Uma abordagem mais específica é válida, e inclusive preferível, em alguns casos, ao permitir maior atenção ao elemento crítico da segurança hídrica em um país ou uma região. Conforme a escassez e a variabilidade hídrica sejam maiores, a segurança hídrica pode ser conceituada de acordo com interesses de grupos, setores ou regiões específicas (Beek e Arriens, 2014).

Deve-se atentar que para regiões ou países maiores, com maior diversidade climática, hidrológica, socioeconômica etc., pode ser necessário incluir na análise da segurança hídrica múltiplas dimensões. Para a análise da segurança hídrica no caso do Brasil, país continental de enorme variabilidade espacial multidimensional, é necessário se utilizar um conceito mais amplo de segurança hídrica. Essa questão será abordada no capítulo 4.

QUADRO 1

Segurança hídrica: abordagem e foco da conceituação, de acordo com diferentes disciplinas

Disciplina	Foco do conceito de segurança hídrica
Agricultura	Água como insumo para produção agrícola e como elemento relacionado à segurança alimentar.
Engenharia	Proteção contra riscos relacionados à água (enchentes, secas, contaminação, terrorismo); e segurança da oferta hídrica (como percentual da demanda atendida).
Ciência ambiental	Acesso das funções e dos serviços da água para os seres humanos e para o ambiente.
Saúde pública	Segurança da oferta e acesso à água potável; e prevenção e monitoramento da contaminação da água em sistemas de distribuição.
Recursos pesqueiros, geologia, geociências, hidrologia	Variabilidade hidrológica da água subterrânea; e segurança de todo o ciclo hidrológico.
Antropologia, economia, geografia, história, direito, administração, ciência política	Segurança da infraestrutura da água de beber; insumo para a produção de alimentos e para a saúde e o bem-estar dos seres humanos; conflitos armados (como elemento legitimador de ações militares e como barreira para a cooperação e a paz entre países); e minimização da vulnerabilidade dos domicílios com relação à variabilidade hidrológica.
Política	Elos interdisciplinares (produção de alimentos, clima, energia, economia e segurança humana); desenvolvimento sustentável; proteção contra riscos relacionados à água; proteção dos sistemas hídricos contra enchentes e estiagens; e desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos para garantir o acesso a funções e serviços da água.
Recursos hídricos	Escassez hídrica; segurança da oferta (gerenciamento da demanda); e segurança hídrica "verde" (<i>versus</i> "azul"). ¹

Fonte: Cook e Bakker (2012).

Elaboração do autor.

Nota: ¹ Para mais informações sobre água "azul" e água "verde", ver Falkenmark e Rockström (2006).

3 INTERFACE ENTRE SEGURANÇA HÍDRICA E OUTRAS "SEGURANÇAS"

3.1 Segurança hídrica e segurança alimentar

Conforme visto na seção anterior, existem múltiplas definições para o conceito de segurança hídrica. Isso ocorre em função da relativa novidade da temática e, consequentemente, pelo fato de que está em processo um amplo debate em torno de sua definição. De acordo com a disciplina que o utiliza, o foco da análise recai em diferentes elementos, e o conceito acaba sendo modelado em função do foco adotado.

Nesse sentido, a gama de variáveis que podem ser relacionadas com o conceito de segurança hídrica é significativa. Além daquelas mais evidentes, como fornecimento de água para beber, por exemplo, pode-se citar: produção agrícola,

saúde humana, segurança, produção industrial, ciclos hidrológicos, entre outras. Muitas dessas questões, quicá a maioria delas, são de grande importância para a sociedade, para a economia e a qualidade de vida dos seres humanos.

Muitas dessas variáveis são objeto de conceitos semelhantes ao de segurança hídrica, criados geralmente a partir de estudos acadêmicos que ganharam notoriedade e aplicação no âmbito da atuação estatal na forma de guias práticos de orientação das políticas públicas. Os exemplos são inúmeros: segurança alimentar e nutricional, segurança nacional, segurança energética, segurança ambiental, entre outros.

Além do desafio de ofertar água em quantidade e qualidade suficientes para uma população cada vez maior e com mais demandas hídricas, um desafio adicional se faz presente, o de alimentar um contingente populacional crescente, com um estoque de terra virgem disponível decrescente. A sobrevivência do ser humano requer que uma série de necessidades básicas sejam satisfeitas. Entre essas, as mais básicas são a ingestão de água e de alimentos em quantidades suficientes para suprir os requerimentos diários mínimos. Para garantir que essas necessidades sejam atendidas e, conseqüentemente, se atinja um nível adequado de segurança alimentar e hídrica, a magnitude do desafio é crescente, face ao aumento populacional e à degradação do meio ambiente.

No Brasil, uma conceituação de segurança alimentar frequentemente utilizada é aquela que foi incluída na Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional (Losan) (Lei nº 11.346, de 15 de julho de 2006). Nessa lei, segurança alimentar e nutricional é definida como:

a realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam social, econômica e ambientalmente sustentáveis (Brasil, 2006).

Segundo Kepple e Segall-Corrêa (2011), trata-se de um conceito bastante abrangente, de natureza interdisciplinar, que envolve questões de acesso a alimentos de qualidade, práticas alimentares saudáveis, práticas sustentáveis de produção, cidadania e direitos humanos.

De acordo com Niasse (2017), existe uma percepção de longa data de que, especialmente água e terras cultiváveis, seriam recursos naturais abundantes e que, com uso de técnicas apropriadas, podem ser gerenciados para atender às necessidades ilimitadas da humanidade por eles. Desde a crise alimentar de 2007-2008, entretanto, as conseqüências de décadas de uso não sustentável dos recursos hídricos e de degradação de grandes extensões de terras agrícolas começam a se manifestar. Esse novo período parece ser, na visão desse autor, uma era de escassez hídrica e de rápido decréscimo na extensão de terras agricultáveis.

Nesse contexto, a agricultura se insere como atividade de relevo por produzir grande parte dos alimentos consumidos pela população e por ser responsável por parte considerável da demanda hídrica para atividades antrópicas (em torno de 70%). Desse modo, pode-se afirmar que o tema da segurança hídrica apresenta relação com o tema da segurança alimentar e nutricional, ou seja, a segurança alimentar e nutricional depende da segurança hídrica.

A população mundial, aproximadamente 7 bilhões de pessoas, apresenta tendência de crescimento. Estima-se que por volta de 2050 a população mundial atingirá a marca aproximada de 9 bilhões de pessoas.³ No Brasil, a população atingiu a marca de 190 milhões de habitantes, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.⁴ Conforme projeções desse mesmo instituto, a população brasileira em 2050 atingirá a marca de aproximadamente 232 milhões de pessoas, um crescimento populacional de cerca de 18% com relação à população de 2010.

Para atender a essa população – de acordo com as estimativas, em torno de 35% a 40% superior a população atual –, os sistemas de produção de alimentos deverão multiplicar sua produção total em quantidades equivalentes de alimentos. Apesar do sucesso em aumentar as produtividades agrícolas nos últimos cinquenta anos, especialmente a partir da disseminação de conhecimentos e técnicas relacionados à revolução verde da década de 1960, as evidências da capacidade dos sistemas produtivos agrícolas de atenderem a essa crescente demanda por alimentos não são claras.

Para dobrar a produção agrícola nos próximos trinta a quarenta anos requererá um incremento dos níveis atuais de produção a uma taxa de 2% a 4% ao ano. Para se atingir níveis de ganho de produtividade nessas taxas não será fácil. Atualmente, os níveis de produtividade de diversas culturas estão estagnados em muitas áreas tradicionais de cultivo. O aumento anual da produtividade média para cultivos como soja, milho, arroz e trigo tem variado, por exemplo, entre 0,9% e 1,6 % em anos recentes (Ray *et al.*, 2013).

Além do aumento de produtividade, uma alternativa para se aumentar a produção global de alimentos é a expansão das terras destinadas para produção agrícola. Nesse sentido, entretanto, as perspectivas também não são muito promissoras, pois, entre outros motivos, para isso, os custos ambientais relacionados a desmatamento, aumento nas emissões de gases de efeito estufa e perda de biodiversidade são significativos.

De acordo com De Fraiture e Wichelns (2010), nos níveis atuais de produtividade agrícola será necessário um incremento em torno de 20% a 30% (entre 1 bilhão

3. Disponível em: <<http://www.worldlifeexpectancy.com/>>. Acesso em: 10 nov. 2018

4. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

e 1,4 bilhão de hectares) no estoque de terras agricultáveis (atualmente em torno de 5 bilhões de hectares). Estimativas apontam, entretanto, que exista em torno de 445 milhões de hectares potencialmente disponíveis para expansão da área agrícola, caso se considere a minimização dos custos ecológicos da conversão de terras para a agricultura (Kingdom, Liemberger e Marin, 2006).

A escassez de terra arável e de água doce está no centro dos debates globais sobre segurança alimentar. Resultado disso, terra e água têm se tornado recursos estratégicos cada vez mais disputados nos níveis local, nacional e internacional. O contexto atual demonstra, de modo mais evidente, as relações entre terra e água e de como o gerenciamento e as intervenções sobre o uso da terra e dos recursos hídricos repercutem um sobre o outro (Niasse, 2017).

Atualmente, cerca de 70% da demanda global por água doce é destinada para a produção agrícola irrigada. De acordo com Niasse (2017), caso as práticas de produção agrícola não forem modificadas, estimativas indicam que por volta de 2050 uma quantidade de 5 mil quilômetros cúbicos de água adicional será necessária para atender a demanda mundial da agricultura irrigada. Para se ter uma ideia da magnitude desse incremento, isso representaria um valor cerca de 70% maior do que a quantidade de água destinada para a agricultura no ano de 2010 (De Fraiture e Wichelns, 2010). Esse significativo aumento da demanda poderá sobrecarregar a capacidade de oferta sustentável existente.

Adicionalmente, não apenas a área propícia para o desenvolvimento agrícola está encolhendo em muitas partes do mundo, inclusive em muitos países líderes na produção agrícola, mas também a qualidade dos solos está declinando (Niasse, 2017). Desse modo, novas alternativas de desenvolvimento que preparem a humanidade para lidar com esses desafios precisam ser pensadas.

Essas alternativas precisarão lidar com os dois desafios inter-relacionados de garantia da segurança hídrica e alimentar. Nesse sentido, alguns autores advogam pela necessidade de se pensar em estratégias de gerenciamento dos recursos naturais mais integradas e holísticas, estratégias que pensem no gerenciamento desses recursos como interdependentes, de forma a se planejar intervenções que visem atender mais de um requisito ao mesmo tempo. Essa visão de gerenciamento se aproxima consideravelmente do conceito de gestão integrada de recursos hídricos.

Niasse (2017), por exemplo, defende que uma possível alternativa é a de se investir no potencial de uma abordagem coordenada de governança do uso da terra e da água, os dois elementos chave dos quais a segurança alimentar mundial depende. Esse autor considera que a abordagem coordenada entre a governança do uso da terra e da água constitui uma dimensão do gerenciamento integrado de recursos hídricos, o qual é definido pelo GWP como um processo que promove o desenvolvimento e o gerenciamento coordenado de água, terra e recursos

correlatos, com o objetivo de maximizar o bem-estar econômico e social de modo equitativo sem comprometer a sustentabilidade de ecossistemas vitais. Entretanto, ainda de acordo com Niasse (2017), na melhor das hipóteses, questões relacionadas à gestão e ao uso da terra têm tido presença tímida na teoria e prática de gerenciamento integrado de recursos hídricos contemporâneo.

Ademais, a governança coordenada do uso da terra e da água pode apresentar algumas outras vantagens. Em primeiro lugar, tal abordagem pode auxiliar na promoção de uma maior igualdade social e de gênero. A promoção dessas igualdades constitui um dos pilares da gestão integrada de recursos hídricos. No setor agrícola, entretanto, para que uma maior igualdade ocorra, deve-se repensar a questão do acesso e do controle sobre a terra, em diversos países ainda muito concentrado (inclusive no Brasil) e relativamente restrito a homens. Niasse (2017) menciona que a equidade no acesso à terra e a eficiência produtiva estão estreitamente relacionadas. Segundo o autor, a experiência demonstra que diminuir a desigualdade no acesso à terra entre gêneros resulta em uma maior produção total do setor agrícola.

Essa questão do acesso mais igualitário entre gêneros à terra também é importante com relação ao gerenciamento dos recursos hídricos. A Declaração de Dublin sobre Água e Desenvolvimento Sustentável, de 1992, destacou a importância das mulheres na gestão dos recursos hídricos ao estabelecer como seu terceiro princípio de que “as mulheres desempenham um papel central no fornecimento, gestão e proteção da água” (ONU, 1992).

De acordo com o documento,

esse papel das mulheres como provedoras e usuárias de água e guardiãs do ambiente em que vivem raramente tem sido refletido nos arranjos institucionais para o desenvolvimento e gestão dos recursos hídricos. A aceitação e implementação desse princípio exige políticas positivas para atender às necessidades específicas das mulheres e equipar e empoderar mulheres para participar em todos os níveis nos programas de recursos hídricos, incluindo a tomada de decisões e implementação, de maneira definida por elas mesmas (ONU, 1992).

3.2 Segurança hídrica e segurança energética

Conforme mencionado anteriormente, a segurança hídrica se relaciona com diversos outros conceitos de segurança. No caso brasileiro, dada a opção histórica pela geração de energia elétrica por meio das hidrelétricas (capítulo 1), empregada por sucessivos governos, a segurança energética do Brasil possui estreita relação com a segurança hídrica.

O conceito de segurança energética começou a ser utilizado a partir das crises do petróleo na década de 1970 (1973 e 1979) e envolvia, primordialmente,

a ideia da necessidade de se garantir a oferta de energia necessária, especialmente petróleo, para atender à demanda interna. Esse foco na oferta de energia tem como objetivo central reduzir a vulnerabilidade de um país com relação a ameaças e pressões externas sobre o fornecimento energético, incluindo restrições sobre a quantidade de energia ofertada e/ou aumentos significativos e repentinos do preço da energia (Hippel *et al.*, 2011).

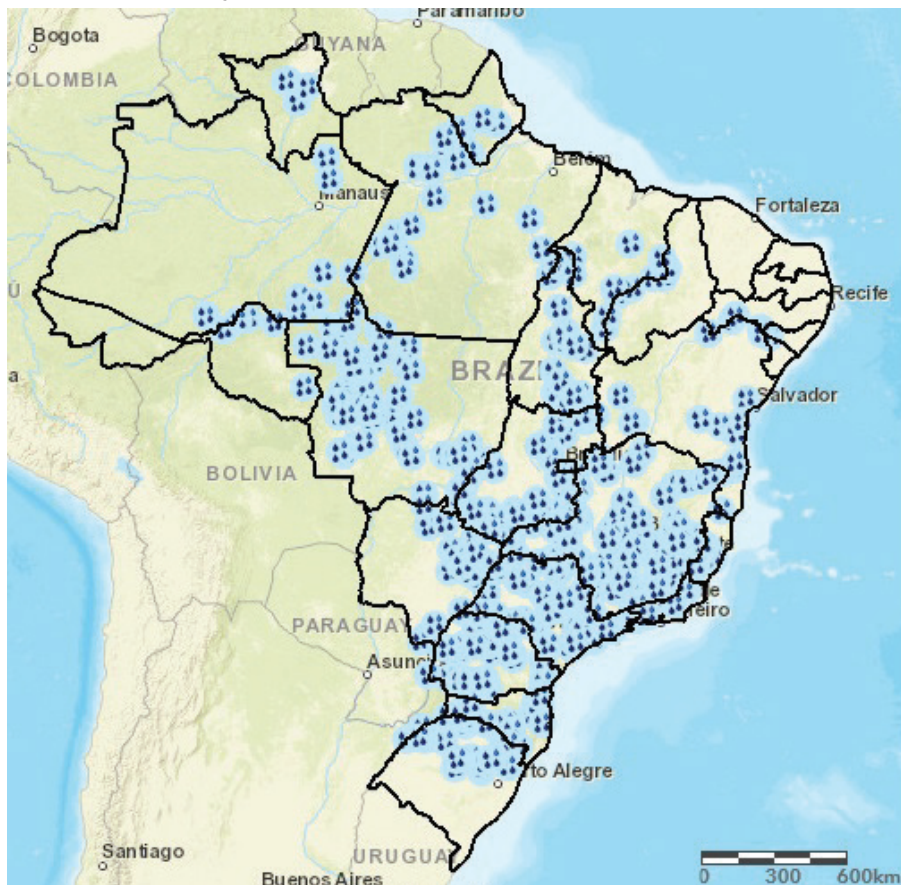
Esses autores argumentam que poucos trabalhos tentaram definir o conceito de segurança energética, ao contrário dos conceitos de segurança hídrica e segurança alimentar. Um trabalho nesse sentido foi desenvolvido pelo grupo de trabalho sobre segurança energética na Ásia do Center for International Studies do Massachusetts Institute of Technology (MIT). Esse grupo de trabalho definiu que segurança energética envolveria três objetivos principais (Samuels, 1997 *apud* Hippel *et al.*, 2011). São eles:

- redução da vulnerabilidade da oferta de energia a ameaças e pressões externas;
- prevenção da ocorrência de uma crise de suprimento de energia; e
- minimização dos impactos econômicos e militares de uma crise de suprimento de energia.

No caso do Brasil, especificamente com relação à oferta de energia elétrica, a segurança energética apresenta significativa relação com a segurança hídrica, uma vez que parte considerável da energia elétrica produzida no país é gerada pelas usinas hidrelétricas existentes em várias bacias hidrográficas brasileiras. Atualmente, de acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), são 164 usinas hidrelétricas em operação no Brasil⁵ (mapa 1).

5. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/sar/sin>>.

MAPA 1
 Brasil: distribuição das usinas hidrelétricas

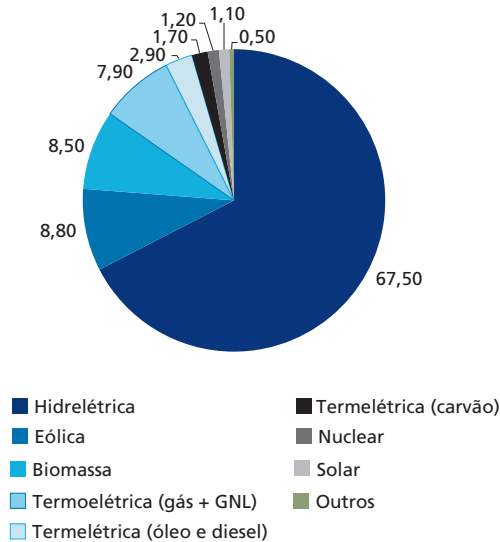


Fonte: Aneel (2019).

A energia elétrica total gerada pelas múltiplas fontes em 2018 foi igual a 161.552 MW.⁶ Desse total, 109.058 MW, 67,5%, foram gerados pelas hidrelétricas e pelas pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) espalhadas pelo território nacional (gráfico 1).

6. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/sar/sin>>.

GRÁFICO 1
Brasil: fontes de energia elétrica
 (Em %)



Fonte: ONS, 2019.
 Elaboração do autor.
 Obs.: GNL – gás natural liquefeito.

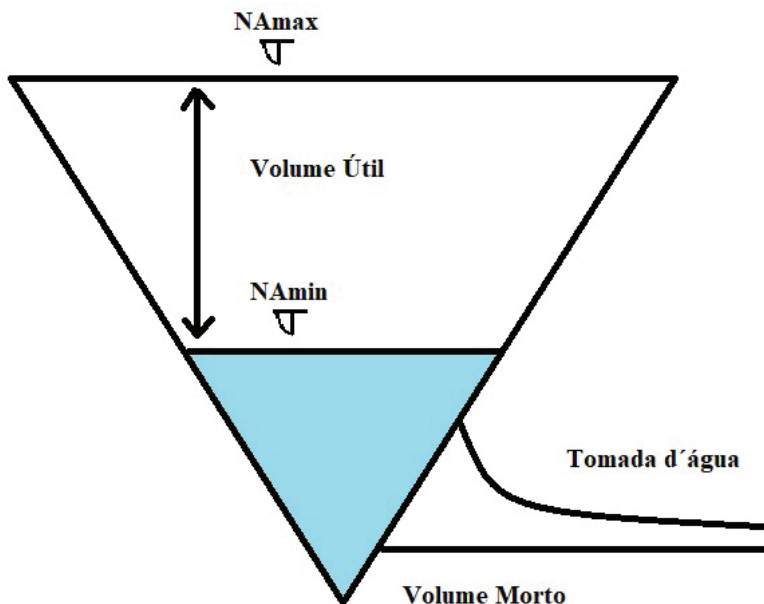
A energia elétrica gerada pelas hidrelétricas é dependente do volume de água armazenado no reservatório, que, por sua vez, é dependente de uma série de fatores: tamanho do reservatório; operação do reservatório; pluviosidade; vazão fluvial etc. Um conceito especialmente importante relacionado à operação e geração de energia por uma usina hidrelétrica é o conceito de volume útil, que diz respeito ao volume compreendido entre os níveis mínimo e máximo operacional de um reservatório (figura 1).

De acordo com Lopes e Santos (2002),

o volume útil de um reservatório de uma usina hidrelétrica pode ser entendido como o volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado. Isso significa que o volume útil pode atingir 0,00% mas isso não significa que a usina hidrelétrica fique impossibilitada de gerar eletricidade. Geralmente, a tomada d'água, onde está posicionado o canal de adução de uma usina, se localiza alguns metros abaixo do mínimo operacional definido para regularização das vazões.

A geração de eletricidade só é obrigatoriamente interrompida quando o volume de água fica abaixo do canal de adução (localizado na tomada d'água).

FIGURA 1
Volume útil do reservatório de uma usina hidrelétrica



Fonte: Lopes e Santos (2002 *apud* Galvão e Bermann, 2015).

Elaboração do autor.

Obs.: NA – nível da água.

Em períodos de estiagens mais intensas e prolongadas, com o volume útil reduzido, a operação do reservatório, cuja prioridade é gerar eletricidade, resulta em maior conflito pelo uso da água. Conforme Galvão e Bermann (2015), esse conflito prejudica, ou até mesmo impede, a utilização das águas para navegação, irrigação, pesca e lazer, entre outras atividades.

Em 2001, o Brasil enfrentou uma crise energética sem precedentes, resultado de uma série de fatores, entre eles: i) o menor regime de chuvas em 2000 e 2001, com a diminuição das reservas hídricas acumuladas nos reservatórios; e ii) deficiências no planejamento do setor de geração de energia elétrica, devido à redução de investimentos na década que antecedeu a crise (Lessa, 2001). Em resposta à crise de oferta de energia elétrica, o governo federal elaborou uma política de racionamento, com medidas para incentivar os consumidores a reduzir o consumo de energia, envolvendo benefícios para aqueles que cumprissem a meta de redução e punições para os que não conseguissem. Essa política de racionamento funcionou entre junho de 2001 e fevereiro de 2002.

Em anos recentes, determinadas usinas hidrelétricas brasileiras tiveram a operação de seus reservatórios impactadas pela diminuição do volume de água

armazenado. Esse é o caso, por exemplo, das usinas hidrelétricas instaladas ao longo do rio São Francisco.⁷ Entre 2012 e abril de 2019, essas usinas tiveram que reduzir a vazão liberada pelos reservatórios, e conseqüentemente a geração de energia elétrica, em função de prolongada estiagem sobre boa parte da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (ANA autoriza..., 2019).

3.3 Segurança hídrica e segurança nacional

Um terceiro conceito de segurança com o qual a segurança hídrica possui relação é o conceito de segurança nacional. Esse conceito, historicamente, aborda a questão da defesa do território nacional contra ameaças externas e a defesa do interesse nacional no ambiente externo.

Em um cenário de crescente demanda por recursos hídricos, resultado do crescimento populacional, da ampliação do consumo para múltiplos usos e, em alguns casos, da diminuição da disponibilidade hídrica de uma região em função da superexploração de águas superficiais e subterrâneas e/ou em função das mudanças climáticas, os conflitos relacionados ao uso e aproveitamento das fontes hídricas existentes tendem a se intensificar.

No caso de tais conflitos ocorrerem entre países vizinhos, a segurança nacional envolve a garantia da segurança hídrica. Conforme palavras de Gleick (1993, p. 97),

onde a água é escassa, a competição pelos limitados recursos hídricos pode levar as nações a identificarem o acesso à água como questão de segurança nacional. A história é repleta de exemplos de competição e disputas em torno de recursos hídricos compartilhados.⁸

Muitos países têm significativa vulnerabilidade hídrica, apresentando disponibilidade baixa para atender à demanda nacional, tendo que recorrer, nesses casos, a fontes compartilhadas com outros países, ou mesmo externas. Nesse sentido, a relação da segurança nacional com os recursos hídricos se refere ao quanto as fontes internas são capazes de atender à demanda por água. O grau de dependência expresso pelo quociente entre a disponibilidade hídrica interna e a demanda total de um país pode ser utilizado como indicador do nível de independência com relação à água (Lautze e Manthritilake, 2012). Quanto maior a independência maior a segurança hídrica. Nesse aspecto, os autores afirmam que, no geral, países insulares e localizados nas porções próximas às nascentes de bacias

7. Três Marias (Minas Gerais); Sobradinho (Bahia); Itaparica (Bahia/Pernambuco), também conhecida como Luiz Gonzaga; Moxotó (Alagoas), Paulo Afonso I, II, III e IV (Bahia); e Xingó (Alagoas/Sergipe).

8. "Where water is scarce, competition for limited supplies can lead nations to see access to water as a matter of national security. History is replete with examples of competition and disputes over shared fresh water resource".

hidrográficas apresentam maior independência do que os que se localizam mais próximos à foz dos rios.

De acordo com estimativa de Wolf (1999), aproximadamente 260 bacias hidrográficas situam-se em áreas fronteiriças de dois ou mais países, além de incontáveis aquíferos. Esse autor ressalta que o gerenciamento dos recursos hídricos transfronteiriços é particularmente complexo pois eles ignoram as fronteiras entre as nações, e as normas internacionais são limitadas e, por vezes, contraditórias e de difícil aplicação. Por esse motivo, a água tem sido fator de exacerbação de tensões políticas ao redor do globo, notavelmente entre Israel e países árabes, Índia e Paquistão e entre os países que compartilham a bacia do rio Nilo.

O *The New York Times* em artigo especial sobre possíveis conflitos ao redor do mundo identificou como elemento central de muitos potenciais conflitos, a disputa por recursos naturais, inclusive por recursos hídricos. Na América do Sul, a Floresta Amazônica, em função de sua biodiversidade, terras aráveis, de sua importância na manutenção do suprimento global de oxigênio e por seus recursos hídricos, farmacêuticos e minerais, foi elencada como uma região de conflito em potencial (Shanker, 2012).

No caso brasileiro, alguns dos principais rios e bacias hidrográficas presentes no território nacional são compartilhados com países vizinhos (mapa 2). Duas grandes bacias hidrográficas do continente sul-americano são compartilhadas pelo Brasil e por países vizinhos, a bacia do rio Amazonas e a bacia do rio da Prata. Uma terceira bacia compartilhada pelo Brasil com o Uruguai é a bacia da Lagoa Mirim.

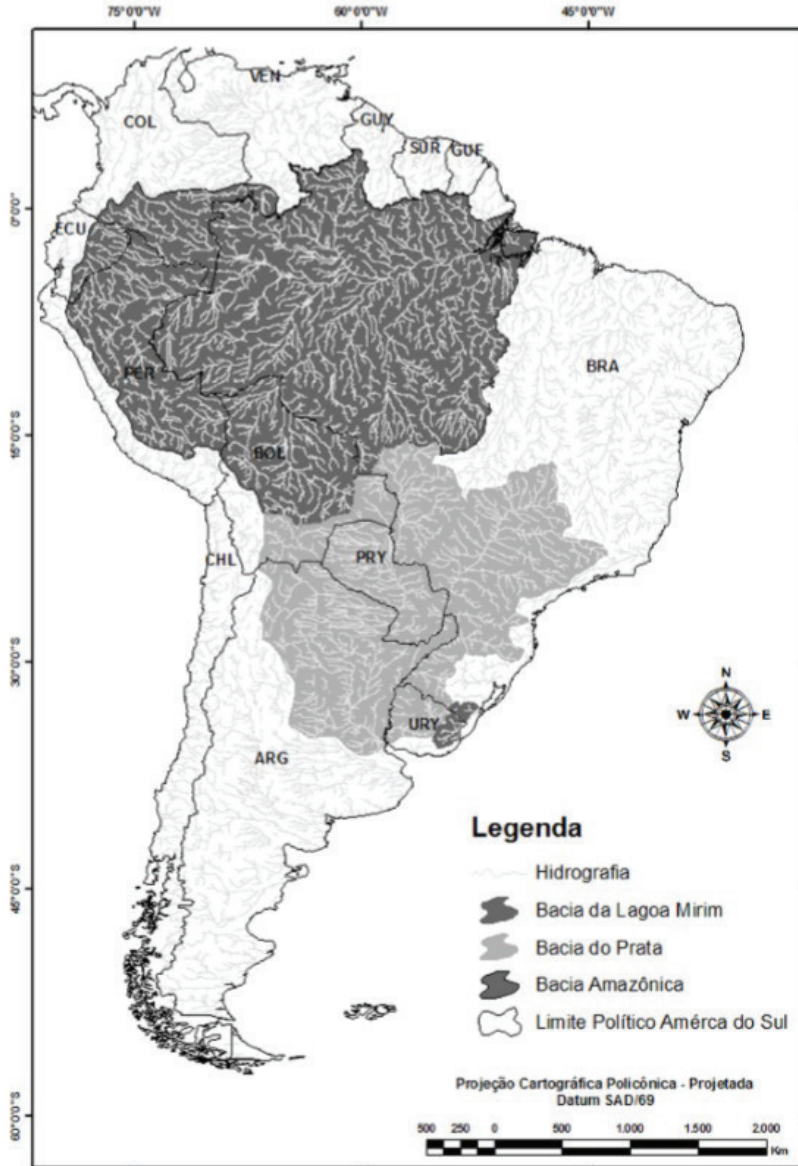
A bacia amazônica, maior bacia hidrográfica do planeta, com pouco mais de 7 milhões de quilômetros quadrados, é compartilhada por Brasil, Peru, Bolívia, Colômbia, Equador, Venezuela e Suriname, sendo mais de 50% de sua área localizada no nosso país. Parte considerável dos territórios de Bolívia e Peru são recobertos pela bacia Amazônica. No caso do rio da Prata, Brasil, Chile, Paraguai, Argentina e Uruguai dividem a bacia. Já a bacia da Lagoa Mirim, bem menor em comparação com as outras duas mencionadas é composta por parte do território do Uruguai e por uma pequena porção do território do Rio Grande do Sul.

No caso das bacias amazônica e do Prata existem tratados de cooperação firmados entre o Brasil e os demais países envolvidos. O Tratado de Cooperação Amazônica (TCA), firmado em 3 de julho de 1978, aprovado no Congresso Nacional pelo Decreto Legislativo nº 69 de 18 de outubro de 1978 e promulgado pelo Decreto Federal nº 85.050, de 18 de agosto de 1980, estabelece critérios de cooperação entre os países da bacia amazônica. Com relação à bacia do Prata, foi criado, em 1968, pelos representantes dos países que compõem a bacia, o Comitê Intergovernamental Coordenador dos Países da Bacia do rio da Prata (CIC),

com a finalidade de promover, coordenar e acompanhar as ações destinadas ao melhor aproveitamento dos recursos da bacia e ao desenvolvimento da região (Steinke e Saito, 2010).

MAPA 2

Brasil: bacias hidrográficas transfronteiriças



Fonte: Steinke e Saito (2010).

A pressão antrópica pelo uso dos recursos naturais nessas bacias aumentou consideravelmente nas últimas décadas. No caso da bacia do rio da Prata, por exemplo, a expansão agrícola no Brasil, no Paraguai e na Argentina foi significativa no período. Extensas áreas de vegetação nativa foram desmatadas em todos esses países para ocupação com pecuária e agricultura, notadamente com lavouras de soja. Mesmo na bacia amazônica, apesar da diminuição do ritmo dos últimos anos, inúmeros focos de desmatamento surgiram com a finalidade inicial de extração de madeira de lei e, posteriormente, com a implantação de áreas de criação de gado e cultivo de soja.

O impacto dessa dinâmica de modificação do uso do solo é duplo. Em primeiro lugar, a retirada da vegetação nativa provoca alterações em fenômenos diversos relacionados a ciclos naturais, como a velocidade de infiltração da água e a retenção da umidade nos solos e a recarga de aquíferos. Em segundo lugar, as atividades que passam a ser desenvolvidas nas áreas desmatadas provocam o aumento da demanda por recursos naturais diversos, entre eles justamente a água.

A existência de múltiplos marcos regulatórios nacionais sobre o uso do solo e dos recursos hídricos em bacias transfronteiriças dificulta a ação coordenada em torno do uso sustentável de tais recursos. Mesmo em casos de uma bacia hidrográfica toda localizada dentro de um único país mas que perpassa diferentes unidades políticas desse ente nacional, a ação coordenada é dificultada. No Brasil, tem-se o caso, por exemplo, da bacia hidrográfica do rio São Francisco, a qual em anos recentes esteve no centro de disputas relacionadas ao uso de suas águas.⁹

Em função dessa dificuldade, e com a crescente demanda por recursos hídricos, pode-se atingir um nível crítico do balanço hídrico em uma determinada bacia. Em um cenário como esse, a tensão entre países vizinhos tende a crescer. A posição de um país numa disputa em torno de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica é significativamente influenciada se o país se localiza a montante ou a jusante da bacia. Os países a montante têm, *grosso modo*, uma vantagem locacional que lhes confere privilégio no acesso ao recurso hídrico.

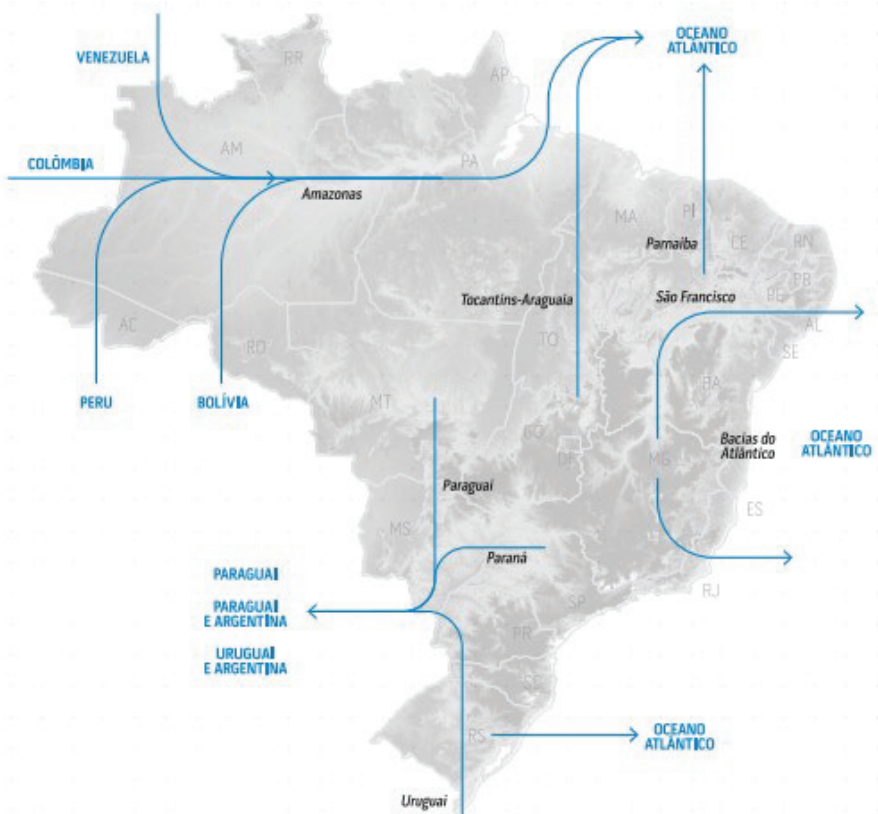
Com relação às duas grandes bacias hidrográficas transfronteiriças no Brasil, a localização relativa do país na bacia – com relação ao sentido do fluxo da água no rio principal da bacia (figura 2) – influencia sobremaneira sua atuação no meio diplomático sul-americano sobre a questão. Sobre isso, Steinke e Saito (2010, p. 207) afirmam o seguinte.

O fato de o Brasil localizar-se a montante da bacia hidrográfica [do rio da Prata] determina uma posição geopolítica inversa na discussão multilateral em torno do gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que, nesse caso, ao contrário

9. Sobre isso, ver Mello (2008).

da situação da bacia do rio Amazonas, o território brasileiro atua como emissor de fluxos energéticos, tais como cargas poluidoras originárias da concentração populacional e da força produtiva significativa para a economia regional. Como consequência, tudo aquilo que for modificado no Brasil em termos de formas de uso e ocupação da terra irá repercutir diretamente no território de países vizinhos, ou seja, os detritos, dejetos, poluentes, sedimentos em suspensão, entre outros, tendem a escoar para fora do território brasileiro e possivelmente contaminar a água utilizada pela população dos países que estão a jusante da bacia.

FIGURA 2
Brasil: compartilhamento das águas superficiais



Fonte: ANA (2017a).

Esse posicionamento brasileiro mais ambíguo com relação à cooperação com os países vizinhos no tocante ao gerenciamento de recursos nas bacias hidrográficas transfronteiriças pode fomentar um sentimento de desconfiança por parte dos governos desses países, especialmente no caso de acirramento de conflitos pelo uso dos recursos. Crises diplomáticas não são inéditas nas bacias transfronteiriças

brasileiras. O caso da construção da hidrelétrica de Itaipu exemplifica isso, com intensas disputas entre Argentina, Brasil e Paraguai com relação ao polêmico projeto. Nesse caso, segurança hídrica, segurança elétrica e segurança nacional estavam – e estão – entrelaçadas.

Apesar de exemplos de disputa como o citado no parágrafo anterior, nas últimas décadas, a cooperação na América do Sul com relação a temas diversos, inclusive os recursos hídricos, tem sido significativa. De acordo com Fuccille, Bragatti e Leite (2017), iniciativas integracionistas da América do Sul, como o Mercado Comum do Sul (Mercosul) e a então União de Nações Sul-Americanas (Unasul), também têm criado instâncias ligadas ao meio ambiente. Exemplo de cooperação em recursos hídricos citados por esses autores refere-se ao Acordo sobre o Aquífero Guarani, feito em 2010, cuja finalidade é promover uma gestão compartilhada entre os países (Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai) cujos territórios englobam o aquífero.

A importância de tal acordo é reforçada por dois motivos. Primeiro, o aquífero Guarani é o segundo maior do planeta e o maior aquífero transfronteiriço do mundo. A maior parte de sua extensão territorial (cerca de 60%) localiza-se no território brasileiro, e o restante distribui-se entre Argentina, Paraguai e Uruguai. Sua reserva hídrica é estimada em 40 trilhões de metros cúbicos (Ribeiro, 2008). Em segundo lugar, conforme destaque de Fuccille, Bragatti e Leite (2017), o acordo de cooperação é raro, existindo apenas cinco relacionados a águas subterrâneas transfronteiriças em todo o mundo.

4 SEGURANÇA HÍDRICA NO BRASIL

Para fundamentar a discussão que será apresentada em capítulos posteriores desta obra (especificamente os capítulos 4, 5, 6 e 7), uma maior compreensão sobre o nível de segurança hídrica no Brasil, por ser bastante dependente das variáveis ambientais, econômicas e demográficas de cada região brasileira, é de suma importância. Em anos recentes, a Agência Nacional de Águas (ANA) tem feito estudos detalhados para elaborar diagnósticos regionalizados de disponibilidade e demanda hídrica, entre outras variáveis, para fundamentar o Plano Nacional de Segurança Hídrica (ANA, 2019b), lançado em abril de 2019. Exemplos de estudos da ANA incluem as várias edições da série *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*, publicada desde 2009.¹⁰

4.1 Disponibilidade hídrica

A segurança hídrica depende, além das variáveis citadas, também da variabilidade temporal da disponibilidade hídrica, extremamente dependente das condições

10. Entre esses exemplos, ANA (2015; 2017a).

climáticas.¹¹ Em anos recentes, diversas regiões brasileiras sofreram os efeitos de estiagens prolongadas, ou de maior intensidade, e, conseqüentemente, a disponibilidade hídrica diminuiu no período. Independentemente da variabilidade temporal, a disponibilidade hídrica é desigualmente distribuída nas bacias hidrográficas do Brasil. Aproximadamente 80% da água superficial do país está distribuída na região amazônica (ANA, 2017a).

Para coletar informações utilizadas para avaliar a disponibilidade dos recursos hídricos¹² nas regiões brasileiras, a ANA dispõe dos dados da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). De acordo com ANA (2017a), a RHN possuía em 2016 mais de 20 mil estações sob responsabilidade de várias entidades. Dessas, a ANA gerencia 4.663, sendo: 2.722 pluviométricas (monitoramento de chuvas) e 1.941 fluviométricas. Em 1.646 desses pontos estações fluviométricas há medição de vazão de água (descarga líquida); em 1.652 de qualidade de água; e em 480 de sedimentos em suspensão (descarga sólida). A distribuição geográfica das estações é heterogênea ao longo das regiões hidrográficas do país. Algumas regiões possuem maior densidade de estações.

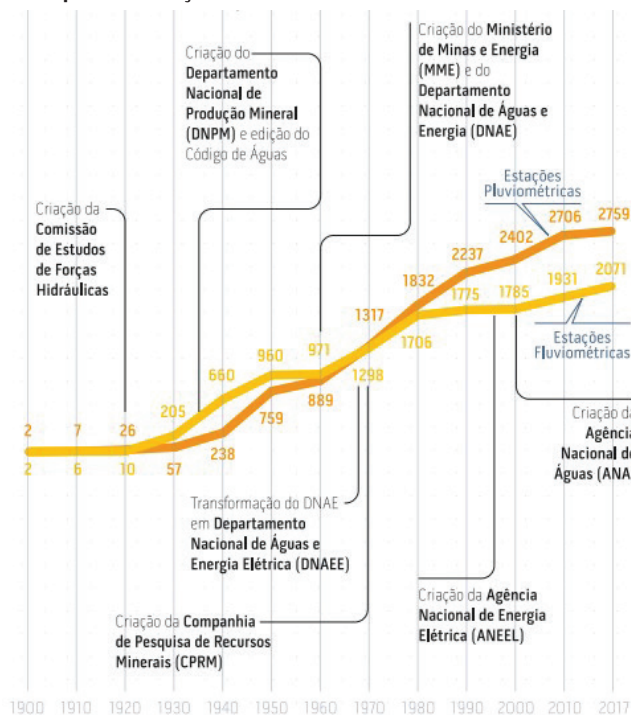
Os dados disponibilizados pelas estações pluviométricas e fluviométricas são essenciais para um gerenciamento de recursos hídricos adequado. A densidade da rede brasileira é inferior à densidade de estações existente em muitos países desenvolvidos, mas o número de estações tem crescido de modo significativo ao longo do tempo (figura 3).

Em função da variação das condições climáticas, notadamente o volume de precipitação (figura 4), a disponibilidade hídrica regional varia significativamente. Adicionalmente, em uma dada região, a disponibilidade hídrica natural, sem contar os reservatórios de água, varia ao longo do ano (figura 5).

11. De acordo com ANA (2017a), a precipitação média anual do Brasil é de 1.760 mm, mas com significativa variabilidade regional. O total anual de chuva varia de 500 mm na região semiárida do Nordeste, a mais de 3.000 mm na região amazônica. As variações anuais de precipitação podem ser superiores a 50% em relação à média no Semiárido, enquanto na região Sudeste as variações ficam na faixa de 15% da média.

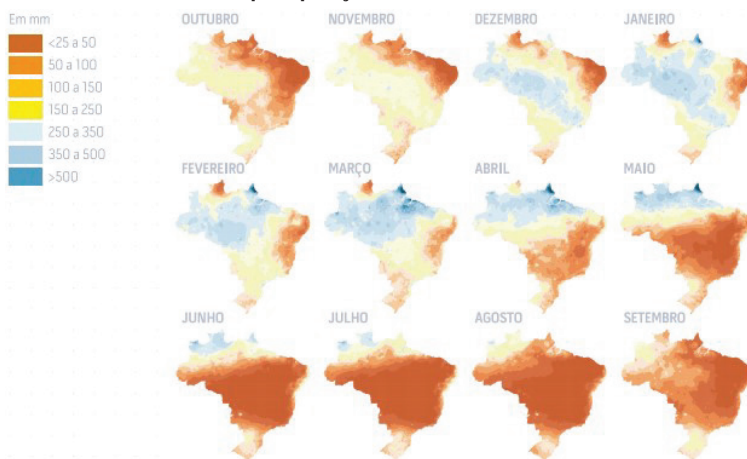
12. Segundo ANA (2017a, p. 27), "a disponibilidade hídrica é uma estimativa da quantidade de água ofertável aos mais diversos usos, que, para fins de gestão, considera um determinado nível de garantia. Neste caso, a disponibilidade nos trechos de rio corresponde à vazão de estiagem Q95 (vazão que passa no rio em pelo menos 95% do tempo). Nos trechos sob influência de reservatórios, a disponibilidade é estimada de forma específica, tal que a jusante da barragem se adota a vazão mínima defluente do reservatório somada às contribuições de vazões Q95 que afluem a partir dali. Já no lago do reservatório, adota-se a vazão regularizada com 95% de garantia deduzida da vazão defluente. No lago dos reservatórios operados pelo ONS é desconsiderada a capacidade de regularização, adotando-se apenas a vazão Q95 do local das barragens".

FIGURA 3
 Linha do tempo da evolução da RHN



Fonte: ANA (2017a).

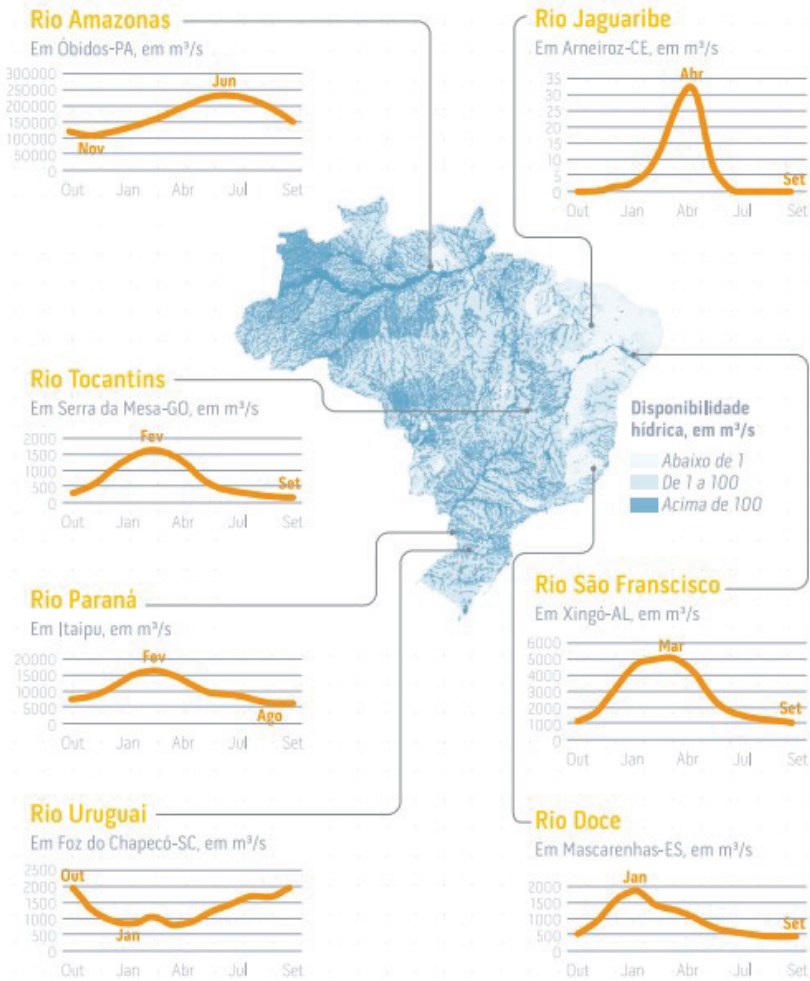
FIGURA 4
 Brasil: média histórica da precipitação mensal



Fonte: ANA (2017a).

FIGURA 5

Brasil: média histórica da vazão mensal em pontos selecionados



Fonte: ANA (2017a).

A partir das informações apresentadas nas figuras 4 e 5, evidencia-se a variabilidade da disponibilidade hídrica pelo território brasileiro. Essa variabilidade é sintetizada na tabela 1. Conjugada com essa variação na disponibilidade, a demanda hídrica igualmente variada, em função da densidade populacional, entre outros fatores, determina o nível de segurança hídrica regional.

TABELA 1
Precipitação e vazão médias e disponibilidade hídrica por região hidrográfica

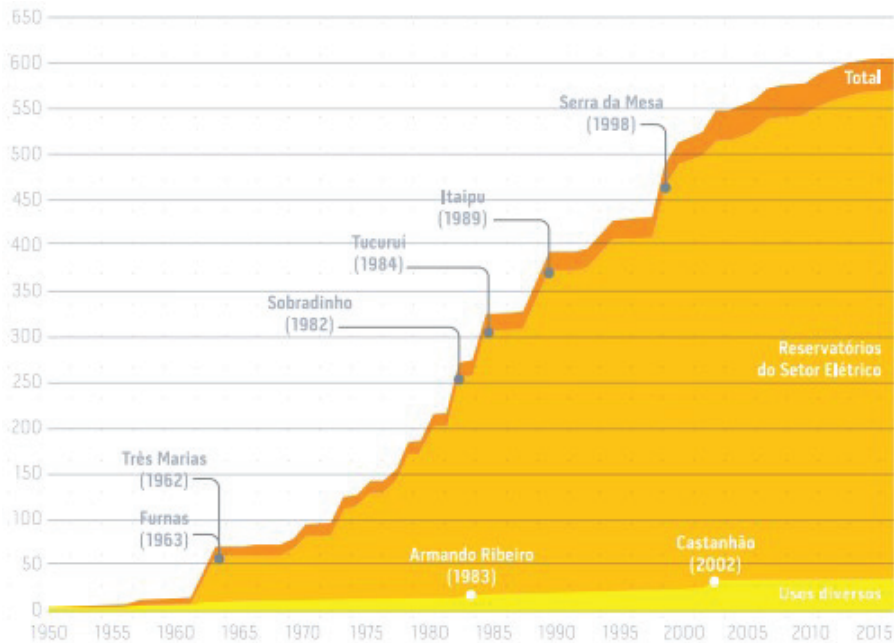
Região hidrográfica	Precipitação média anual (mm)	Vazão média (m ³ /s)	Disponibilidade hídrica (m ³ /s)
Amazônica	2.253	208.457	5.617
Tocantins-Araguaia	1.760	14.895	3.098
Atlântico Nordeste Ocidental	1.791	3.112	397
Parnaíba	1.040	774	325
Atlântico Nordeste Oriental	841	791	218
São Francisco	938	2.914	875
Atlântico Leste	940	1.556	271
Atlântico Sudeste	1.400	4.843	1.325
Atlântico Sul	1.573	2.869	513
Uruguai	1.689	4.906	550
Paraná	1.490	12.398	4.390
Paraguai	1.342	2.836	1.023
Total	-	260.351	78.602

Fonte: ANA (2017a).
Elaboração do autor.

Para amenizar a sazonalidade anual e interanual da disponibilidade hídrica, reservatórios podem ser construídos para armazenar a água que será utilizada em períodos de menor vazão dos rios. Esses reservatórios potencializam a disponibilidade hídrica superficial. Os reservatórios artificiais podem liberar parte do volume armazenado nos períodos de estiagem. A recuperação dos volumes, no entanto, depende do aporte de água dos rios nos períodos úmidos, que por sua vez dependem prioritariamente do regime de chuvas. Segundo ANA (2017a), o Brasil possuía 19.361 reservatórios artificiais mapeados em 2016. Conforme visto no capítulo 1, o número de reservatórios construídos ao longo do século XX foi significativo, com duas finalidades principais, açudes para reservar água para uso múltiplo em períodos de estiagem, especialmente no Nordeste Semiárido, e represamento de cursos d'água para movimentação das turbinas de usinas hidrelétricas. A evolução da capacidade de armazenamento desses reservatórios pode ser observada na figura 6.

FIGURA 6

Brasil: evolução da capacidade dos reservatórios artificiais de água
(Em m³ bilhões)



Fonte: ANA (2017a).

Apesar de representarem uma pequena parcela do volume total de água armazenada, os açudes têm grande impacto no abastecimento de água no Nordeste, especialmente nos estados do Nordeste Setentrional (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco). De acordo com estimativa feita em ANA (2017a), 67% do abastecimento de água nesses estados é realizado por meio da água dos açudes.

4.2 Qualidade da água

Segurança hídrica não se refere apenas à quantidade de água disponível mas também à qualidade da água, que é um fator muito importante e determinante do tipo de uso (abastecimento humano, agricultura, indústria, recreação...). Ela é influenciada por diversas variáveis, algumas naturais, como intensidade das precipitações, aspectos geológicos – tipo de substrato rochoso, grau de intemperismo – e cobertura vegetal; e outras relacionadas à ação antrópica, como densidade populacional, lançamento de efluentes agrícolas e industriais. No caso da água para abastecimento humano, sua qualidade é questão de saúde pública.

Muitos cursos d'água no Brasil estão severamente contaminados, com impactos consideráveis sobre a saúde pública. Entre os rios mais poluídos do país,

incluem-se o Tietê (São Paulo), o Iguaçu (Paraná), o Ipojuca (Pernambuco), o Rio dos Sinos (Rio Grande do Sul), o Gravataí (Rio Grande do Sul), o Rio das Velhas (Minas Gerais), o Capibaribe (Pernambuco), o Caí (Rio Grande do Sul), o Paraíba do Sul (Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e o Rio Doce (Espírito Santo, Minas Gerais). O crescimento urbano desordenado e o lançamento de esgoto doméstico e de efluentes industriais explica o nível de poluição na maioria desses rios, muitos dos quais atravessam grandes regiões metropolitanas, como a de Belo Horizonte (Rio das Velhas), Porto Alegre (Rio dos Sinos, Gravataí e Caí), Recife (Ipojuca e Capibaribe) e São Paulo (Tietê).

Atualmente, no Brasil, os níveis e concentrações de diversos elementos que prejudicam a qualidade das águas são monitorados e são utilizados como referência para a classificação dos corpos hídricos em classes de qualidade da água. Entre esses elementos, segundo ANA (2017a, p. 45-48), destacam-se os que se seguem.

- 1) A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) indica a quantidade de oxigênio consumido nos processos biológicos de degradação da matéria orgânica no meio aquático. É, portanto, um indicador das cargas orgânicas nos corpos hídricos.
- 2) A concentração de oxigênio dissolvido (OD) na água é essencial para os ciclos de vida de peixes e outros organismos aquáticos e para o funcionamento adequado dos ecossistemas. Os níveis de OD indicam a saúde desses ecossistemas, uma vez que o oxigênio está envolvido em praticamente todos os processos químicos e biológicos. O déficit extremo de OD em um rio pode levar ao que é popularmente chamado de rio morto.
- 3) A concentração de fósforo (P) na água indica principalmente a poluição por efluentes domésticos e industriais. No campo, as concentrações de fósforo estão geralmente associadas a processos erosivos resultantes do manejo inadequado do solo e fertilizantes. Nesse caso, as concentrações de fósforo costumam aumentar após às chuvas devido ao carreamento de materiais para os corpos hídricos.
- 4) A turbidez reflete a interferência de materiais em suspensão na passagem da luz através da água. É, portanto, um bom indicador da quantidade de sólidos em suspensão e, conseqüentemente, de processos erosivos na bacia hidrográfica. Nas cidades, o aumento da turbidez pode refletir despejos domésticos e industriais de fontes pontuais, muitas vezes associado à poluição de origem difusa. No campo, a ocupação irregular de áreas reservadas à proteção dos recursos hídricos, tais como áreas de preservação permanente (APPs), pode favorecer o aumento da turbidez.

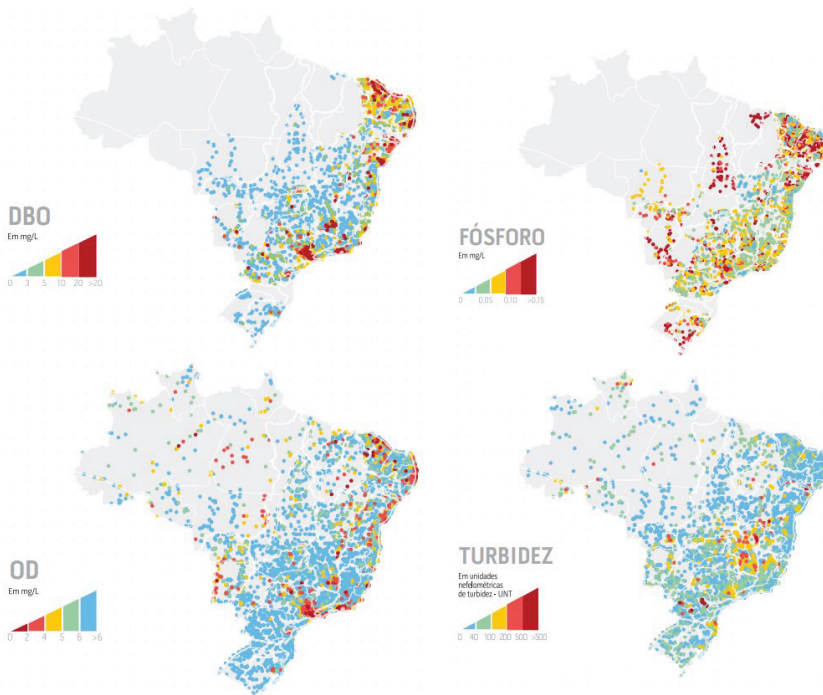
A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/1997, estabelece como um de seus objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Tanto essa política quanto o Sistema Nacional de Meio Ambiente (Brasil, 1981) estabelecem o enquadramento como um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos. Especificamente, o art.10 da Lei nº 9.433 determina que “as classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental” (Brasil, 1997).

A ANA, em parceria com as 27 Unidades da Federação (UFs), mantém redes de monitoramento da qualidade da água. Em 2016, a RHN contava com 1.652 pontos de monitoramento de qualidade de água em todas as UFs. Essa rede monitora parâmetros básicos de qualidade, tais como potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, OD, turbidez, nível de fósforo, entre outros (ANA, 2017a).

Os níveis médios de concentração, entre 2001 e 2015, da DBO, de OD e de fósforo e a turbidez nos pontos monitorados pela ANA são apresentados na figura 7.

FIGURA 7

Brasil: concentração média de DBO, fósforo, OD e turbidez (2001-2015)¹



Fonte: ANA (2017a).

Nota: ¹ DBO em mg/l, fósforo em mg/l, OD em mg/l e turbidez em unidades nefelométricas.

Os níveis do DBO e do OD são adequados na maior parte do país, com sensível piora dos indicadores em rios que atravessam regiões metropolitanas (São Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Porto Alegre, Recife, entre outras) e em parte do Nordeste Setentrional, especialmente nos estados do Ceará (DBO e OD) e Rio Grande do Norte (DBO). No caso do fósforo, a concentração desse elemento é preocupante de acordo com os dados médios da maioria dos pontos amostrados no Brasil, resultado, provavelmente, de processos erosivos, consequência da retirada da cobertura vegetal nativa para o desenvolvimento de atividades agropecuárias.

A ANA utiliza um indicador agregado, chamado de índice de qualidade das águas (IQA), que mede parâmetros físico-químicos e biológicos da água (temperatura da água, pH, índice de fósforo total, índice de nitrogênio total, OD, DBO, coliformes termotolerantes, sólidos totais e turbidez). De acordo com ANA (2017a), a maioria dos pontos de amostragem apresentou resultados de IQA considerados bons entre 2001 e 2015, com exceção de pontos de monitoramento em grandes centros urbanos (IQA regular, ruim ou péssimo), na bacia do São Francisco (IQA em muitos pontos regular) e em parte do Semiárido nordestino (IQA regular ou ruim em alguns açudes, especialmente no Ceará).

4.3 Demanda hídrica

Além da disponibilidade hídrica e da qualidade da água, um terceiro componente essencial para uma análise sobre a segurança hídrica em uma localidade é representado pela demanda hídrica. Os principais usos consuntivos da água no Brasil são o abastecimento humano (urbano e rural), o abastecimento animal, a indústria de transformação, a mineração, a termoelectricidade, a irrigação e a evaporação líquida de reservatórios artificiais. Para cada um desses tipos de uso são caracterizadas as vazões de retirada (vazão retirada do corpo hídrico), de consumo (vazão retirada que não retorna ao corpo hídrico) e de retorno (fração da vazão retirada que retorna ao corpo hídrico).

As demandas estimadas de retirada, consumo e retorno dos múltiplos usos no Brasil, em 2017, são apresentadas na tabela 2. Na tabela 3 são apresentados dados referentes à demanda (retirada) total e proporcional por setor por região hidrográfica. Em função dos processos de desenvolvimento econômico e de urbanização a demanda hídrica tem aumentado em todas as regiões brasileiras. De acordo com ANA (2017a) houve um aumento da demanda de água retirada de cerca de 80% entre o final da década de 1980 e 2016. Essa mesma agência estima que a retirada aumente 30% até 2030. Os cenários futuros para a disponibilidade, demanda e segurança hídrica no Brasil serão abordados no capítulo 4.

TABELA 2
Brasil: demanda por finalidade – retirada, consumo e retorno (2017)

Usos	Retirada (m³/s)	Percentual sobre o total	Consumo (m³/s)	Percentual sobre o total	Retorno (m³/s)
Irrigação	1.083,6	52	792,1	67,2	291,5
Abastecimento humano	496,2	23,8	99,2	8,8	397
Indústria	189,2	9,1	101,7	9,5	87,5
Abastecimento rural	34,5	1,7	27,6	2,4	6,9
Mineração	32,9	1,6	9,6	0,8	23,3
Termelétrica	79,5	3,8	2,5	0,3	77,0
Uso animal	166,8	8	125,1	11,1	41,7
Total	2.082,7	100,0	1.157,9	100,0	-

Fonte: ANA (2019a).
 Elaboração do autor.

TABELA 3
Brasil: demanda (retirada) total e proporcional por setor por região hidrográfica

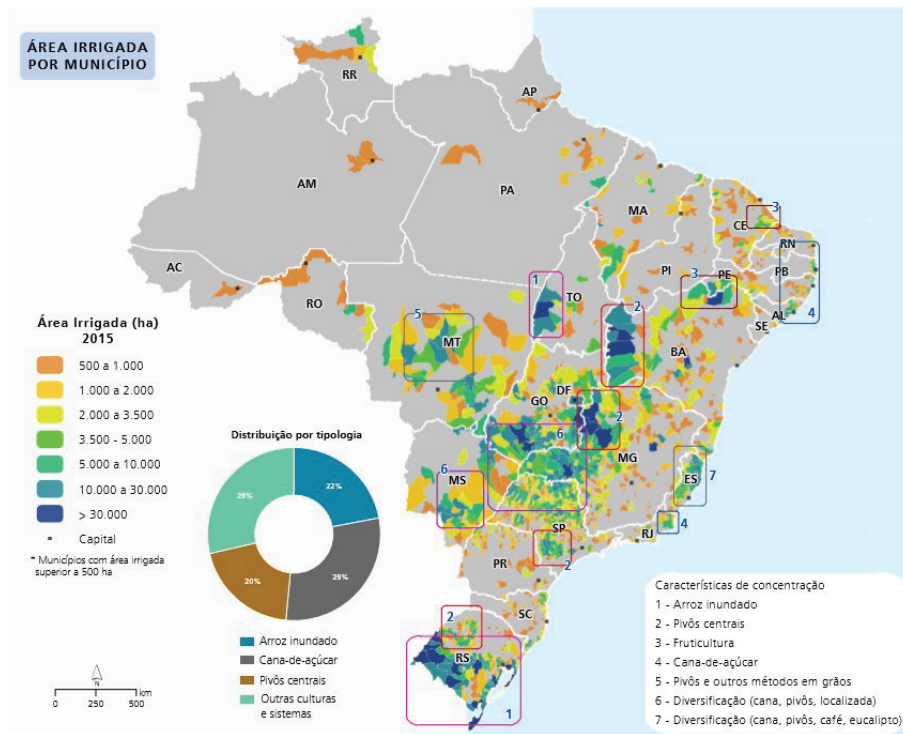
Região hidrográfica	Usos (%)							Demanda de retirada total (m³/s)
	Irrigação	Abastecimento humano	Abastecimento rural	Indústria	Uso animal	Mineração	Termelétrica	
Amazônica	19	32,3	3,7	4,2	32,4	1	7,5	88
Tocantins-Araguaia	44,3	15,7	1,8	2,6	19,8	6,7	9,1	135
Atlântico Nordeste Ocidental	24	45,5	8,9	5,7	14,5	0,5	0,9	33
Parnaíba	54,1	28,1	4,7	4,5	8,5	0,1	0	26
Atlântico Nordeste Oriental	44,4	29,4	3	15,5	3,5	0,1	4,2	118
São Francisco	77,2	10,1	1,3	2,9	4,1	3,3	1	282
Atlântico Leste	62,1	20,2	3,2	6,7	6,6	0,3	0,9	136
Atlântico Sudeste	24,1	44,8	1,4	9,3	3,8	4,1	12,6	205
Atlântico Sul	76,8	10,3	0,6	4,3	2,3	0,9	4,8	305
Uruguai	86,3	4,4	0,7	2,4	6,1	0	0	171
Paraná	38,3	35,8	1	19,3	8,2	0,2	1,7	496
Paraguai	19,4	27,2	1,1	7,3	42,9	2,1	0,1	23

Fonte: ANA (2019a).

No período recente, verifica-se uma leve redução do crescimento a partir de 2012. Esse fato é explicado, em parte, pela crise hídrica verificada em várias regiões do país e devido à crise econômica brasileira desde, pelo menos, 2013. O menor ritmo da atividade econômica impacta no volume de água utilizado por determinados setores, principalmente o industrial (ANA, 2019a).

Mais de metade da demanda de retirada e aproximadamente 70% da demanda de consumo hídrico total é realizada pela agricultura irrigada. O mapa 3 apresenta a área total irrigada dos municípios com área irrigada superior a 500 ha, em 2015. É possível visualizar o tipo predominante de lavoura irrigada em quatorze diferentes polos de agricultura irrigada no Brasil.

MAPA 3
Brasil: área irrigada por município (2017)



Fonte: ANA (2017b).

4.4 Segurança hídrica

Os dados apresentados nesta subseção indicam a grande variabilidade espacial, e em muitos casos temporal, de diversas variáveis que determinam o nível de segurança hídrica. A variabilidade climática, de uso e ocupação da terra, hidrológica, entre outras, têm como consequência os diferentes níveis de segurança hídrica de um determinado local. O nível de segurança hídrica em diferentes partes do Brasil é muito diverso em função do comportamento das variáveis citadas.

Os elementos apresentados anteriormente, disponibilidade hídrica, qualidade da água e demanda hídrica para múltiplos usos, compõem o conjunto mínimo

de informação necessária para se realizar uma avaliação da segurança hídrica de um território. Apesar de ser um conceito relativamente novo, e ainda em construção nos meios acadêmico e governamental, diferentes métodos de avaliação têm sido propostos, desde avaliações mais qualitativas como a apresentada em GWP (2000) até avaliações mais quantitativas como a proposta por ANA (2019b) no Plano Nacional de Segurança Hídrica (a ser analisado a partir do capítulo 4).

No Brasil, um indicador frequentemente utilizado para avaliar a segurança hídrica é representado pela razão entre a vazão disponível e captada de um corpo hídrico. Em ANA (2005) foi elaborada uma análise da vazão dos principais rios brasileiros, qualificando-os quanto à razão entre essas vazões. O resultado, mostrado na figura 8, constitui indício de que o estado de criticidade dos rios apresenta relação com a densidade populacional de uma região.

FIGURA 8

Brasil: classificação dos principais rios quanto à relação entre as vazões captadas e disponíveis



Fonte: ANA (2005).

Como visto, o quadro de segurança hídrica é preocupante em algumas regiões brasileiras. Na região Nordeste, por exemplo, a maioria dos principais rios apresentavam à época da avaliação uma razão entre a vazão disponível e a vazão de retirada considerada crítica ou muito crítica. As poucas exceções são representadas pelo rio São Francisco e de alguns cursos d'água na região hidrográfica do

Paranaíba. Algumas outras regiões em situação crítica ou muito crítica incluíam: norte de Minas Gerais, regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre e Brasília e o sul do Rio Grande do Sul.

Atualmente, áreas com menor segurança hídrica ocorrem em boa parte do Semiárido brasileiro (interior do Nordeste, com exceção de Piauí e Maranhão, e norte de Minas Gerais). Nessa região, o mencionado clima adverso (menor pluviosidade, elevadas temperaturas em todo o ano e elevada evaporação) resultam numa disponibilidade hídrica muito baixa (cursos d'água intermitentes), por vezes nula, em boa parte do ano. A maior parte dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe apresentam nível de segurança hídrica – de acordo com o Índice de Segurança Hídrica (ISH) proposto por ANA (2019a) – mínimo e baixo. Em partes da bacia do São Francisco, nas regiões de Petrolina (Pernambuco) e Juazeiro (Bahia), a baixa segurança hídrica ocorre, entre outras variáveis, em função da elevada demanda para irrigação (ANA, 2019b).

Outros fatores impactam no baixo nível de segurança hídrica de determinadas regiões. Na metade sul do Rio Grande do Sul, por exemplo, dois fatores são responsáveis pela baixa segurança hídrica da região: a elevada demanda hídrica das lavouras de arroz irrigado por inundação e a grande variabilidade do regime de chuvas. No caso das regiões Metropolitanas, por sua vez, a baixa segurança hídrica resulta das demandas expressivas para abastecimento humano e, no caso de algumas regiões metropolitanas (São Paulo, Porto Alegre e Belo Horizonte), para uso industrial (ANA, 2019b). Adicionalmente, os recursos hídricos da maioria das regiões metropolitanas brasileiras apresentam má qualidade das águas (figura 7), em função do despejo de esgoto doméstico não tratado nos cursos d'água.

Nas regiões com maior dinamismo econômico e produtivo, o desafio do abastecimento está relacionado com a frequente utilização de fontes hídricas interdependentes, muitas delas caracterizadas por transferências de água entre bacias, recaindo em conflitos pelo uso da água. Além disso, o aproveitamento desses corpos hídricos se dá, usualmente, por meio de sistemas integrados, que atendem de forma simultânea a várias sedes municipais, necessitando para isso de uma infraestrutura hídrica complexa do ponto de vista operacional. Essa também tem sido a solução empregada para o abastecimento da população no Semiárido. Regiões com maior segurança hídrica, geralmente combinam maior disponibilidade hídrica natural com pequena pressão de demanda (ANA, 2019b).

Conforme exposto no início deste capítulo, com o desenvolvimento e maior difusão do conceito, indicadores formulados com a finalidade específica de medir a segurança hídrica começaram a ser criados. Beek e Arriens (2014) afirmam que existem diversos indicadores de segurança hídrica disponíveis na literatura e citam os presentes nos relatórios da World Water Development Report (UN-Water) e da GWP.

No Brasil, alguns estudos apresentam propostas de indicadores de segurança hídrica. Machado (2018), por exemplo, realizou estudo com a finalidade de propor e avaliar uma série de indicadores de segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, em São Paulo. Esse mesmo autor menciona diversos indicadores propostos em outros trabalhos realizados no Brasil, entre eles: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS);¹³ indicadores ambientais utilizados pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Estado de São Paulo, 2009); Painel Nacional de Indicadores Ambientais (Brasil, 2014); indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas (Carvalho, Curi e Lira, 2013; Corrêa e Teixeira, 2013).

O Plano Nacional de Segurança Hídrica¹⁴ (ANA, 2019b) criou o ISH, que considera quatro dimensões de segurança hídrica (humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência) para compor um índice global para o Brasil. Informações sobre como esse índice foi calculado serão fornecidas no capítulo 4.

Para, para encerrar este capítulo, apresenta-se o mapa 4, que permite a visualização do grau de segurança hídrica por todo o território brasileiro, a partir das classes do ISH representantes dos graus mínimo, baixo, médio, alto e máximo de segurança hídrica.

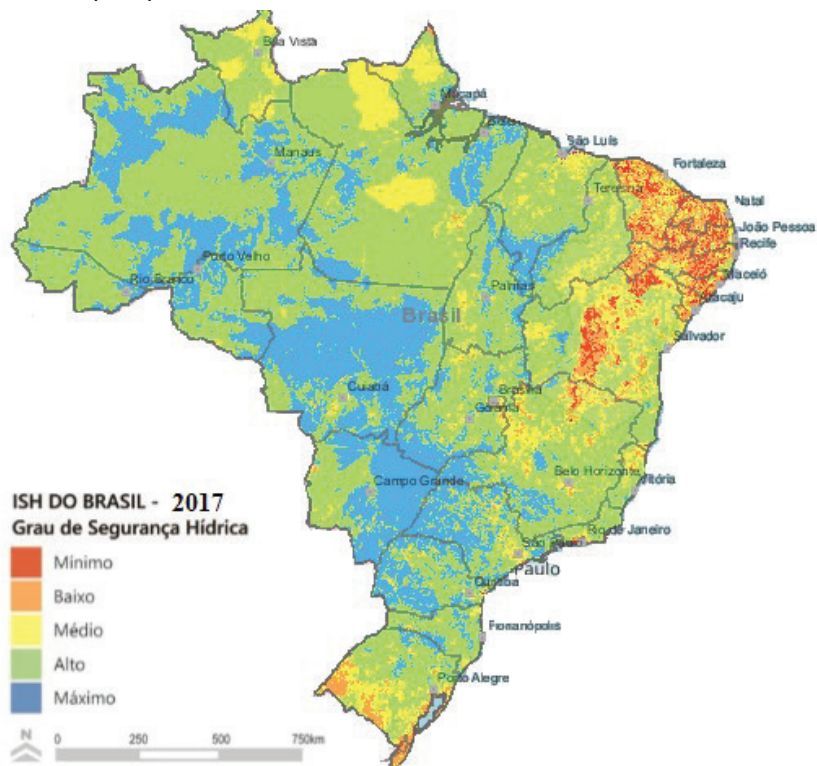
Parte significativa da região Nordeste apresenta níveis mínimos ou baixos de segurança hídrica, especialmente no Semiárido e no Nordeste Setentrional (Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará). Outras regiões do Brasil que concentram áreas com grau baixo e médio de segurança hídrica estão localizadas em algumas médias e grandes regiões metropolitanas (Belo Horizonte, São Luís, São Paulo, Rio de Janeiro e Porto Alegre), no sul do Rio Grande do Sul (principalmente devido à grande demanda da agricultura irrigada), no norte e oeste de Minas Gerais, no centro e no norte do Pará e em partes do território do Amapá e de Roraima.

A maior parte das regiões Centro-Oeste e Norte apresenta graus de segurança hídrica variando de alto a máximo. A região Norte, em especial, não causa surpresa. Já o Centro-Oeste, apesar da intensa expansão da ocupação do solo com pecuária e atividades agrícolas nas últimas décadas apresenta bons níveis de segurança hídrica, com exceção das regiões metropolitanas de Brasília e de Goiânia, que apresentam grau médio.

13. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>>.

14. Esse plano e o indicador de segurança hídrica serão analisados no capítulo 4.

MAPA 4
Brasil: ISH (2017)



Fonte: ANA (2019a).

REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2005. (Cadernos de Recursos Hídricos).

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – edição especial**. Brasília: ANA, 2015. p. 164. Disponível em: <<https://bit.ly/2ZwZqCC>>.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Brasília: ANA, 2017a. p. 169. Disponível em: <<https://bit.ly/3ljcseO>>.

_____. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2017b. p. 86.

_____. **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019a. p. 72.

_____. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília: ANA, 2019b. p. 112. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

ANA autoriza ampliação de limite de vazão da bacia do São Francisco. **Diário de Pernambuco**, Recife, 1º maio 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3FZXQZQ>>.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico**. Brasília: Aneel, 2019. Disponível em: <<https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/index.html>>.

BAKKER, K. Water security: research challenges and opportunities. **Science**, v. 337, Aug. 2012.

BEEK, E.; ARRIENS, W. L. **Water security**: putting the concept into practice. Estocolmo: Global Water Partnership, 2014. (TEC Background Paper, n. 20).

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília. p. 16509, 2 set. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>.

_____. 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, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 470, 9 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>.

_____. Lei nº 11.346, de 15 de julho de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 set. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11346.htm>.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Painel nacional de indicadores ambientais**: referencial teórico, composição e síntese dos indicadores da versão-piloto. Brasília: MMA, 2014. p. 96.

CARVALHO, J. R. M.; CURI, W. F.; LIRA, W. S. Processo participativo na construção de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas. *In*: LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (Ed.). **Gestão sustentável dos recursos naturais**: uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013. p. 31-80.

COOK, C.; BAKKER, K. Water security: debating an emerging paradigm. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 1, p. 94-102, 2012.

CORRÊA, M. A.; TEIXEIRA, B. A. N. Developing sustainability indicators for water resources management in Tietê-Jacaré basin, Brazil. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 7, n. 1, p. 8-14, 2013.

DE FRAITURE, C.; WICHELNS, D. Satisfying future water demands for agriculture. **Agricultural Water Management** v. 97, p. 502-511, 2010.

ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Situação dos recursos hídricos no estado de São Paulo: ano-base 2007**. São Paulo: SMA/CRH, 2009.

FALKENMARK, M.; ROCKSTRÖM, J. The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resources planning and management. **Journal Water Resources Planning and Management**, v. 132, n. 3, p. 129-132, 2006.

FUCCILLE, L. A.; BRAGATTI, M. C.; LEITE, M. L. T. Geopolítica dos recursos naturais na América do Sul: um panorama dos recursos hídricos sob a ótica da segurança internacional. **Mural Internacional**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 59-75, 2017.

GALVÃO, J.; BERMANN, C. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 43-68, 2015.

GLEICK, P. H. Water and conflict: fresh water resources and international security. **International Security**, v. 18, n. 1, p. 79-112, 1993.

GREY, D.; CONNORS, G. The water security imperative: we must and can do more. *In*: WORLD WATER FORUM, 5., Istanbul, 2009. **Proceedings...** [s.l.]: [s.n.], 2009.

GREY, D.; SADOFF, C. Sink or swim? Water security for growth and development. **Water Policy**, v. 545, n. 9, 2007.

GWP — GLOBAL WATER PARTNERSHIP. **Towards water security: a framework for action**. Estocolmo: GWP, 2000.

HIPPEL, D. F. von *et al.* Evaluating the energy security impacts of energy policies. *In*: SOVACOO, K. **The Routledge handbook of energy security**. New York: Routledge, 2011. p. 74-95.

KEPPLE, A. W.; SEGALL-CORRÊA, A. M. Conceituando e medindo a segurança alimentar e nutricional. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 16, n. 1, p. 187-196. 2011.

KINGDOM, B.; LIEMBERGER, R.; MARIN, P. **The challenge of reducing non-revenue water (NRW) in developing countries**. How the private sector can help: a look at performance-based service contracting. Washington: TheWorld Bank, 2006. (Water Supply and Sanitation Sector Board Discussion Paper Series, n. 8). Disponível em: <<https://bit.ly/3FYtgPY>>.

LAUTZE, J.; MANTHRITHILAKE, H. Water security: old concepts, new package, what value? **Natural Resources Forum**, v. 36, p. 76-87, 2012.

LESSA, C. **O Brasil à luz do “apagão”**. Rio de Janeiro: Palavra e Imagem, 2001, p. 282.

LIU, B. *et al.* The connotation and extension of agricultural water resources security. **Agricultural Sciences in China**, v. 6, n. 1, p. 11-16, 2007.

LOPES, J. E. G.; SANTOS, R. C. P. **Capacidade de reservatórios**. São Paulo: Escola Politécnica/USP, 2002.

MACHADO, F. H. **Proposição de indicadores de segurança hídrica**: seleção, validação e aplicação na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, Jundiá – SP, Brasil. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2018.

MELLO, C. C. A. O debate parlamentar sobre o projeto de transposição do rio São Francisco no segundo governo Fernando Henrique Cardoso (1998-2002). *In*: MERINO, G. *et al.* **Gestión ambiental y conflicto social em América Latina**. Buenos Aires: Clacso, 2008. p. 105-134.

NIASSE, M. **Coordinating land and water governance for food security and gender equality**. Stockholm: GWP, 2017. (Background Papers, n. 24).

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Water security for better lives**. Paris: OECD, 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/3rhIhbI>>.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Sistema Interligado Nacional**, 2019. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/sar/sin>>.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração de Dublin sobre água e desenvolvimento sustentável**. Dublin: ONU, 1992. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/files/downloads/declaracao_de_dublin_sobre_agua_e_desenvolvimento_sustentavel.pdf>.

RAY, D. K. *et al.* Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. **PLoS One**, v. 8, n. 6, 2013.

RIBEIRO, W. C. Aquífero Guarani: gestão compartilhada e soberania. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 64, p.227-238, 2008.

SAITO, C. H. Segurança hídrica e direito humano à água. *In*: RUSCHEINSKY, A.; CALGARO, C.; WEBER, T. **Ética, direito socioambiental e democracia**. Caxias do Sul: Educs, 2018.

SHANKER, T. Why we might fight, 2011 edition. **The New York Times**, Washington, 2012. Disponível em: <<https://nyti.ms/3I6lhBi>>.

STEINKE, V. A.; SAITO, C. H. Avaliação geoambiental do território brasileiro nas bacias hidrográficas transfronteiriças. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 6, n. 1, p. 189-222, 2010.

UN – UNITED NATIONS. **What is water security?** New York: UN, 2013. Disponível em: <<http://www.unwater.org/publications/water-security-infographic/>>.

WITTER, S. G.; WHITEFORD, S. Water security: the issues and policy challenges. **International Review of Comparative Public Policy**, v. 11, p. 1-25, 1999.

WOLF, A. T. The Transboundary Freshwater Dispute Database project. **Water International**, v. 24, n. 2, p. 160-163, 1999.

