

# ÁGUAS SUBTERRÂNEAS TRANSFRONTEIRIÇAS E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: NOVOS DESAFIOS PARA A PRESERVAÇÃO

## *GROUNDWATER BORDER AND CLIMATE CHANGE: NEW CHALLENGES FOR THE PRESERVATION*

Patricia Grazziotin Noschang<sup>1</sup>

### RESUMO

As águas subterrâneas transfronteiriças são normalmente administradas pelos Estados através de um tratado bilateral ou multilateral, dependendo do número de Estados em que essas águas estão localizadas. O Direito Internacional regula esses compromissos internacionais que usualmente contém os princípios da prevenção, da cooperação e da boa vizinhança. Contudo, novos fatores, como as mudanças climáticas, estão influenciando na gestão dos recursos hídricos de forma geral e os compromissos tradicionais não são mais suficientes para garantir a gestão adequada das águas transfronteiriças. É necessário que os Estados percebam a necessidade de considerar os tratados já existentes sobre mudanças climáticas e incluir-las nos tratados de gestão de águas transfronteiriças, seja através de uma revisão seja através de uma emenda ao tratado, para assim garantir a sobrevivência dessas águas.

Palavras-chave: Águas subterrâneas transfronteiriças; Mudanças climáticas; Tratados.

### ABSTRACT

Transboundary groundwater is usually administered by the States through bilateral or multilateral treaty, depending on the number of States in which these waters are located. International law regulates these international commitments which usually contains the principles of prevention, cooperation and good neighborliness. However, new factors, such as climate change, are influencing the management of water resources in general and traditional commitments are no longer sufficient to ensure the proper management of transboundary waters. It is necessary that Member States realize the necessity of consider the existing treaties on climate change and include them in the treaties of transboundary water management, either by revising either through an amendment to the treaty, thus to ensure the survival of these waters.

---

<sup>1</sup> Mestre e doutoranda em Direito pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professora de Direito Internacional e Direitos Humanos da Faculdade de Direito da Universidade de Passo Fundo.

Keywords: Climate change; Transboundary Groundwater; Treaties.

## **Introdução**

Sistemas de águas subterrâneas são geralmente compartilhados por mais de um Estado e as regras que regem a sua gestão compartilhada normalmente decorrem de um tratado bilateral ou multilateral, dependendo do número de Estados envolvidos. Atualmente as águas subterrâneas são consideradas um bem precioso pelos Estados que as possuem e são utilizadas para diversos fins tais como irrigação, abastecimento da população, agricultura, entre outros. Infelizmente as guerras por esses recursos naturais deverão tornar-se um evento cada vez mais recorrente, e esta dimensão também deve ser levada em consideração, fazendo com que as regras sobre o uso de aquíferos tornem-se indispensáveis. Fontes de águas subterrâneas maciça são encontradas na América Latina, América do Norte (EUA e México), Europa, África e Oriente Médio. Entre os países europeus pelo menos 75% da água potável utilizada vêm de aquíferos e na Áustria, Croácia, Dinamarca, Hungria, Itália, Lituânia e Eslovênia, passa de 90%. Nos Estados Unidos, as águas subterrâneas são responsáveis pela metade da água potável utilizada e na zona rural sobe para 97% (ECKSTEIN; ECKSTEIN, 2003, p.201). Nesse sentido, percebe-se que os Estados estão utilizando as águas subterrâneas como um recurso infinito considerando que serão sempre de boa qualidade.

Desta forma é importante ressaltar que cada aquífero é único e possui suas próprias características hidrogeológicas, além do uso da água ser diferente em cada região, considerando condições climáticas e as necessidades da população. Vale lembrar que os recursos hídricos são, atualmente, considerados como riquezas dos Estados e devem ser cuidados como uma condição para a sobrevivência humana. Assim a gestão sustentável dos sistemas de recursos hídricos garante o direito a um ambiente saudável (qualidade da água), considerado um direito coletivo, podendo ser protegido internacionalmente.

Para que esse bem natural possa ser preservado e utilizado de forma sustentável os Estados, onde os aquíferos transfronteiriços estão localizados, ao firmar os tratados de gestão desses cursos d'água devem atentar para outras normas vigentes no Direito Internacional: as

regras sobre as mudanças climáticas. Atualmente, torna-se necessário levar em consideração a influência das mudanças climáticas para que seja possível preservar e utilizar adequadamente essas águas. Esse trabalho busca apresentar as características e a gestão das águas subterrâneas transfronteiriças e demonstrar a necessidade de os Estados considerarem as mudanças climáticas como um fator de risco na gestão dos aquíferos.

## **1.Características e gestão das águas subterrâneas transfronteiriças**

É comum aos Estados que possuem recursos hídricos como forma de delimitar suas fronteiras firmem tratados objetivando a gestão conjunta dessas águas limítrofes. Nesses tratados é praticamente de praxe constar alguns princípios a serem respeitados tais como: o princípio da notificação, da prevenção, da precaução e da cooperação. Desta forma, o que se busca com esses acordos é garantir o desenvolvimento sustentável e a cooperação na administração das águas transfronteiriças. Os Estados normalmente elegem uma comissão mista, composta por representantes de todos os envolvidos, para administração do curso fluvial, incluindo as águas subterrâneas quando presentes.

Além dos princípios contidos nesses acordos existem deveres que os Estados se dispõem a cumprir. Um dos deveres de maior importância é o da informação, também conhecido como *prior notification*, ou seja, qualquer atitude que um Estado irá tomar em relação ao uso das águas ou obra ribeirinha deve ser notificada previamente ao(s) outro(s) que serão afetados.

Conhecidos também pela denominação de aquíferos, a utilização e/ou gestão das águas subterrâneas transfronteiriças está prevista em tratados multilaterais firmados principalmente no âmbito das Nações Unidas (ONU). Ressalta-se que os princípios acima mencionados aplicam-se na preservação do direito ambiental em geral, garantindo da mesma forma a proteção contra dano ambiental também nas águas subterrâneas.

Os aquíferos são águas subterrâneas que possuem áreas de recarga e descarga. A preservação dessas águas é deveras complicada, pois a contaminação poderá ocorrer tanto com perfurações no solo sem autorização e devidas precauções, como nas áreas de recarga. A contaminação nas áreas de recarga é comum pelos agrotóxicos e outros produtos tóxicos utilizados no solo que poderão atingir as águas subterrâneas.

A probabilidade de dano ambiental aumenta quando o aquífero é transfronteiriço, pois dependerá, como no caso acima mencionado, da gestão conjunta dos Estados envolvidos e novamente do – princípio da cooperação.

De acordo com Gabriel Eckstein e Yoram Eckstein (2003, p.233), existe uma relação de interdependência entre a maior parte dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos que requer uma perspectiva abrangente para a sua utilização, gestão e conservação. Devido às características transfronteiriças e internacionais de tantos aquíferos, a água subterrânea é um assunto adequado ao direito internacional. Os autores também se referem a um estudo realizado *Food and Agriculture Organization* (FAO) denominado de *Barberi's Models* que apresenta quatro modelos para ilustrar as questões internacionais e transfronteiriças associadas as águas subterrâneas:

- 1) um aquífero confinado é cruzado por uma fronteira internacional, não está ligado hidraulicamente com outras águas subterrâneas e superficiais, e, como tal, por si só, constitui o recurso natural compartilhado;
- 2) um aquífero encontra-se inteiramente dentro do território de um Estado, mas é hidraulicamente ligado a um rio internacional;
- 3) o aquífero está situado inteiramente dentro do território de um único Estado e está ligado hidraulicamente com outro aquífero em um Estado vizinho;
- 4) o aquífero está situado inteiramente dentro do território de um determinado Estado, mas tem a sua zona de recarga em outro Estado. (ECKSTEIN; ECKSTEIN, 2003, p.233)<sup>2</sup>

Segundo os autores referidos, ao apresentar estes modelos, Barberis procurou esclarecer tanto as implicações internacionais quanto as transfronteiriças que as águas subterrâneas podem trazer à normativa internacional. Enquanto Barberis estava correto ao sugerir que os recursos de águas subterrâneas podem ter implicações internacionais substanciais, dois dos modelos de casos apresentados por ele foram considerados cientificamente imprecisos e exigem refinamento e esclarecimento. Por esse motivo os Eckstein e Eckstein apresentam uma nova classificação para ser considerada pela normativa internacional com seis modelos ao invés de quatro:

---

<sup>2</sup> “1) a confined aquifer is intersected by an international boundary, is not linked hydraulically with other groundwater or surface water, and, as such, it alone constitutes the shared natural resource; 2) an aquifer lies entirely within the territory of one state but is hydraulically linked with an international river; 3) the aquifer is situated entirely within the territory of a single state and is linked hydraulically with another aquifer in a neighboring state; 4) the aquifer is situated entirely within the territory of a given State but has its recharge zone in another state.”

Modelo A – aquífero não confinado e ligado hidráulicamente com um rio que corre por uma fronteira internacional (o rio está na fronteira entre dois Estados). Exemplo: Red Light Draw, Hueco Bolson, e Rio Grande aquíferos localizados nos Estados Unidos e México e o aquífero do Rio Danúbio quando ele corre entre Croácia e Sérvia.

Modelo B - aquífero não confinado que corta uma fronteira internacional e é ligado hidráulicamente com um rio que também corta a mesma fronteira. Exemplo: Aquífero Abbotsford-Sumas corre entre a fronteira do Canadá e Estados Unidos; o Aquífero Mures/Maros entre Hungria e Romênia; o Aquífero da Bacia do São Pedro que atravessa a fronteira entre México e Estados Unidos.

Modelo C - aquífero não confinado que flui através de uma fronteira internacional e que é hidráulicamente ligado a um rio que flui completamente dentro do território de um Estado. Exemplo: Aquífero da Bacia Mimbres que atravessa o norte do México e os Estados Unidos no Estado do Novo México.

Modelo D - aquífero não confinado que está completamente dentro do território de um Estado, mas que está ligada hidráulicamente a um rio que flui através de uma fronteira internacional (em tais casos, o aquífero é geralmente localizado no Estado em que o rio está). Exemplo: O Aquífero da Bacia do Rio Gila nos Estados Unidos.

Modelo E - aquífero confinado, alheio hidráulicamente a qualquer corpo de águas da superfície, com uma zona de recarga (ou seja, em uma parte não confinada do aquífero) que atravessa uma fronteira internacional ou que se encontra completamente em outro Estado. Exemplo: a Bacia do Rio Syr Darya na Ásia Central; o Aquífero Mountain entre Israel e os Territórios Palestinos e o Aquífero Guarani entre Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai.

Modelo F - aquífero transfronteiriço alheio a qualquer corpo de água superficial e desprovido de qualquer recarga. Exemplos: o Aquífero Nubian Sandstone entre Chade, Egito, Liba, e Sudão; o Complex Terminal Aquifer cortando Argélia e Tunísia, e possivelmente a Libia e o Marrocos; [...] (ECKSTEIN; ECKSTEIN, 2003, p.233-248)<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup>“ *Model A – An unconfined aquifer<sup>66</sup> that is linked hydraulically with a river, both of which flow along an international border (i.e., the river forms the border between two States). Examples of this Model include: the Red Light Draw, Hueco Bolson, and Rio Grande aquifers underlying the United States and Mexico; and the Danube alluvial aquifer underneath the portion of the Danube River flowing between Croatia and Serbia.[...] Model B – An unconfined aquifer intersected by an international border and linked hydraulically with a river that is also intersected by the same international border. Examples of this aquifer type include: the Abbotsford-Sumas Aquifer flowing across the border between Canada and the United States; the Mures/Maros Aquifer underlying Hungary and Romania; the San Pedro Basin Aquifer traversing the border between Mexico and the United States. [...] Model C – An unconfined aquifer that flows across an international border and that is hydraulically linked to a river that flows completely within the territory of one state. An example of this Model is the Mimbres Basin Aquifer traversing northern Mexico and the U.S. state of New Mexico. [...] Model D – An unconfined aquifer that is completely within the territory of one state but that is linked hydraulically to a river flowing across an international border (in such cases, the aquifer is generally located in the “downstream” State). Examples of this Model include: the Gila River Basin Aquifer underneath parts of Arizona, California, Nevada, and New Mexico in the United States.[...] Model E – A confined aquifer, unconnected hydraulically with any surface body of water, with a zone of recharge (i.e., in an unconfined portion of the aquifer) that traverses an international boundary or that is located completely in another state. Examples of this Model include: the series of deep, confined aquifers in the Syr Darya River Basin of Central Asia;<sup>85</sup> the Mountain Aquifer between Israel and the Palestinian Territories; and the Guarani Aquifer underneath Argentina, Brazil, Paraguay and Uruguay. Model E describes a solitary aquifer that is unrelated to any other body of water (such as a river or lake). This type of aquifer, however, is still a dynamic component of the hydrologic cycle since it has an exposed zone that allows for recharge from precipitation. The transboundary implications of this Model are, in large part, a function of the rate of pumping. Any excessive pumping in one or both states could have serious implications for the part of the aquifer along the border between the two countries. Moreover, any*

Ressalta-se que os aquíferos são águas subterrâneas que possuem áreas de recarga e descarga. Existem vários tipos de aquíferos, dependendo da constituição geológica, que poderá ser poroso, permeável intergranular ou ainda fissurado. Dependendo do tipo de constituição geológica, “[...] que irá determinar a velocidade da água em seu meio, a qualidade da água<sup>4</sup> e a sua qualidade como reservatório.” (BORGHETTI; BORGHETTI; ROSA FILHO, 2004. p.105).

Aldo Rebouças (2002, p.119-151) demonstra que os aquíferos podem desempenhar diversas funções, levando em consideração a gestão integrada dos recursos hídricos, considerando as águas superficiais e subterrâneas. Dentre as funções elencadas por Rebouças convém destacar: a função de produção de água para o consumo humano, industrial ou irrigação; função estratégica (REBOUÇAS, 2002, p. 119-151)<sup>5</sup>, função energética para utilização da água subterrânea aquecida pelo gradiente geotermal, como fonte de energia elétrica ou termal, entre outras. Ressalta-se que os aquíferos são extremamente vulneráveis a contaminação, principalmente nas suas áreas de recarga, onde há o afloramento de suas águas. Todavia o principal fator de risco de contaminação é a quantidade de poços que são construídos sem nenhum tipo de tecnologia adequada.

A utilização das águas subterrâneas no seu sistema integrado deve passar também por uma avaliação socioeconômica, essa análise inicia em determinar quais atividades humanas constam em uma determinada área, bem como a quantidade de água (subterrânea) necessária para abastecer essas atividades (INTERNATIONALLY SHARED AQUIFER RESOURCES MANAGEMENT, 2014). Sendo assim,

---

*negative characteristics found in the aquifer underneath one of the states could flow to the other as a result of natural flow or as a result of a cone of depression locally reversing the natural flow. In addition, where the recharge zone is primarily or entirely in one state, considerable international consequences may result where that state diverts surface runoff from recharging the aquifer or undertakes activities that pollute surface waters in the recharge zone (i.e., agricultural runoff, untreated municipal and industrial waste, etc.). Model F – A transboundary aquifer unrelated to any surface body of water and devoid of any recharge. Examples of this Model include: the Nubian Sandstone Aquifer underneath Chad, Egypt, Libya, and Sudan; the Complex Terminal Aquifer underlying Algeria and Tunisia, and possibly Libya and Morocco; the Continental Interclaire Aquifer underlying Algeria and Tunisia, and possibly Libya and Morocco; and the Qa-Disi Aquifer underlying southern Jordan and northern Saudi Arabia.”*

<sup>4</sup>“Qualidade das águas subterrâneas é geralmente elevada e, portanto, é necessário tratamento adequado. A disponibilidade não está sujeita a sazonalidade e, portanto, há uma fonte, continuamente segura e limpa. Isso faz com que as águas subterrâneas tenham apropriação e uso relativamente barato.”. In: INTERNATIONALLY SHARED AQUIFER RESOURCES MANAGEMENT. Disponível em: <<http://www.isarm.net/publications/154>>. Acesso em: 14 mar. 2014.

<sup>5</sup>“[...] corresponde ao gerenciamento integrado das águas superficiais e subterrâneas em áreas metropolitanas, inclusive mediante práticas de recarga artificial com excedentes da capacidade das estações de tratamento, os quais ocorrem durante os períodos de menor consumo, com infiltração de águas pluviais e esgotos tratados. Volumes infiltrados podem ser bombeados para atender picos sazonais de demandas, períodos de escassez relativa e situações de emergência.”. (REBOUÇAS, 2002, p.119-151)

Pode-se categorizar este uso da água geograficamente, temporalmente (sazonalidade, tendências) e funcionalmente (setor domésticos, agrícolas e industriais). Outra forma de categorizar o uso da água é de priorização (com base na essência e substituição). Por exemplo, o uso da água subterrânea para a sobrevivência básica normalmente tem uma prioridade maior, do que para a produção de alimentos. Muitos países priorizam a utilização de águas subterrâneas para a produção de alimentos ao uso industrial. (INTERNATIONALLY SHARED AQUIFER RESOURCES MANAGEMENT, 2014).

Ainda do ponto de vista socioeconômico, observa-se que o acesso e controle da utilização<sup>6</sup> dos recursos hídricos subterrâneos são muitas vezes assimétricos, tendo em vista a geografia ou exploração dessas águas por um Estado ou outro. Desta forma,

Utilização de águas subterrâneas no Estado A pode mudar o sistema de águas subterrâneas no Estado B afetando o funcionamento dos ecossistemas. Portanto, além de aparências econômicas também aparências ambientais podem ser causadas em aquíferos transfronteiriços. Na análise socioeconômica das utilizações da água subterrânea e, da demanda, é importante incluir a sustentabilidade dos ecossistemas dependentes das águas subterrâneas nos países que compartilham o mesmo sistema de aquífero. (INTERNATIONALLY SHARED AQUIFER RESOURCES MANAGEMENT, 2014)

A gestão dos recursos hídricos deve observar, também, o controle do clima, abastecimento da água e a produção de energia e alimentos. Atualmente, a capacidade de formar um banco de dados, desenvolvimento de *softwares* específicos ajudam a obter uma pesquisa mais profunda sobre a realidade e o todo. Nesse sentido, os gestores devem acompanhar o desenvolvimentos dessas novas tecnologias e estarem devidamente capacitados para a função, realizando um “[...] gerenciamento *integrado, preditivo* e em nível de bacia hidrográfica é o que deve ser a base dessa capacitação.” (TUNDISI, 2008, p.7-16). De acordo com Tundisi “[...] é cada vez mais evidente que novas tecnologias como *ecotecnologias* e *eco-hidrologias* com soluções que incluem o uso de sistemas naturais e dos *processos*

---

<sup>6</sup>“Aquíferos são difusos na natureza e os efeitos daí hidrogeológicos de uma intervenção no aquífero em um local migram através do aquífero para outros locais. Por exemplo, bombeamento de águas subterrâneas vai causar um declínio lençol freático que se dissipa através do aquífero. Um derramamento de uma substância tóxica será transportada com a água subterrânea que flui em e pode atingir outros locais. Assim, um usuário de água subterrânea no local A pode afetar a disponibilidade de águas subterrâneas e em outros locais e na capacidade que o usuário influencia outra maneira de se apropriar e utilizar as águas subterrâneas. O usuário de água subterrânea no local A causa externalidades econômicas (não-compensados ,bombeamento extra ou custos de tratamento) que atingem outros usuários em um local de B. Quando A está localizado no Estado A e B localizado no Estado B, torna-se claro que é especificamente uma questão de externalidades econômicas, que é de grande importância na gestão de aquíferos transfronteiriços. Portanto, um inventário das águas subterrâneas o uso (escala e localização, causas e conseqüências) deve ser padrão de uma análise de TBA sócio-econômico.”. (INTERNATIONALLY SHARED AQUIFER RESOURCES MANAGEMENT, 2014)

*naturais* [...]” (2008, p.7-16) serão utilizadas intensivamente para conservação e recuperação de águas subterrâneas.

Lester Brown é ainda mais prático e objetivo ao referir as formas de evitar a escassez da água utilizando as novas tecnologias:

Para baixar o consumo de água de aquíferos e rios no mundo até o nível sustentável, são necessárias medidas não apenas na agricultura mas em todos os setores da economia. Os passos mais óbvios, além de sistemas e práticas mais eficientes de irrigação e de plantio, incluem a adoção de processos industriais e equipamentos domésticos mais eficientes no uso da água, e também de novas tecnologias como o vaso sanitário químico, sem odor, que dispensa totalmente a água. A reciclagem da água urbana é outra medida a ser pensada em países que enfrentam problemas agudos de escassez. (2009, p.282).

Desta forma, percebe-se a necessidade de construir um sistema integrado de gestão de aquíferos, seja quando se estuda a bacia hidrográfica na sua totalidade, seja na elaboração de documentos jurídicos para garantir o uso adequado das águas subterrâneas. A gestão integrada se torna ainda mais complexa quando se trata de águas compartilhadas entre Estados, ou seja, transfronteiriças que necessitam de um compromisso internacional para efetivar a sua gestão eficaz. Soma-se a eficiência da gestão compartilhada a utilização de novas tecnologias, tornando-se atualmente é indispensável na busca de um resultado positivo e eficaz.

## **2. A influência das mudanças climáticas na gestão das águas subterrâneas**

As mudanças climáticas são um fator determinante a ser considerado na política ambiental e que interferirá diretamente na gestão conjunta de águas subterrâneas. Desta forma, importa distinguir primeiramente definir o que chamamos de clima. De acordo com o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) existe uma diferença entre as palavras *climate* e *weather*. Nesse sentido, “*weather* determina as condições da atmosfera em certo tempo e lugar com referência na temperatura, pressão, umidade, vento e outros parâmetros chaves (elementos meteorológicos) [...]”. Já, *Climate* é em sentido estrito é usado geralmente para determinar “[...] a descrição estatística em termos de média e variabilidade das quantidades relevantes ao longo de um período de tempo que varia desde meses a milhares ou

de milhões de anos.”, e ainda inclui em sentido amplo também estatísticas associadas (frequência, magnitude, persistência, etc) muitas vezes combinando parâmetros para descrever fenômenos como secas. Nesse sentido, as mudanças climáticas significam uma alteração no estado do clima, que pode ser identificada (por exemplo, por meio de testes estatísticos) por mudanças na média e/ou a variação das suas propriedades, e que persiste durante um longo período de tempo, tipicamente de décadas ou mais. (CUBASCH; WUEBBLES; CHEN; FACCHINI; FRAME; MAHOWALD; WINTHER, 2013, p.126):<sup>7</sup>

Relatórios do IPCC apresentam dados preocupantes sobre o aquecimento global e as alterações no ciclos de vida dos recursos naturais. Para evitar que o quadro se agrave diversos compromissos internacionais foram firmados entre os Estados propondo ações preventivas e futuras, como por exemplo a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas de 1992 e o Protocolo de Quioto 1997. De acordo com La Rovere:

O objetivo principal da Convenção do Clima é estabilizar a concentração de GEE na atmosfera em um nível seguro, que não comprometa a segurança alimentar e permita a adaptação natural dos ecossistemas, dentro de um modelo de desenvolvimento sustentável. É ainda imprecisa a extensão dos impactos das mudanças climáticas em âmbito regional, o que torna difícil definir qual seria exatamente o índice seguro de concentração. Mas os estudos mostram que os impactos das mudanças climáticas crescem fortemente a partir de um aumento de temperatura de 2oC a 3oC. Com base neles, inicialmente entidades ambientalistas, como o Greenpeace, e posteriormente um grande número de governos, como o Brasil, a União Europeia, e até mesmo os Estados Unidos, a partir do governo Obama, passaram a defendem um limite aceitável de no máximo 2oC. (2010, p.31-44).

Os autores Cruz e Bodnar propõe uma solução para a falta de eficácia do direito internacional em suas normativas de proteção ao meio ambiente devido a ausência de prevenção quanto as mudanças climáticas através dos princípios da cooperação e da

---

<sup>7</sup> *Weather describes the conditions of the atmosphere at a certain place and time with reference to temperature, pressure, humidity, wind, and other key parameters (meteorological elements); the presence of clouds, precipitation; and the occurrence of special phenomena, such as thunderstorms, dust storms, tornados and others. Climate in a narrow sense is usually defined as the average weather, or more rigorously, as the statistical description in terms of the mean and variability of relevant quantities over a period of time ranging from months to thousands or millions of years. The relevant quantities are most often surface variables such as temperature, precipitation and wind. [...]Climate in a wider sense also includes not just the mean conditions, but also the associated statistics (frequency, magnitude, persistence, trends, etc.), often combining parameters to describe phenomena such as droughts. Climate change refers to a change in the state of the climate that can be identified (e.g., by using statistical tests) by changes in the mean and/or the variability of its properties, and that persists for an extended period, typically decades or longer. (CUBASCH; WUEBBLES; CHEN; FACCHINI; FRAME; MAHOWALD; WINTHER, 2013, p.126)*

solidariedade que seriam os estruturantes do direito transnacional e resolveriam as lacunas existentes atualmente. Contudo, ressalta-se, que tais princípios são os mesmos que regem o direito internacional ambiental na maioria dos tratados que versam sobre a proteção ao meio ambiente. Seria apenas substituir um direito pelo outro, ou seja, o *inter* pelo *trans*. Tanto no direito *inter* como no *trans* a eficácia das decisões tomadas nessas esferas dependeriam da vontade política dos governantes, seja por tratados firmados ou por regimes criados. Para os autores “a questão climática é um tema que vai além da dimensão ecológica, pois diz respeito também ao desenvolvimento, à sustentabilidade e à própria justiça intergeracional.” (2010, p.332).

Ainda é importante ressaltar que conforme Marengo “grande parte dos países menos desenvolvidos já enfrenta períodos incertos e irregulares de chuvas, e as previsões para o futuro indicam que as mudanças climáticas vão tornar a oferta de água cada vez menos previsível e confiável.” (2008, p 84). O autor ainda alerta que,

Economizar água para o futuro não é, portanto, lutar por um objetivo distante e incerto. As tendências atuais de exploração, degradação e poluição dos recursos hídricos já alcançaram proporções alarmantes, e podem afetar a oferta de água num futuro próximo caso não sejam revertidas. [...] Segundo previsões da Unesco, 1,8 bilhão de pessoas podem enfrentar escassez crítica de água em 2025, e dois terços da população mundial podem ser afetados pelo problema no mesmo ano. O crescimento explosivo das populações urbanas é também causa alarmante da ameaça global de escassez de água no mundo.

No passado, a maior preocupação dos governos federal e estadual sobre o gerenciamento no uso da água era como satisfazer as demandas de uma população cada vez maior, e como enfrentar o problema de secas ou enchentes. Recentemente, a mudança climática tem sido observada como possível causa de problemas que podem afetar a variabilidade e a disponibilidade na qualidade e quantidade da água. Mudanças nos extremos climáticos e hidrológicos têm sido observadas nos últimos cinquenta anos, e projeções de modelos climáticos apresentam um panorama sombrio em grandes áreas da região tropical. (MARENGO, 2008, p.84-85)

A mudanças climáticas também podem trazer dano às águas subterrâneas interferindo diretamente na redução da recarga dos aquíferos e indiretamente reduzindo a oferta de água na superfície com maiores períodos de estiagem, além de induzir a exploração elevada dessas águas com a perfuração de poços artesianos causando uma superexploração dessas águas para suprir a necessidade da população.

Contudo, Marengo, Tomasella e Nobre (2010, p.204) alertam que a escassez, a poluição ou as alterações nos ciclos hidrológicos dos aquíferos estão relacionadas a má gestão pelos Estados dos recursos hídricos como um todo. Segundo os autores “o gerenciamento

adequado dos recursos hídricos face às mudanças climáticas irá depender do conhecimento de sua disponibilidade e de como essa disponibilidade será afetada por diferentes cenários.”. Desta forma, é necessário investir em pesquisa para reduzir a incerteza e aumentar o detalhamento da informação, pois segundo os autores há uma certa carência nos estudos sobre recursos hídricos subterrâneos ao contrário do que ocorre com os superficiais. Existem também, “poucas evidências experimentais do grau de resiliência dos ecossistemas brasileiros, é fundamental para se determinar à sobrevivência desses ecossistemas face às mudanças climáticas.”. (MARENGO; TOMASELLA; NOBRE. p.212-213). Já no que se refere às águas subterrâneas os autores ressaltam que

O aumento de temperatura devido às mudanças climáticas tem efeitos diretos sobre o ciclo hidrológico, alterando os montantes pluviométricos, sua distribuição temporal e espacial (frequência de secas e enchentes), afetando, portanto, processos hidrológicos tais como o escoamento e a infiltração. Estas mudanças irão afetar o armazenamento de água no solo e, conseqüentemente, a recarga dos aquíferos. Portanto, nesse contexto, é de se esperar que as mudanças climáticas afetem espacial e temporalmente os níveis dos aquíferos, o que tem consequência não apenas no abastecimento humano, mas também afetam a capacidade de regularização dos grandes rios (com conseqüências para todos os usos da água, consultivos ou não) ou, mesmo indiretamente, atividades como a construção civil e a mineração. (MARENGO; TOMASELLA; NOBRE. p.211).

Relatórios do IPCC afirmam que as mudanças climáticas podem agravar ainda mais a escassez dos recursos hídricos, principalmente se não houver uma gestão adequada dessas águas, uma vez que se tornam vulneráveis aos efeitos de tais mudanças. (FREITAS, 2009, p.130) A vulnerabilidade e a capacidade de adaptação são elementos chaves para o entendimento dos efeitos causados pelas mudanças climáticas. O Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho II do IPCC, de 2007, teve como objeto o “entendimento científico atual dos impactos da mudança do clima nos sistemas naturais, manejados e humanos, a capacidade de adaptação desses sistemas e sua vulnerabilidade.” (IPCC, 2007, p.28) e teve como base as avaliações anteriores do IPCC. O relatório definiu termos que são conceitos operacionais de grande relevância para essa pesquisa:

*Mudança do clima*, como termo usado pelo IPCC, refere-se a qualquer mudança do clima que ocorra ao longo do tempo em decorrência da variabilidade natural ou da atividade humana. Esse uso difere do da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, em que *mudança do clima* se refere a uma mudança do clima que possa ser atribuída direta ou indiretamente à atividade humana e que altere a composição da atmosfera global, sendo adicional à variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis de tempo.

*Capacidade de adaptação* é a capacidade de um sistema de se ajustar à mudança do clima (inclusive à variabilidade climática e aos eventos extremos de tempo), moderando possíveis danos, tirando vantagem das oportunidades ou lidando com as consequências.

*Vulnerabilidade* é o grau de susceptibilidade ou incapacidade de um sistema para lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, inclusive a variabilidade climática e os eventos extremos de tempo. A vulnerabilidade é uma função do caráter, magnitude e ritmo da mudança do clima e da variação a que um sistema está exposto, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação. (IPCC, 2007, p.28)

O *Fifth Assessment Report (AR5)* (Quinto Relatório de Avaliação) do IPCC tem como objetivo proporcionar uma visão clara do estado atual do conhecimento científico relevantes para as mudanças climáticas. O relatório será composto por três grupos de trabalho, e cada um deles apresentará os resultados encontrados. O Primeiro Grupo de Trabalho (*Working Group I*) se reuniu em setembro de 2013, e os resultados já foram aprovados e publicados pelo grupo. O Segundo Grupo de Trabalho (*Working Group II*) se reunirá no final do mês de março de 2014 e debaterá questões sobre impacto, vulnerabilidade e adaptação. Já o encontro do Terceiro Grupo de Trabalho (*Working Group III*) será no início do mês de abril de 2014 e contribuirá para o Relatório Final nas questões sobre mitigação das mudanças climáticas. O Relatório Final somando os resultados dos três grupos de trabalho está previsto para outubro de 2014. (IPCC, 2014)

Os resultados encontrados pelo Primeiro Grupo de Trabalho (*The Physical Science Basis*) revelam que a temperatura do planeta está em elevação e a ação do homem nesse cenário é comprovada. (IPCC, 2013, p.13) O relatório demonstra que a temperatura da terra e da água dos oceanos aumentou nos últimos cem anos, que as emissões de gases de efeito estufa estão cada vez maiores na atmosfera, o nível da água dos oceanos subiu devido ao derretimento das calotas polares<sup>8</sup>, a quantidade de CO<sub>2</sub> nas águas dos oceanos está afetando diretamente a sua qualidade, entre outras consequências apontadas pelo relatório. Em relação as águas subterrâneas o relatório afirma que essas sofrerão com a qualidade na sua recarga, o esgotamento das águas subterrâneas será maior do que a sua recarga. (CUBASCH; WUEBBLES; CHEN; FACCHINI; FRAME; MAHOWALD; WINTHER, 2013, p.13)

---

<sup>8</sup> “The historical tide gauge record shows that the average rate of global mean sea level rise over the 20th century was  $1.7 \pm 0.2$  mm yr<sup>-1</sup> (e.g., Church and White, 2011). This rate increased to  $3.2 \pm 0.4$  mm yr<sup>-1</sup> since 1990, mostly because of increased thermal expansion and land ice contributions (Church and White, 2011; IPCC, 2012b). Although the long-term sea level record shows decadal and multi-decadal oscillations, there is evidence that the rate of global mean sea level rise during the 20th century was greater than during the 19th century.”. (CUBASCH; WUEBBLES; CHEN; FACCHINI; FRAME; MAHOWALD; WINTHER, 2013, p.136).

Os relatórios do IPCC demonstram que os tratados tradicionais de gestão de recursos hídricos compartilhados não são mais suficientes para a sua conservação, pois as mudanças climáticas são um fator que deve ser considerado na revisão desses documentos bem como na elaboração de novos tratados. Percebe-se também, pelos relatórios mencionados, que os efeitos das mudanças climáticas atingem os recursos hídricos como um todo, ou seja, tanto as águas superficiais como as águas subterrâneas.

De acordo com os autores acima referidos os danos às águas subterrâneas os danos estarão relacionados a sua qualidade, considerando que serão atingidas na suas áreas de recarga. Ressalta-se que é devido a sua qualidade que as águas subterrâneas são utilizadas para abastecer a população de várias cidades atualmente. Sendo assim, o dano a essas águas seria sentido por grande parte da população nessas cidades que ficaria sem água e teria que buscar outro recurso.

### **Considerações Finais**

Conforme apresentado, a gestão adequada das águas transfronteiriças se dá através de um tratado e o Direito Internacional é responsável pelas condições de validade desse compromisso internacional que, deverá observar a Convenção de Viena sobre Direito dos Tratados de 1969 bem como o costume internacional onde existirem lacunas. Contudo, a técnica do Direito Internacional deve atentar também as novas possibilidades de danos futuros às águas compartilhadas para que uma boa gestão seja possível através do tratado firmando.

Nesse sentido, os tratados firmados com o objetivo de administrar de cursos d'águas transfronteiriças, sejam elas de superfície ou subterrâneas, deverão necessariamente considerar os compromissos internacionais existentes em matéria de mudanças climáticas, tais como a Convenção Quadro da Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas de 1992, o Protocolo de Quioto de 1997, bem como os recentes relatórios do IPCC. Somente assim, será possível obter uma gestão eficaz das águas transfronteiriças, garantindo sua qualidade e prevenindo a escassez deste recurso tão importante para a sobrevivência de todos no planeta.

### **Referências**

BORGHETTI, Nadia Rita Boscardin; BORGHETTI, José Roberto; ROSA FILHO, Ernani Francisco da. **Aqüífero Guarani: a verdadeira integração dos países do MERCOSUL**. Curitiba: Ed. dos Autores, 2004. p.105.

BROWN, Lester. **Plano B 4.0**. São Paulo: New Content, 2009. p.282.

CUBASCH, U., D. WUEBBLES, D. CHEN, M.C. FACCHINI, D. FRAME, N. MAHOWALD, J.-G. WINTHER, 2013: Introduction. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. p.126

CRUZ, Paulo Márcio; BODNAR, Zenildo. O clima como necessidade de governança transnacional: reflexões pós-Copenhague. **Seqüência**. N. 60. jul. 2010. Florianópolis: UFSC, 2010. p. 319-339.

DERANI, Cristiane. Mudanças Climáticas – mudanças humanas. In: GALLI, Alessandra (COORD.) **Direito Socioambiental**. Vol.2. Curitiba: Juruá, 2011. p.73.

ECKSTEIN, Gabriel. ECKSTEIN, Yoram. A Hydrogeological Approach to Transboundary Ground Water Resources and International Law. **American University International Law Review**. Vol. 19. 2003. p. 201.

ECKSTEIN, Gabriel. A Hydrogeological Perspective of the Status of Ground Water Resources Under the UN Watercourse Convention. **Columbia Journal of Environmental Law**. Vol.30:3. 2005 p.539-545. ECKSTEIN, Gabriel. ECKSTEIN, Yoram. A Hydrogeological Approach to Transboundary Ground Water Resources and International Law. **American University International Law Review**. Vol. 19. 2003. p. 233-248

FREITAS, *Marcos Aurélio Vasconcelos de*. MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS: SITUAÇÃO ATUAL, DESAFIOS INTERNACIONAIS E BRASILEIROS. **Seminário Mudanças Climáticas** (2009 : Rio de Janeiro) Seminário Mudanças Climáticas / Fundação Alexandre de Gusmão. – Brasília : 2010. p.130.

INTERNATIONALLY SHARED AQUIFER RESOURCES MANAGEMENT. Disponível em: <<http://www.isarm.net/publications/154>>. Acesso em: 14 set 2011.

IPCC. **Mudança do Clima 2007: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade** PNUMA **Contribuição do Grupo de Trabalho II ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima**. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/portuguese/ar4-wg2-spm.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2013. p.28.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. Disponível em: <[http://www.ipcc.ch/index.htm#Uw5O9\\_3d5fR](http://www.ipcc.ch/index.htm#Uw5O9_3d5fR)>. Acesso em: 26 fev. 2014.

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: IPCC. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

LA ROVERE, Emilio Lébre. **A mitigação das mudanças climáticas e a contribuição do Brasil** -. Seminário Mudanças Climáticas (2009 : Rio de Janeiro) Seminário Mudanças Climáticas / Fundação Alexandre de Gusmão. – Brasília: 2010. p.31-44.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito dos Cursos de Água Internacionais**. São Paulo: Malheiros, 2009.

MARENGO, José Antônio. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**. N.22 (63). 2008.

MARENGO, José A.; TOMASELLA, Javier; NOBRE, Carlos A. Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos. In: BICUDO, Carlos E.de M.; TUNDISI, J. G.. J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. (Orgs). **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.

REBOUÇAS, Aldo. Águas Subterrâneas. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. (Org.) *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2 ed. rev. e ampl. São Paulo: Escrituras, 2002. p. 119 – 151.

TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**. V.22. n.63. Scielo, 2008. p.7-16.