

MESTRADO

DESENVOLVIMENTO E COOPERAÇÃO INTERNACIONAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO

O USO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO PARA A
GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

RAFAELLA SANTOS NETTO DO PRADO

ISEG, NOVEMBRO - 2020

MESTRADO EM

DESENVOLVIMENTO E COOPERAÇÃO INTERNACIONAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO

**O USO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO PARA A
GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

POR RAFAELLA SANTOS NETTO DO PRADO

ORIENTAÇÃO:

PROFESSORA DOUTORA MARTA PEDRO VARANDA

ISEG, NOVEMBRO – 2020

LISTA DE ABREVIATURAS

- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico;
- BDB – Banco de Dados (do inglês *Branch Data Base*);
- C2C – Cidadão para Cidadão (do inglês *Citizen to Citizen*);
- C2G – Cidadão para Governo (do inglês *Citizen to Government*);
- EUA – Estados Unidos da América;
- GwC – Governo e Cidadão (do inglês *Government with Citizen*);
- GPS – Sistema de Posicionamento Global (do inglês *Global Positioning System*);
- G2C – Governo para Cidadão (do inglês *Government to Citizen*);
- IGRAC – Centro Internacional de Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos (do inglês *International Groundwater Resources Assessment Centre*);
- MEA – Mecanismos de Extração de Água;
- OCDE – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico;
- ODM – Objetivos de Desenvolvimento do Milênio;
- ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável;
- ONGs – Organizações Não-Governamentais;
- ONU – Organização das Nações Unidas;
- PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento;
- SAD – Sistema de Apoio à Decisão (do inglês *Decision System Support – DSS*);
- TI – Tecnologia da Informação;
- TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação.

RESUMO

Argumento é que a água é essencial à vida e a sua má gestão tem como consequência a escassez de água potável no planeta. Por isso, desde o final da década de 1990, quando o desenvolvimento sustentável ganhou maior notoriedade, a comunidade internacional passou a defender a mudança de paradigma de uma gestão estadocêntrica e top-down para uma gestão mais participativa e bottom-up das águas, no qual há a necessidade de inclusão dos diversos grupos de interesses nos processos decisórios. O propósito deste trabalho é analisar como as tecnologias da informação e comunicação (TIC) facilitam a disseminação de informações e conhecimentos e como elas se tornaram uma ferramenta indispensável na boa governança das águas subterrâneas. Ao final, o caso de sucesso da Austrália Ocidental exemplificará como o uso de TIC para a conscientização da população é capaz de contribuir para a boa governança dos recursos hídricos subterrâneos.

Palavras-Chave: águas subterrâneas, participação pública, boa governança, TIC.

ABSTRACT

The argument is that water is essential for life and its poor management results in the scarcity of drinking water on the planet. For this reason, since the end of the 1990s, when sustainable development gained greater notoriety, the international community started to defend the paradigm shift from a hierarchical-administrative water management toward more participatory and bottom-up groundwater management, in the which there is a need to include different interest groups in decision-making processes. The purpose of this paper is to analyze how information and communication technologies (ICT) facilitate the dissemination of information and knowledge and how they have become an indispensable tool in good governance of groundwater. In the end, the Western Australia success story will exemplify how the use of ICT to raise public awareness is capable of contributing to the good governance of underground water resources.

Keywords: groundwater, public participation, good governance, ICT.

ÍNDICE

1	Introdução	1
2	Aspectos gerais dos aquíferos no planeta	5
3	A gestão das águas subterrâneas	6
3.1.	Desafios e mudanças de paradigmas na gestão das águas subterrâneas.....	9
3.1.1	O modelo estadocêntrico.....	9
3.1.2	O modelo policêntrico.....	11
3.1.2.1	Exemplos da participação pública na gestão das águas subterrâneas.....	14
3.1.3	O modelo pelo mercado de águas	15
4	O papel das tic na gestão da água subterrânea.....	16
4.1	O uso das tic na interação entre governo e sociedade	17
4.1.1	O fluxo de informação c2g	18
4.1.2	O fluxo de informação g2c	19
4.1.3	O fluxo de informação c2c	19
4.2	Vantagens da implementação das tic na gestão participativa das águas subterrâneas 20	
4.3	Desafios da implementação das tic na gestão participativa das águas subterrâneas	22
4.4	Métodos de gestão das águas subterrâneas com a utilização das tic	24
4.5	A implementação das tic verde na gestão participativa.....	25
4.6	O projeto greensenseview – referência de sucesso.....	26
5	Conclusão.....	27
	Referências bibliográficas	30

1 INTRODUÇÃO

A água é fundamental para a vida. Sendo assim, um dos desafios mais importante da sociedade é a busca por mecanismos que previnam a escassez de água potável no planeta. Segundo o Relatório da ONU para Recursos Hídricos (2016), negligenciar o problema da crise hídrica pode reverter todos os benefícios alcançados através da redução da pobreza, criação de empregos e desenvolvimento social, pois 78% da mão de obra mundial, direta ou indiretamente, são dependentes da água. Assim, podemos compreender que da mesma forma o que uso da água contribui para o desenvolvimento, a escassez limita as oportunidades de crescimento (ONU, 2016).

Em decorrência do aumento do padrão de vida, do crescimento populacional e da demanda por alimentos e energia elétrica, desde 1980 a captação de água tem aumentado cerca de 1% ao ano (ONU, 2016). Segundo estudos, o crescimento contínuo nessas proporções acarretará o aumento de 20 a 30% em relação ao nível atual de uso, até 2050 (ONU, 2019).

No planeta Terra, a água disponível divide-se em superficial (rios, córregos, lagos, oceanos, etc.) e subterrânea (aquíferos). Os aquíferos são reservas de água abaixo do solo causados pelo excesso das chuvas que preenchem os espaços entre rochas e podem ser uma interação entre as águas superficiais, estando em constante recarga, como também podem ser aquíferos fósseis, que não possuem reabastecimento de água (ANA, 2017). Ressalta-se que se desconsiderarmos as calotas polares, 90% da água doce disponível está armazenada nos aquíferos, sendo imprescindível sua preservação. Segundo o Centro Internacional de Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos (IGRAC), 67% da água subterrânea é usada para a irrigação na agricultura, 22% para consumo doméstico (água potável e saneamento) e 11% é usada em indústrias¹.

Rockstrum & Klum (2015), enfatizam que, atualmente, o planeta sofre a maior pressão que algum dia já sofreu sobre os recursos naturais. De acordo com os estudiosos, a pressão iniciou-se no século XVIII, com a Revolução Industrial e se intensificou após a Grande Aceleração, na década de 1950, com a poluição química, a poluição do ar e a degradação do solo e da água. As mudanças de conduta e, principalmente, de consumo da segunda metade do século XX impulsionaram as alterações climáticas e propagaram

¹ Disponível em: <https://www.un-igrac.org/what-groundwater> (acesso em 5 de outubro de 2020).

o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável que, segundo o Relatório de Brundtland (1987, p. 46) “é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”. Ao falar em desenvolvimento, é comum pensarmos no crescimento econômico de determinada região, entretanto, o desenvolvimento sustentável compõe-se pelo tripé: desenvolvimento econômico, social e ambiental (Relatório de Brundtland, 1987).

Após o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável foi realizada a Conferência Rio 92, em que representantes de 168 países se reuniram para tomar as medidas necessárias para diminuir a degradação ambiental. Em 2000, os países participantes da ONU se reuniram novamente na chamada Cúpula do Milênio para debaterem sobre os principais problemas que afetariam o planeta nas décadas seguintes. Nesta reunião foram estabelecidos 8 objetivos, denominado Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que deveriam ser cumpridos até o ano de 2015. Em 2012, uma nova conferência foi realizada pelos países da ONU, conhecida como Rio+20, para analisar as metas alcançadas através dos ODM, bem como firmar novos compromissos para com o desenvolvimento sustentável. A Assembleia Geral da ONU definiu 17 metas globais, chamado de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com a finalidade de continuar promovendo a cooperação entre os países e o desenvolvimento sustentável acordado na Rio-92² e na Cúpula do Milênio. Estas metas abrangem múltiplas questões, entretanto, duas delas estão diretamente relacionadas à governança sustentável da água: ODS 2 – fome zero e agricultura sustentável³ e ODS 6 – água potável e saneamento⁴.

O ODS 2 busca promover a agricultura sustentável implementando práticas agrícolas, simultaneamente aumenta a produtividade e ajuda a manter os ecossistemas, além de buscar um reforço em cooperação internacional, infraestrutura rural e desenvolvimento de novas tecnologias. O ODS 6 busca alcançar o acesso universal à água potável, enfrentar a escassez hídrica através da eficiência do seu uso em todos os setores, assegurar retiradas sustentáveis, proteger e restaurar os ecossistemas, inclusive os

² Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, que aconteceu em 1992, no Rio de Janeiro, em que representantes de 168 países se reuniram para debater medidas necessárias para diminuir a degradação ambiental e promover o desenvolvimento sustentável.

³ Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/2> (Acesso em 7 de outubro de 2020).

⁴ Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6> (Acesso em 7 de outubro de 2020).

aquíferos, através de apoio e fortalecimento da participação das comunidades locais na gestão das águas.

Hoje é sabido que os problemas de escassez e falta de qualidade da água são uma questão de governança e a boa governança da água exige políticas públicas mais robustas para enfrentar os desafios atuais e futuros e, por isso, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2015) definiu três pilares que visam contribuir para políticas mais claras e concretas:

- Eficácia: necessidade de metas e objetivos claros e sustentáveis;
- Eficiência: maximização dos benefícios de uma gestão sustentável da água e minimização dos custos de transação para a sociedade;
- Confiança e Compromisso: garantir a equidade e inclusão das partes interessadas nos processos decisórios e, assim, reforçar a confiança da sociedade como um todo.

A seguir, a figura 1 busca explicar a visão geral dos três pilares para a boa governança da água e como é possível alcançá-las.



Figura 1: Visão geral dos Princípios da OCDE para a Governança da Água

Fonte: OCDE (2015), p. 4.

Além dos 3 pilares, a OCDE também desenvolveu um “Quadro de Governança Multinível” que serve como uma ferramenta de apoio à gestão dos recursos hídricos (OCDE, 2015). A sobre-exploração da água exige uma mudança no modelo de governança, entretanto, o mesmo relatório da OCDE (2015) mostra que, devido à vasta diversidade de situações, não existe uma solução única e uniforme para todos os desafios e que cada região precisa adaptar esse modelo de gestão às suas especificidades territoriais e realidade.

No decorrer deste trabalho serão abordados 3 modelos diferentes de gestão da água: o modelo *top-down*, no qual a gestão e as tomadas de decisão são centralizados nos representantes políticos; o modelo descentralizado e *bottom-up*, onde a comunidade participa de todo o processo de tomada de decisão; e o modelo do mercado de águas, no qual os consumidores negociam, através de trocas e leilões, cotas de água a serem extraídas.

O presente trabalho concentra-se no modelo *bottom-up*, fundamentado na gestão participativa e policêntrica. Elinor Ostrom (1990) foi uma das primeiras estudiosas a defender a autonomia da comunidade em relação à gestão do uso sustentável dos recursos naturais. Para a autora, os recursos de propriedade comum são, muitas vezes, distribuídos de forma desigual, mas as próprias comunidades são capazes de criar instituições fortes para governar os recursos locais de maneira sustentável. Essa gestão participativa dos recursos hídricos é complexa e deve ser adaptativa, sem uma autoridade central dominante (Neef, 2009), e partilhada entre diferentes níveis de governo, sociedade civil, empresas e demais partes interessadas, importantes nos momentos de tomadas de decisão (OCDE, 2015).

O final do século XX foi marcado por diversas conferências e tratados importantes como: Declaração do Rio e Agenda 21 (1992), Declaração de Dublin (1992), Convenção de Aarhus (1998), Declaração de Haia (2000) e Declaração de Johannesburgo (2002), que incentivam governança participativa dos recursos naturais, entre eles a água (Neef, 2009).

Em relação à água subterrânea uma das questões críticas a uma governança eficaz é a disponibilidade de informação fiável. Uma gestão participada fazendo uso de informação fornecida pelos usuários através de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) pode ser um formato inovador, que promova a gestão sustentável da água

subterrânea. Neste trabalho faremos uma revisão de literatura e de casos de estudo nesta área ainda inovadora do uso das TIC para a gestão participada da água subterrânea.

Na primeira parte do trabalho será abordado uma análise dos aspectos gerais dos aquíferos no planeta, bem como a importância dos mananciais, a forma como estão sendo utilizados e as consequências da sobre-exploração dessas águas. Sequencialmente será analisado o atual método de gestão estadocêntrico das águas pela maioria dos países, tratados e convenções internacionais que promovem a participação da comunidade na governança dos mananciais e incentivam a alteração de gestão para um modelo policêntrico e os desafios dessa mudança de paradigmas. A próxima seção abordará o surgimento das TIC na gestão das águas, sua influência na interação entre o governo e a sociedade, as vantagens, os desafios e as consequências do seu uso. Será ainda apresentado os diferentes métodos de aplicação dessas tecnologias e, posteriormente, o surgimento do movimento das “TIC Verde” e sua influência no desenvolvimento sustentável e finalizando com um exemplo concreto de governança participativa das águas subterrâneas fazendo uso das TIC na Austrália.

2 ASPECTOS GERAIS DOS AQUÍFEROS NO PLANETA

Os aquíferos têm sido considerados uma fonte de água segura e confiável e na maior parte do planeta as bacias hidrográficas são utilizadas no período de estiagem, quando as águas superficiais não são suficientes para atender às necessidades de consumo humano. No entanto, a água subterrânea está deixando de ser um recurso de reserva em tempos de crise para ser usado corriqueiramente (Molle & Closas, 2017) e prevê-se que a sobre-exploração, principalmente para fins de irrigação, terá um aumento estimado em 39% até 2050, em relação ao consumo atual (ONU, 2018). Atualmente, quase um terço dos maiores aquíferos do mundo estão sendo esgotados mais rápido do que podem ser reabastecidos⁵ (NASA, 2015) e o nível de água disponível em 21 dos 37 desses aquíferos diminuiu na última década (Khan & Brown, 2019). A agricultura é responsável por 70% do consumo de água doce. Deste percentual, 57% da água utilizada nas irrigações provém das águas superficiais e 43%, das águas subterrâneas (Molle & Closas, 2017).

⁵ Disponível em: <https://www.nasa.gov/jpl/grace/study-third-of-big-groundwater-basins-in-distress> (acesso em 19 de setembro de 2020).

Em muitas regiões do planeta a extração de água subterrânea não é gerenciada com eficácia e a exploração sem monitoramento adequado pode causar muitos impactos negativos à sociedade e ao meio ambiente. Dentre eles, a perfuração de poços aumenta a extração de água que, por consequência, leva ao declínio dos lençóis freáticos e pode baixar o fluxo dos rios e lagos, assim como secar nascentes (Molle & Closas, 2017). O monitoramento da extração das águas subterrâneas não é uma tarefa fácil de ser realizada e o fluxo de bombeamento que cada aquífero suporta é definido por várias especificidades. Para tal é necessária uma análise particular de cada um deles. Segundo Graaf *et al.* (2019), a afluência da água subterrânea pode ser recuperada de duas formas: quando o nível de bombeamento da água diminui ou quando os mananciais são recarregados por precipitações, rios ou sistemas de recarga projetada - esta última, só é possível em razão do desenvolvimento de novas tecnologias.

Graaf *et al.* (2019) ainda mencionam o aumento do preço dos alimentos como um impacto negativo para a sociedade, pois, quando a quantidade de água está baixa, ocorre a elevação dos custos de bombeamento para irrigação, o que pode resultar no aumento do preço das *commodities*. Além do encarecimento dos alimentos, nem todos os pequenos agricultores conseguem arcar com as despesas, o que pode levar ao abandono da agricultura de alimentos que necessitam de maior frequência de irrigação.

Torna-se evidente a necessidade de uma gestão mais consistente e responsável os aquíferos, pois os impactos causados pela exploração excessiva são, atualmente, classificados em escala considerável e a inércia pode causar prejuízos irreversíveis ao planeta. Assim, é necessário despertar e conscientizar a sociedade e governo para a adoção de medidas que cessem a crise atual causada pela diferença entre o ritmo natural de reposição da água e a sobre-exploração para irrigação da agricultura intensiva.

3 A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A gestão das águas subterrâneas é, comparativamente à gestão das águas superficiais, de grande complexidade. A invisibilidade do recurso dificulta o entendimento da dinâmica dos aquíferos por parte dos usuários e até mesmo por parte de alguns gestores, devido à falta de conhecimento nos processos hidrológicos e o seu funcionamento na natureza (Conicelli & Hirata, 2016). Segundo os autores, a falta de conhecimento e a invisibilidade da sobre-exploração incapacita os tomadores de decisões

de terem a exata dimensão das consequências causadas pela má gestão das bacias hidrográficas. Dada as características deste recurso e dos seus utilizadores, o modelo dominante com estrutura governamental centralizada, *top-down* e tecnocrática, não se afigura o mais adequado, pois gera políticas públicas inadequadas e incapazes de gerir os recursos de forma sustentável.

Um estudo do Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento (PNUD) estabeleceu que os elementos mais importantes para a boa governança da água abrangem “equidade, transparência, responsabilidade, sustentabilidade ambiental e econômica, participação e empoderamento das partes interessadas e capacidade de desenvolvimento socioeconômico” (Molle & Closas, 2017 *apud* PNUD, 2013). Nestes casos, a gestão participativa e policêntrica (*bottom-up*) é considerada a mais propícia para uma governança sustentável dos aquíferos, porque quando todos os interessados fazem parte dos processos decisórios é possível um planejamento a longo prazo, onde todas as medidas de gestão são propostas e aceitas pelos próprios usuários (Conicelli & Hirata, 2016).

A importância da participação dos usuários na administração dos recursos hídricos para lidar com a questão do uso indiscriminado da água tem vindo a ser reconhecida a nível institucional e é possível confirmar através da quantidade de convenções, tratados e até enquadramentos legislativos surgidos no final do século XX até os dias de hoje.

Segundo Palerm (1999), o envolvimento da população nas decisões políticas começou na década de 1960, nos Estados Unidos, e ganhou impulso com os movimentos ambientais surgidos na década de 1970. Entretanto, a primeira convenção realizada para tratar especialmente dos assuntos da água aconteceu em 1992, na chamada Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, mais conhecida como Declaração de Dublin sobre Água e Desenvolvimento Sustentável, no qual houveram quinhentos participantes, entre eles especialistas indicados por mais de cem países e representantes de oitenta organizações (internacionais, intergovernamentais e não-governamentais) (Declaração de Dublin, 1992). Durante a conferência, os participantes diagnosticaram uma crise hídrica em um futuro próximo e exigiram maior comprometimento por parte dos governantes mundiais em relação à gestão dos recursos hídricos. À época já se sugeria uma gestão descentralizada e abordava a necessidade de participação pública na gestão de água doce.

Inclusive, no Princípio nº. 2, é declarado que “desenvolvimento e gestão da água deverão ser baseados em uma abordagem participativa, envolvendo usuários, planejadores e agentes políticos em todos os níveis” (Declaração de Dublin, 1992). Assim, visava-se a conscientização dos formuladores de políticas públicas e do público em geral sobre a importância da água.

Entretanto, foi apenas em 1998, durante a Convenção de Aarhus, que a participação pública ganhou importante notoriedade. A declaração objetivou que:

A melhoria do acesso do público à informação e a sua mais ampla participação nos processos de tomada de decisões são ferramentas essenciais para garantir a sensibilização da população para as questões ambientais e promover uma melhor aplicação da legislação ambiental. Tal contribui para reforçar e tornar mais eficazes as políticas de proteção do ambiente.

In Comissão das Comunidades Europeias (2003), p. 4.

Durante a convenção, o conselho da então Comissão Europeia entendeu que para cumprir esse dever para com a população seria necessário fornecer aos cidadãos mais acesso à informação, pois, somente assim, seriam capazes de optar e argumentar (Comissão das Comunidades Europeias, 2003). Para a comunidade internacional não há dúvidas sobre a importância da participação da população em todo o processo de tomada de decisões. Entretanto, na prática é um procedimento de difícil implementação.

Após a Declaração de Dublin foram realizadas outras iniciativas globais para a conscientização da gestão dos recursos hídricos, como por exemplo a Rio-92, em que a Comunidade Internacional definiu 27 princípios para o desenvolvimento sustentável, em 1992 (Declaração do Rio, 1992); a Lei Brasileira das Águas, de 1997, em que no artigo 1º define que “a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e da comunidade” (Lei Brasileira das Águas, 1997); o Fórum Mundial da Água, que acontece a cada três anos em diferentes países, inclusive, em 2000, a Declaração de Haia⁶ definiu 7 desafios principais, dentre eles “proporcionar maior participação da sociedade, especialmente das mulheres, na gestão da água” e “garantir a boa governança, de modo que o envolvimento do público e os

⁶ Segundo Fórum Mundial da Água, que aconteceu na cidade de Haia, Holanda, em 2000.

interesses de todas as partes interessadas sejam incluídos na gestão dos recursos hídricos” (Declaração de Haia, 2000); entre outros.

Apesar de terem acontecido muitas conferências, convenções e tratados internacionais que incentivam a participação dos usuários e da comunidade, cada país tem autonomia na gestão das suas águas e a adesão a um modelo mais participado e descentralizado tem demorado a vingar (Molle & Closas, 2017).

3.1. Desafios e Mudanças de Paradigmas na Gestão das Águas Subterrâneas

Nesta seção serão conceituados os 3 modelos de gestão das águas subterrâneas, abordando, principalmente, o modelo policêntrico, proposto neste estudo com o ideal para a boa governança da água. Será discutido os principais desafios para esta mudança de paradigmas.

3.1.1 O modelo estadocêntrico

Segundo Molle & Closas (2017), o principal papel dos Estados na gestão da água é de regulador, sendo que o modelo exato varia, como por exemplo, consoante ao seu histórico de colonização e de governação dos seus antecedentes. Porém, dentre todas as diversidades, vários governos implementaram o chamado “sistema de permissão” durante a reforma da gestão das águas subterrâneas, na década de 1960, que “refere-se à licenças, direitos de água e concessões” dadas pelo governo (Van Koppen *et al.*, 2014), facilitando, assim, que o Estado acabasse tomando para si a fiscalização dos aquíferos (Molle & Closas, 2017). Através das licenças, o governo consegue controlar e limitar o número de poços a serem perfurados e a quantidade de água a ser extraída de cada um, justamente com o intuito de evitar a sobre-exploração dos aquíferos. Para gerir eficazmente, é comum o governo exigir um licenciamento específico antes da perfuração de poços ou para alteração daqueles já existentes (limpeza, aprofundamento ou substituição) (Molle & Closas, 2017). Na América do Norte e na Europa o controle dos órgãos governamentais através das licenças de exploração é eficaz, entretanto, nos países em desenvolvimento o controle tradicional não tem surtido efeito e o reflexo disto é a quantidade de poços ilegais existentes (Conicelli & Hirata, 2016).

A gestão estadocêntrica das águas subterrâneas enfrenta vários desafios. Dentre eles, Van Koppen *et al.*, (2014), aborda uma discriminação estrutural nos sistemas de permissão em que os pequenos usuários de água enfrentam mais obstáculos ao solicitarem as licenças exigidas pelo Estado, como: (i) os custos de transação para pequenos proprietários são desproporcionalmente mais caros do que as licenças para volumes maiores; (ii) desigualdade de gênero, onde os homens são considerados “chefes da família”, portanto, mulheres encontram maiores obstáculos para receberem autorizações em seu nome; (iii) vulnerabilidade à arbitrariedade e à corrupção, a gestão em áreas rurais de pouca infraestrutura é feita por um palpite subjetivo dos “oficiais da água”, portanto, usuários de menor porte ficam sujeitos à corrupção e à cobrança indevida; (iv) falta de capacidade e de incentivo do governo, visto que, o custo de aplicação dos pequenos proprietários é relativamente mais caro do que os usuários de grande escala de água e acrescenta pouco aos cofres públicos.

O modelo centralizado de gestão dos aquíferos é baseado principalmente em conhecimentos técnicos que, de acordo com Lemos *et al.* (2010), controlam as tomadas de decisões e manipulam a massa pública sem deixar espaço para contribuições sociais mais amplas, a fim de gerar vantagem política. Essa abordagem é capaz de limitar o número de interessados nos processos de tomadas de decisão, assim como diminuir o número de alternativas políticas a serem discutidas e implementadas (Lemos *et al.*, 2010 *apud* Etzioni-Harvely, 1983; Nunes e Geddes, 1987). Assim é possível compreender que o principal definidor da boa governança é a participação dos cidadãos em todos os processos que antecedem as formulações de políticas públicas e que não são considerados no modelo de gestão centralizado.

Outro obstáculo ao modelo de gestão centralizado como modo de governança para a sustentabilidade, mencionado por Molle & Closas (2017), é a “falta de vontade política” dos governantes, que relutam em tomar medidas regulatórias impopulares para a gestão dos recursos hídricos. Considerando a reeleição, os interesses políticos de curto prazo superam os interesses a longo prazo. Segundo o Relatório da ONU para Recursos Hídricos (2019), fatores como burocracia excessiva e corrupção dos agentes políticos, tendem a desestimular as reformas necessárias no sistema de gestão da água. O resultado é a procrastinação política das medidas que são realmente necessárias e urgentes.

3.1.2 O modelo policêntrico

O modelo de gestão centralizado é questionado por organizações nacionais e internacionais e deve ser substituído por uma visão de governança de modelo policêntrico e colaborativo, estilo *bottom-up*, que legitima a cooperação de diferentes partes interessadas e em diferentes contextos institucionais (Pahl-Wostl *et al.*, 2008). Esse novo modelo de gestão é heterogêneo e multinível, onde organizações públicas, privadas, não-governamentais e cidadãos participam da formulação e da implementação de políticas públicas e juntos desempenham a cogestão dos recursos sem uma autoridade central dominante (Neef, 2009).

Este modelo de gestão faz uso de mecanismos adaptativos, que são mais flexíveis devido ao fato de considerarem as diversas necessidades da população e combinarem conhecimento técnico, leigo e nativo para tomar as decisões e, portanto, ajustam-se às diversas realidades e demandas locais (Lemos *et al.*, 2010). Ostrom (1990) expõe que há várias soluções para diferentes tipos de problemas e que a própria população é capaz de se organizar para solucioná-los e as instituições desenvolvidas pelos próprios usuários são mais efetivas que as instituições formais governamentais.

A transição de um modelo estadocêntrico para o novo modelo policêntrico e descentralizado de gestão encontra grandes obstáculos, pois envolve a mudança de um paradigma onde a tomada de decisão é centralizada no estado para um paradigma de partilha da decisão contando com a participação pública. Rockstrom (2015), por sua vez, sugere que no novo modelo de gestão das águas subterrâneas não será suficiente aplicar o poder “*top-down*” e nem o modelo “*bottom-up*”. É necessário que as duas abordagens trabalhem em conjunto.

Em alusão ao Dia da Água, a ONU fez a seguinte declaração: “há uma necessidade urgente para a comunidade global – setores público e privado – de unir-se para assumir o desafio de proteger e melhorar a qualidade da água nos nossos rios, lagos, aquíferos e torneiras” (ONU, 2010)⁷. Consoante a esta declaração, o envolvimento da população em todos os níveis da tomada de decisão proporciona responsabilidade social e maior comprometimento por parte dos usuários. Para que as decisões abranjam a sociedade como um todo é necessário que todas as classes sociais estejam presentes no

⁷ Citação disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua/> (Acesso em: 15 de abril de 2020)

processo, como os grupos marginalizados, as minorias étnicas, as pessoas que vivem em áreas rurais remotas, em assentamentos urbanos informais e as mulheres (ONU, 2017).

Contudo, para que seja implementado a participação popular nos processos decisórios, é necessário capacitar a comunidade para este modelo de gestão através de informações sobre o processo hidrogeológico das águas subterrâneas e, assim, possibilitar os usuários de ter a dimensão dos impactos causados pela falta de boa governança das bacias hidrográficas (Conicelli & Hirata, 2016).

Como já mencionado anteriormente, para que os processos decisórios sejam sólidos e eficazes dentro do modelo descentralizado, é necessário que haja confiança e compromisso entre os tomadores de decisão. Para isso, Ostrom (2002, p. 10-11) formula oito princípios que favorecem a confiança dentro gestão participada, são eles:

1. Limites claramente definidos;
2. Regras de uso dos recursos claras e bem definidas, de acordo com a realidade do local;
3. Os usuários têm o direito de modificar as regras operacionais ao longo do tempo;
4. Os próprios usuários são os responsáveis pelo monitoramento do cumprimento ou não das regras definidas;
5. As aplicações de sanções são graduais, de acordo com a severidade da infração;
6. Existência de mecanismos de resolução de conflitos;
7. Reconhecimento mínimo dos direitos de organização, onde as autoridades governamentais externas não têm o direito de contestá-los;
8. Quando os sistemas de governança são maiores, os empreendimentos devem ser inter-relacionados e organizados em camadas.

Ostrom (1990, 2002) argumenta os fatores que mais influenciam o sucesso da gestão participativa são as instituições desenvolvidas pelos próprios usuários, o monitoramento e cumprimento das regras, a aplicação de sanções, custos bem definidos e o foco da comunidade nos benefícios proporcionados pela boa governança a longo prazo. A autora também argumenta que os usuários dos recursos precisam ser transparentes entre si e devem criar associações onde possam compartilhar informações

sobre seus próprios sucessos e fracassos (Ostrom, 2002). Assim, Reed *et al.* (2010), acredita que este modelo se torna mais sólido quando baseado na aprendizagem social⁸, no qual todas as partes envolvidas na gestão dos recursos são capazes de aprender uns com os outros e, assim, expandir sua capacidade de adaptação através do envolvimento nos processos de tomada de decisão.

Segundo Pahl-Wostl *et al.* (2007a, 2008), a estrutura da aprendizagem social está vinculada à participação pública através colaboração entre todas as partes na definição dos objetivos e os meios para alcançá-los em conjunto. Os autores defendem que o processo de aprendizagem social está amparado em três fundamentos: (i) todas as partes interessadas na gestão devem estar envolvidas para se completarem, pois nenhum lado possui todas as informações, as competências legais e os recursos necessários a serem utilizados na gestão; (ii) os envolvidos precisam estar dispostos a cooperar por longo prazo; e (iii) os interessados devem se dispor a desenvolver novos conhecimentos, atitudes, habilidades e comportamentos adaptáveis às mudanças e aos problemas complexos.

Ainda segundo Pahl-Wostl *et al.* (2007b) para que a iniciativa da aprendizagem social seja eficaz é necessário haver a confiança entre os participantes, que só surge se existirem o conjunto de definições formulados por Ostrom (2002), de modo que as definições dos problemas e a tomada de decisões sejam feitas conjuntamente, assim como o planejamento para implementação das ações. Tal iniciativa pode se originar tanto pelas partes interessadas como por fatores externos.

Entretanto, Pahl-Wostl *et al.* (2007b) citam a complexidade de encaixar os interesses dos diversos grupos de usuários de água subterrânea como um dos desafios da implementação de uma gestão policêntrica, pois as diferentes partes interessadas veem as bacias hidrográficas de múltiplas formas e cada um deles enxerga um tipo de problema e busca diferentes soluções para suas necessidades (a exemplo: engenheiros, agricultores, ecologistas, ambientalistas, etc.). Conicelli & Hirata (2016) também mencionam que a falta de maior entendimento sobre o funcionamento dos aquíferos por parte dos usuários comuns e a respeito de como a sobre-exploração por parte da sociedade podem impactar as bacias hidrográficas dificultam as ações e a inclusão da população nos processos de

⁸ Neste trabalho foi utilizado o conceito desenvolvido no projeto HarmoniCOP (*Harmonizing Collaborative Planning*), em que a mensagem-chave consiste em: “aprender juntos a gerenciar juntos” (Pahl-Wostl, 2007a).

tomadas de decisões. Consequentemente, o Estado precisa tomar providências para solucionar tais problemas.

Assim, autores como Neef (2009) e Rockstrom (2015) argumentam que o modelo de gestão das águas subterrâneas baseado somente na comunidade não será suficiente. É necessário que a população e o governo trabalhem em conjunto e haja uma combinação de mecanismos institucionais formais e costumeiros.

3.1.2.1 Exemplos da Participação Pública na Gestão das Águas Subterrâneas

Como já mencionado anteriormente, a aprendizagem social está vinculada à participação pública, à governança colaborativa e à cogestão dos recursos. A gestão participada conta com diferentes grupos de interesse e cada grupo de usuários possui prioridades distintas e enxerga as bacias hidrográficas de diferentes formas (Pahl-Wostl *et al.*, 2007b), além de diferentes culturas e modos de gestão. Em algumas regiões do planeta a comunidade local é a única administradora dos recursos hídricos, como é o exemplo da Bolívia, do Marrocos, da Argélia, do Iémen e da Índia (Molle & Closas, 2017), mas em outras regiões a sociedade e o Estado trabalham em conjunto para alcançar a boa governança dos mananciais, como é o caso do México, Jordânia, Brasil e EUA (Califórnia) (Conicelli & Hirata, 2016).

Nas regiões citadas por Molle & Closas (2017) o envolvimento do Estado é mínimo ou até mesmo nulo. As comunidades mais tradicionais fazem a gestão das águas subterrâneas de duas formas: através de *Qenats*⁹ e de poços coletivos. No primeiro, as comunidades estabelecem diferentes regras para controlar o acesso e o uso da água por seus membros. Os poços coletivos podem ser usados como fonte complementar de água ou se caracterizam como essenciais à sobrevivência em locais baseados na agricultura. Em geral, nesses casos, os agricultores se unem para investir em um poço que será gerenciado coletivamente de acordo com a demanda (Molle & Closas, 2017).

Molle & Closas (2017) também apresentam o sucesso do Iémen na gestão comunitária de poços coletivos. O país possui sólidas instituições locais e alto senso de comunidade, que permitem a população trabalhar conjuntamente na gestão da água, sobretudo a população originária e os agricultores, dando-lhes confiança para a realização

⁹ Os *Qenats* são um antigo sistema de bombeamento que continua sendo utilizado no Oriente Médio e no norte da África (Molle & Closas, 2017).

dos processos de extração de águas, via perfuração de poços, e permitindo a irrigação responsável e sustentável, mesmo quando os poços estejam com baixo nível de água.

A escassez de água perene na Jordânia gerou um cenário de sobre-exploração da bacia Amã-Zarqa e as soluções criadas para lidar com esta situação foram desenvolvidas em um processo participativo entre governo e vários grupos de interesse dos setores público e privado. Através de uma análise científica hidrogeológica, social e econômica foram apresentados cinco cenários e opções entre estabelecer um consumo consciente ou deixar que o aquífero se esgotasse ao longo do tempo. Através da análise de dados e conscientização, todos os usuários concordaram em adotar um consumo sustentável (Chebaane et al., 2004).

Segundo Conicelli & Hirata (2016) *apud* Kemper (2007), enquanto os usuários da água subterrânea não possuem informações sobre este recurso eles estão menos dispostos a reduzir o seu consumo, mesmo que isso leve à sobre-exploração, mas quando o conhecimento é desenvolvido há uma mudança em suas ações.

3.1.3 O modelo pelo Mercado de Águas

Outra forma de gestão das águas subterrâneas é através do mercado. O mercado de águas existe em várias regiões do planeta e é considerado uma alternativa de gestão das águas subterrâneas. Esses mercados podem ser categorizados em dois modelos: formal ou informal. De acordo com Khan & Brown (2019), os mercados formais contam com órgãos governamentais bem definidos e regulamentos limitadores de cotas de extração aos usuários. Os proprietários são autorizados a negociarem suas cotas através de troca e leilões entre os consumidores. Já os mercados informais surgem em regiões com fraca governança, falta de capital para instalar poços e grande demanda por água, como é o caso da Índia.

Srivastava *et al.* (2009) definem quatro regimes informais do mercado de águas: (i) autônomos: grupo composto por agricultores que possuem sua própria irrigação e, portanto, não vendem e nem compram, conseqüentemente, não estão inseridos propriamente no mercado; (ii) autônomos e compradores: em sua maioria são grandes agricultores que possuem MEA, mas a água disponível não é suficiente, por tal motivo, precisam comprar mais; (iii) somente compradores: em geral são os pequenos agricultores que não têm condições de fazer seus próprios poços e precisam comprar água para a

irrigação; e (iv) autônomos e vendedores: são aqueles que vendem a água após atenderem seus próprios requisitos de irrigação.

Srivastava *et al.* (2009), exemplifica os mercados informais de água na região de Uttar Pradesh (Índia), onde os Mecanismos de Extração de Água (MEA)¹⁰ são de extrema importância para a região, devido à ineficiência operacional estatal e de manutenção no sistema de irrigação das águas superficiais. Segundo os autores, há duas vezes mais perda de água pelos canais de irrigação do que pelos poços e a falta de manutenção dos sistemas de irrigação ocasionou o desenvolvimento de extração de águas dos mananciais através de poços de tubos e MEA, resultando no declínio de 50% do uso de águas superficiais. Devido ao alto custo de investimento, os pequenos agricultores não podem adquirir o MEA. Apenas os mais abastados possuem o sistema, o que resulta no surgimento dos mercados informais de água. Esse tipo de negócio possibilita aos pequenos agricultores irrigar suas terras sem a necessidade de grandes investimentos.

Um ponto a ser considerado é que o mercado de águas aumenta a possibilidade de os aquíferos serem controlados por empresas multinacionais e grandes investidores, os quais possuem capital para fazer grandes investimentos e compras de cotas. Mesmo quando existem subsídios aos pequenos agricultores é comum que estes usuários sirvam de “testa de ferro” para os grandes investidores, corporações e elites urbanas que fazem uso da rédea livre para bombear a água que está disponível nos lençóis freáticos (Molle & Closas, 2017).

4 O PAPEL DAS TIC NA GESTÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Levando em consideração as grandes dificuldades de gestão das águas subterrâneas pela população mencionadas acima, o uso das tecnologias da informação e comunicação (TIC) tem sido considerado uma ferramenta importante para a governança sustentável das águas (Hernandez-Mora et al., 2015). Essas ferramentas podem incentivar a participação pública nos processos de tomada de decisão, bem como no processo de transformação da gestão *top-down* para uma estrutura mais descentralizada, transparente e eficaz, representada por uma gestão *bottom-up* (Andreopoulou, 2012).

¹⁰ Do inglês *Water Extraction Mechanisms* (WEMs). Para fins metodológicos, a sigla utilizada neste artigo será traduzida para o português – Mecanismos de Extração de Água (MEA).

Segundo Hernandez-Mora et al. (2015), a mudança de paradigma do modelo estadocêntrico da gestão das águas subterrâneas para o modelo descentralizado e policêntrico expandiu as localizações geográficas dos atores (governo, sociedade civil, empresas, etc.) e consolidou as TIC como instrumento fundamental para boa governança da água. Segundo os autores, as TIC têm dois papéis principais para melhorar a eficácia do ativismo político da sociedade: melhorar a organização e o trabalho coletivo; e melhorar o acesso, a geração e a disseminação de informações e dados.

Por propiciarem a interação entre governo e população e viabilizarem uma gestão participada da água, as TIC deveriam ser alvo de uma política pública de fomento ao acesso à informação, especialmente nas regiões mais pobres, servindo ainda como mecanismo de diminuição das desigualdades sociais (Pereira & Silva, 2010).

4.1 Uso das TIC na interação entre governo e sociedade

Os trabalhos de Fung *et al.* (2013) e Mukhtarov *et al.* (2018) se complementam, pois ambos abordam as TIC como um facilitador da interação entre governo e sociedade. Fung *et al.* (2013) mencionam seis modelos de interação entre tecnologia e política:

1. Esfera Pública Muscular;
2. Aqui Vem Todos;
3. Democracia Digital Direta;
4. Advocacia Baseada na Verdade;
5. Mobilização de Constituintes; e
6. Gestão Social.

Enquanto Mukhtarov *et al.* (2018) define três tipos principais de fluxo de informação e um quarto modelo bônus:

- Informações originárias do cidadão para o governo (C2G);
- Informações de um governo para o cidadão (G2C);
- Informações de um cidadão para outro cidadão (C2C);
- Governo e cidadãos trabalhando conjuntamente para discutir e projetar opções políticas fazendo uso das TIC (GwC).

Por meio dessas interações, a população consegue atuar participativamente na governança das águas subterrâneas fazendo uso das tecnologias, inclusive, para relatar problemas locais às autoridades competentes. O surgimento e a consolidação das novas formas de ação social, a possibilidade de compartilhamento de informações entre diversas partes interessadas e o aumento no ativismo político foi denominado “tecnopolítica” (Hernandez-Mora et al., 2015).

4.1.1 O Fluxo de informação C2G

Segundo Mukhtarov *et al.* (2018), o fluxo C2G permite que a população informe ao governo a situação momentânea de determinada temática. Em análise dos modelos propostos por Fung *et al.* (2013), o modelo 3 (Democracia Digital Direta) e o modelo 6 (Gestão Social) podem se encaixar analogamente neste fluxo de informação.

Em teoria, os defensores da “Democracia Digital Direta” acreditam que as TIC eliminarão os intermediários entre governo e cidadão, o que acarretará a possibilidade da comunidade fornecer opiniões e comentários diretamente ao governo. Entretanto, na prática, o que se observa é que os cidadãos informam ao governo os principais problemas através das plataformas digitais, mas o Estado segue os mecanismos tradicionais de solução de problemas. Inclusive, por vezes a população não consegue se comunicar com o governo por meio das TIC, devido à falta de interesse político em implementar programas digitais e canais adequados. Não raro, tomadores de decisão veem pouco ganho e muito risco nesta troca, pois facilita o controle e a cobrança por parte da sociedade (Fung *et al.*, 2013).

Igualmente, a “Gestão Social” se encaixa no fluxo C2G, pois objetiva atrair a atenção da população para identificar os problemas da sociedade e, assim, comunicar tais problemas ao governo (Fung *et al.*, 2013). As plataformas *Water Point Mapper* e *PetaJakarta* são exemplos dessa afirmação. Através da primeira, a sociedade monitora e relata o status de abastecimento de água na África Subsaariana (Mukhtarov *et al.*, 2018 apud Welle, 2010), enquanto a segunda permite aos usuários informar a localização de enchentes usando a rede social *Twitter*. Munido desta informação, o governo consegue atualizar sites oficiais com as condições do local em tempo real.

4.1.2 O Fluxo de informação G2C

Por meio do fluxo de informações G2C, o governo visa educar seus cidadãos em relação à economia de água, aos vazamentos e até mesmo preparar a população para possíveis inundações (Mukhtarov *et al.*, 2018).

De acordo com Mukhtarov *et al.*, 2018 (*apud* Seyranian *et al.*, 2015), usar as TIC como ferramenta de informação sobre o consumo de água em tempo real é uma forma eficaz de alterar comportamentos e criar conscientização em relação à preservação ambiental, especialmente em relação à redução do consumo. O programa *H2ome Smart* (abordado por Anda *et al.*, 2013), implementado na Austrália Ocidental, confirma que a conscientização da população diminui o desperdício dos recursos naturais. O controle do consumo de águas em tempo real fez com que houvesse uma redução de 12% do uso dos recursos hídricos no período de um ano.

Um fator negativo é que os fluxos de informações Governo para Cidadão ainda utilizam um modelo de comunicação tradicional, através de veículos como rádio e televisão, os quais são controlados pelas grandes corporações e não permitem a interação adequada com o público e dificulta o recebimento de *feedbacks* por parte da população (Mukhtarov *et al.*, 2018, Fung *et al.*, 2013). Levando este ponto em consideração, podemos afirmar que a *internet* favorece a democracia, quando dizemos que ela torna as informações mais acessíveis e menos concentrada.

4.1.3 O Fluxo de informação C2C

O terceiro fluxo de informação é o Cidadão para Cidadão, que tem a função de incentivar a população a compartilhar informações entre si, assim como a construir movimentos sociais que acabem com o *lobby* existente nas questões de águas particulares (Mukhtarov *et al.*, 2018). Os usuários utilizam as TIC, sobretudo listas de e-mail e mídias sociais, como forma de comunicação quando o governo se exime da responsabilidade ou não tem capacidade de prestar tal serviço (Fung *et al.*, 2013) e, principalmente, para

compartilhar informações e aumentar a participação pública nos processos decisórios na gestão das águas subterrâneas (Hernandez-Mora et al., 2015). Dentro deste fluxo de informações é possível assimilar a maioria dos modelos propostos por Fung *et al.* (2013).

Fung *et al.*, (2013) argumentam que dentro do modelo 1 as tecnologias digitais possibilitam a comunicação “muito-para-muitos”, enquanto as mídias tradicionais têm formato de comunicação “um-para-muitos”, conseqüentemente, aumenta a interação da população na esfera pública e sua influência na tomada de decisões.

O modelo 2 defende que as TIC possibilitam a interação entre os indivíduos da sociedade para alcançar os propósitos comuns através de voluntariado, sendo possível realizar as tarefas com mais eficácia, eficiência e rapidez (Fung *et al.*, 2013; Hernandez-Mora et al., 2015) do que os modelos de gestão tradicionais. Exatamente devido a esta interação é que se origina o nome do modelo: “Aqui vem todos”, pois toda a população pode contribuir por meio de seus conhecimentos (Fung *et al.*, 2013).

A “Advocacia baseada na verdade” é a essência do modelo 4, no qual grupos de interesse fazem pressão sobre o governo tradicional em busca de informações verdadeiras (Fung *et al.*, 2013). Na Espanha, as Redes Cidadã de Água analisam os dados hidrológicos e informações legislativas sobre a gestão da água publicadas nos sites oficiais do governo e as transferem à população. Entretanto, os membros das redes reclamam sobre a dificuldade de encontrar os dados e informações sobre governança nos sites oficiais, visto que essas informações precisam ser transparentes, acessíveis, de fácil *download* e com as devidas licenças de reutilização (Hernandez-Mora et al., 2015).

Analogamente ao fluxo C2C de Mukhtarov *et al.* (2018) também é possível analisar o modelo 5, “Mobilização de constituintes”, onde as tecnologias digitais e as mídias sociais desempenham funções importantes no processo de mobilização da população para alguma causa específica (Fung *et al.*, 2013). Segundo Hernandez-Mora et al., (2015), as TIC podem abrir novos caminhos para que atores, antes excluídos dos processos decisórios, possam acessar informações, aumentar seu ativismo político e sua presença nas decisões públicas. Muitos protestos importantes foram organizados através do *Facebook* e do *Twitter*, a exemplo os protestos pró-democracia da chamada Primavera Árabe, os Movimentos 15M, na Espanha, e o *Occupy Wall Street*, nos EUA.

4.2 Vantagens da implementação das TIC na gestão participativa das águas subterrâneas

Hilty & Hercheui (2010) mencionam dois dilemas principais a cerca das tecnologias da informação e comunicação (TIC) e sustentabilidade. De um lado está a visão positiva em relação à mudança estrutural propiciada pelo desenvolvimento das TIC. Do outro lado há a visão pessimista, que avaliam que o uso das TIC aumenta o consumo e a poluição dos recursos naturais. Hilty & Hercheui (2010), por sua vez, acreditam que as TIC fazem parte tanto da solução quanto do problema. Assim, seguem dizendo ser necessário explorar todos os benefícios que as tecnologias são capazes de proporcionar a fim de encontrar soluções sustentáveis que possam minimizar os impactos causados.

São vários os setores da sociedade que se beneficiam pelo surgimento das TIC, a citar alguns exemplos: (i) viabilizam o crescimento econômico; (ii) proporcionam bem-estar social e melhores oportunidades de negócio e, conseqüentemente, aumentam a geração de empregos; (iii) elevam a qualidade de vida através do uso de TIC na educação e na saúde; e, os mais relevantes para este trabalho, (iv) possibilitam a fiscalização de ações governamentais e (v) aumentam a participação pública por facilitar a interação entre governo e cidadão (Pereira & Silva, 2010).

Segundo Hernandez-Mora et al. (2015), as TIC também são usadas por diversos grupos de partes interessadas como uma forma de se comunicar e estabelecer redes públicas de água. Essas redes são comunidades baseadas na livre troca de informações, conhecimento, aprendizado comum e trabalho voluntário e colaborativo. Dentre os grupos integrantes das redes de água estão ativistas locais, cidadãos, especialistas e acadêmicos que colaboram para compreender os problemas e desenvolver alternativas para os desafios de gestão da água. Dentro dessas redes as TIC facilitam a coordenação remota dos integrantes dos grupos, a organização de ações coletivas, a troca de informações e a geração de opiniões e possibilita reuniões periódicas e tomadas de decisões com rapidez e eficácia sem a necessidade de todos os integrantes estarem presentes no mesmo local (Hernandez-Mora et al., 2015).

Andreopoulou (2012) afirma que “o sucesso dos projetos ambientais exige a comunicação eficaz dos participantes, assegurada por meio de ferramentas e serviços inovados de TIC Verde”, as quais objetivam a governança ambiental mundial, fazendo uso de técnicas de projeto, de construção e de difusão de informações.

Outro benefício propiciado pelo surgimento das TIC é a capacidade de desenvolver ou adaptar *softwares* já existentes que auxiliam na gestão do consumo dos recursos naturais, inclusive são preponderantes para a gestão eficaz da exploração de águas subterrâneas. Atualmente, estão disponíveis no mercado algumas plataformas digitais, como o *GreensenseView*, *Groundwater-MATE*, *NVivo9TM*, *Water Point Mapper*, *PetaJakarta*, *See-Click-Fix*, *Ushahidi*, *Kiirti*, redes sociais (como *Twitter* e *Facebook*), dentre outras tecnologias digitais que permitem à população contribuir para com o monitoramento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos. Essas ferramentas facilitam a transmissão e o armazenamento de informações em bancos de dados que podem ser acessados remotamente.

4.3 *Desafios da implementação das TIC na gestão participativa das águas subterrâneas*

Assim como as TIC trazem benefícios para a gestão participativa das águas subterrâneas, o uso das tecnologias digitais também traz alguns desafios aos usuários. Um ponto importante a ser considerado é a possibilidade de aumento da desigualdade dentro dos processos decisórios através da exclusão digital dos ativistas que não são usuários ativos das TIC (Hernandez-Mora et al., 2015). É preciso ter em mente que mesmo no chamado “mundo globalizado” o acesso à *internet* nas comunidades mais remotas ainda é precário ou inexistente (Andreopoulou, 2012). Por isso, Pereira & Silva (2010) defendem que é função primordial do governo implementar as políticas públicas de acesso e uso das TIC, principalmente nas periferias, pois se o governo não investe em tecnologia nas regiões mais pobres, a comunidade local não é capaz de trabalhar em conjunto com os demais usuários na gestão participativa dos recursos naturais. Assim, apenas uma parcela privilegiada da população teria acesso à participação nos processos de tomadas de decisão.

A análise dos contributos de Mukhtarov *et al.* (2018) e Fung *et al.* (2013) demonstrou que as tecnologias possibilitam a interação entre “governo e cidadão”, e “cidadão e cidadão” de diversas formas. Entretanto, é necessário o desenvolvimento de mecanismos específicos para a governança sustentável das águas subterrâneas para que todos os atores possam interagir entre si, sejam eles grupos ambientais, sociais, institutos de pesquisa, ONGs, autoridades locais, divisões do governo ou grupos de pesquisa.

Contrariando a ideia de que a *internet* favorece a democracia, pois a torna mais acessível e passível da inclusão dos mais diversos grupos de interesse nas tomadas de decisões, Fung *et al.* (2013) ainda abordam os aspectos negativos da interação entre tecnologia e política. Nos países mais desenvolvidos, nos quais a *internet* já faz parte do cotidiano da população, como Estados Unidos e Europa, a tecnologia digital não é reconhecida por ter melhorado a democracia. Pelo contrário, a população consome apenas uma parte do conteúdo e há uma tendência à formação de grupos homogêneos, que, como o próprio nome descreve, comungam da mesma opinião. Esta prática propicia o aumento da polarização e diminui a chamada “deliberação democrática”. Outro fator interessante mencionado por esses autores é que mesmo havendo possibilidade de todos os usuários produzirem conteúdos na *internet*, os blogueiros políticos mais influentes possuem currículos mais elitizados do que os redatores dos principais jornais dos Estados Unidos, como o *New York Times* e o *Washington Post*. Segundo Hernandez-Mora *et al.*, (2015), 76% das mensagens trocadas entre os usuários de TIC (e-mail e redes sociais) são respostas ou comentários às mensagens já recebidas. Ou seja, a quantidade de pessoas que gera informações é muito inferior à quantidade de consumidores de informação.

Outro problema citado por Fung *et al.* (2013) sobre a gestão pública com base em plataformas digitais refere-se aos maiores e mais eficazes impactos das TIC nos setores de geração de informação do que na prática propriamente dita. Quando há uma necessidade de interação física entre indivíduos, o governo é mais eficiente, pois há grande necessidade de investimento em capital econômico e capacidade técnica que, na maioria das vezes, não está disponível na gestão social.

Consoante Fung *et al.* (2013), as plataformas baseadas na *internet*, apesar de fonte de ligação entre pesquisadores, comunidades locais, funcionários de gestão da água e empresários, não substitui as relações e os diálogos face a face e, sozinha, não é o suficiente para desenvolver uma mudança de paradigma de gestão tradicional das águas para um modelo policêntrico (Neef, 2009; Hernandez-Mora *et al.*, 2015).

No decorrer deste trabalho foi abordada a necessidade de envolver a população na gestão social em diversos setores, sobretudo, no que se refere à gestão pública nas regiões que fazem uso das águas disponíveis nas bacias hidrográficas. Igualmente, demonstrou-se que diversas plataformas atualmente disponíveis são passíveis de alterações, de modo a se adaptarem às necessidades de cada região e público específicos.

Apesar de haver disponibilidade de muitas plataformas digitais com diversas finalidades no mercado, ainda são poucos os *softwares* desenvolvidos para algumas funções específicas, a exemplo, para a gestão de águas subterrâneas.

Thompson (2004) aborda as TIC como meio de transferência de conhecimento como um efeito mascarado de “comandante-comandado”, em que o “comandante” é o doador de informações e o “comandado” é o receptor dessas informações. Para ele, a apropriação das TIC associada ao progresso e à racionalidade é uma ferramenta poderosa para promover os interesses do modelo de gestão centralizado e tecnocrático. Thompson (2004) acredita que as TIC agem como um amplificador para os interesses dos governantes através dos dados que os usuários disponibilizam nas redes.

Entretanto, é necessário analisar com cautela as vantagens e consequências do uso das TIC e a quem essas ferramentas estão a dar poder de fato. Hernandez-Mora et al. (2015), argumenta que apesar das TIC proporcionarem a troca de informações e melhorar o ativismo político da população, o paradigma de gestão estadocêntrica continua a dominar os processos de tomada de decisão. Segundo o autor, as TIC não produziram mudanças reais e nem abriram espaço para que todos os atores participassem em condições de igualdade nos processos decisórios, já que as grandes decisões continuam a serem tomadas a “portas fechadas” e o poder continua a favorecer os grandes usuários da água.

4.4 *Métodos de gestão das águas subterrâneas com a utilização das TIC*

As TIC prestam grande auxílio para gestão participativa das águas subterrâneas por meio da reunião de informações meteorológicas, biológicas e econômicas em um único banco de dados (Andreopoulou, 2012) e propicia a organização e a comunicação dentro das redes públicas de água (Hernandez-Mora et al., 2015).

Em um estudo de caso sobre a gestão participativa das águas na Espanha, Hernandez-Mora et al. (2015) expõe que as listas de e-mail são a principal ferramenta de TIC para comunicação interna entre os grupos da rede pública de água, para a produção de informações e para as tomadas de decisões coletivas, seguidos de redes sociais digitais e serviços de nuvem (*Dropbox, Google Drive, etc.*). As ferramentas unidirecionais, como televisão, *websites* e *blogs*, são importantes para o compartilhamento de informações com

a finalidade de alcance de um público mais amplo. Ainda segundo Hernandez-Mora et al. (2015), as principais informações compartilhadas através das TIC são: informações sobre as bacias hidrográficas, anúncios de manifestações e ações, notícias e críticas da imprensa, informação sobre a gestão das águas e informações sobre iniciativas legislativas.

Outra ferramenta que possibilita a participação popular na gestão das águas são os telefones. Quando não é possível se locomover até o local, os responsáveis pelo monitoramento fazem entrevistas por telefone com os outros usuários de água. As tecnologias auxiliam na gravação dos áudios das entrevistas, que depois são transcritas literalmente para posterior análise através de um método simultâneo chamado de “codificação dedutivo-indutiva” (Buckland-Nicks *et al.*, 2016). O método de codificação seleciona o que é chamado “código”, que são palavras ou frases, e o separa em seções e temas comuns, o que facilita a análise posterior dos dados. De acordo com Buckland-Nicks *et al.* (2016), um *software* muito utilizado para fazer este tipo de análise de dados é a plataforma *NVivo9TM*, na qual também é possível fazer análises qualitativas comparativas das bacias hidrográficas. Buckland-Nicks *et al.* (2016) afirma que é fundamental que as plataformas digitais utilizadas no monitoramento social sejam simples de serem usadas, intuitivas e diretas, para alcançar a efetividade dos resultados.

Os telefones móveis são outro tipo de tecnologia que possibilita o monitoramento remoto feito pela população local. Há vários aplicativos disponíveis para *smartphones* (*mApps*¹¹) que permitem a inclusão de informações instantaneamente, como por exemplo o *Mobile Water Point Mapper* (*mWater*). O aplicativo móvel da *Water Point Mapper*, é uma ferramenta gratuita, que permite aos usuários coletarem dados geográficos de pontos de água (através dos GPS inclusos nos *smartphones*). O aplicativo ainda permite que os usuários visualizem e analisem os dados de água coletados, criem relatórios e painéis de controles digitais, armazenem dados e mapeiem qualquer conjunto de dados de nível administrativo avançado e personalizável¹².

4.5 A implementação das TIC Verde na gestão participativa

¹¹ Do inglês *mobile applications* e em tradução livre “aplicativos móveis”, como por exemplo: *Google Maps*, *Google Earth*, *OpenStreetMap*, *WhatsApp*, *E-bay*, *Amazon*, etc. (Wesselink *et al.*, 2013)

¹² Disponível em: <http://www.waterpointmapper.org/MobileWaterPointMapper.aspx> (Acesso em: 11 de setembro de 2020).

A pegada do desenvolvimento sustentável defendida pelos países integrantes da ONU fez com que governos e empresas adotassem medidas mais consistentes para reduzir os impactos das TIC no meio ambiente e nas mudanças climáticas. Tais medidas se concentram em tornar as ferramentas digitais mais ecológicas (OCDE, 2009). De acordo com a OCDE (2009), as TIC Verdes, no conceito mais restrito, referem-se às tecnologias com baixo impacto ambiental. Segundo Salles (2016), as TIC Verdes não são as tecnologias propriamente ditas, mas sim um movimento surgido recentemente, que tem como principal objetivo a governança ambiental global, visando minimizar impactos negativos e maximizar os impactos positivos causados pelo comportamento humano oriundo do desenvolvimento tecnológico. Esse movimento ajuda o governo e as organizações na conscientização dos usuários sobre a utilização dos recursos naturais e a emissão de gases causadores do efeito estufa (Andreopoulou, 2012).

Considera-se importante abordar este assunto no presente artigo porque a redução dos impactos ambientais através das TIC Verde exige consideráveis habilidades de gestão e de consciência sobre o comportamento dos usuários em relação ao uso dos recursos. Para isso, é necessário a implementação de políticas públicas que eduquem os consumidores e os usuários (OCDE, 2009) e contribuem para a propagação da conscientização ambiental e da criação de sistemas de governança e vigilância de consumo dos recursos naturais (Andreopoulou, 2012). Conicelli & Hirata (2016) acreditam que quando a comunidade é capaz de entender as consequências de suas ações é mais fácil perceber o surgimento dos problemas e discutir possíveis soluções.

A seção a seguir mostra um exemplo concreto de como a população alterou modo de consumo das águas subterrâneas na Austrália através do auxílio das TIC e a conscientização dos usuários sobre uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos.

4.6 O Projeto GreensenseView – Referência de Sucesso

O clima seco na Austrália Ocidental faz com que grande parte do abastecimento de água do país provenha dos reservatórios subterrâneos e 70% deste consumo é feito por residências (Anda *et al.*, 2013). Levando em consideração este dado, a empresa estatal *Water Corporation*, principal responsável pela gestão destas águas, implementou um programa de monitoramento chamado *H2ome Smart*, citado anteriormente, que foi

executado no período de julho de 2011 a agosto de 2012. O programa utilizava a plataforma *GreensenseView*, onde as famílias fazem uso de medidores inteligentes para verificar o próprio consumo de água.

Anda *et al.* (2013) explicam que a plataforma *GreensenseView* é o modelo mais conhecido para atuar na medição inteligente de eletricidade, água e gás e que seu uso já está bastante difundido nos EUA e no Reino Unido para o controle de eletricidade. Segundo os autores, um medidor inteligente é conectado em painéis de controle interativos que podem ficar disponíveis tanto *online* quanto em *displays* domésticos. De acordo com Anda *et al.* (2013), esses medidores são ferramentas que objetivam informar e educar os usuários através de *feedback* instantâneo sobre o consumo de água. Deste modo, as TIC facilitam a gestão dos reservatórios subterrâneos. Ao final do projeto, em agosto de 2012, foi constatado uma redução de 12% do consumo residencial local.

O projeto da empresa *Water Corporation* utilizou as TIC para realçar a gestão do consumo de águas dentro das casas e, assim, possibilitar aos usuários o acompanhamento em tempo real do impacto de suas ações no meio ambiente, além de sugerir melhorias que as famílias podem implementar. O dispositivo fornece, entre outras funcionalidades, a comparação do consumo atual com os consumos anteriores (Anda *et al.*, 2013).

Neste programa australiano, a tecnologia também possibilitou que os responsáveis pela análise da gestão das águas tivessem acesso ao painel de cada residência. Através da *internet* e do banco de dados eles puderam conhecer o padrão de consumo de água de cada família e estimular a mudança de comportamento dos usuários daquela região (Anda *et al.*, 2013).

A empresa *Water Corporation* tem como meta até 2030 a redução em 25% do consumo de água na Austrália Ocidental, aumentar para 60% a quantidade de águas residuais recicladas e desenvolver novas fontes para consumo de água.

5 CONCLUSÃO

Participar da gestão das bacias hidrográficas permite que a população aprofunde seu conhecimento e desperte a conscientização sobre o consumo deste bem público. De igual modo, possibilita o senso crítico que se traduz em cobranças aos governos e às

empresas privadas sobre suas ações e omissões. Entretanto, tal processo ainda requer mudança substantiva na governança, de modo a integrar a participação pública e as diversas fontes de conhecimento que a acompanham.

Tal mudança precisa ser precedida por alterações estruturais como a criação de novas instituições de governo, que sejam descentralizadas e heterogêneas. Essas devem, ainda, serem flexíveis e adaptáveis, permitindo total envolvimento das partes interessadas. Essa alteração proporcionará, também, o empoderamento da população através da criação de conselhos e comitês, nos quais os indivíduos possam conhecer e opinar sobre os problemas relacionados ao consumo insustentável de água. Para que a alteração no modelo de gestão seja frutífera, é necessário que todos os tipos de utilizadores estejam representadas no processo. Ademais, a gestão precisa ser eficaz, eficiente e contar com instituições locais sólidas, alto senso de comunidade e confiança entre os usuários.

A inclusão da população nos processos decisórios não é tarefa fácil, contudo, o controle exclusivo dos aquíferos por parte do governo vem sendo alterado lentamente e, tem favorecido a integração da população em processos participativos. Há que se destacar, ainda, a falta de vontade política por parte de governos tradicionais, que evitam medidas impopulares e focam nos interesses políticos de curto prazo. Segundo o Relatório da ONU para Recursos Hídricos (2019), corrupção, regulação excessiva e rigidez das regras formais desestimulam os investimentos e podem atrapalhar e impedir as reformas políticas necessárias na gestão dos recursos hídricos.

O surgimento do modelo de gestão através dos mercados de água foi outra alternativa encontrada pelos usuários para gerir os aquíferos. As transações realizadas nesse mercado tanto podem ser formais - com limites de cotas definidos pelo governo, ou informais – em regiões com fraca governança, que não possui instituições e políticas públicas sólidas suficientemente para gerir os recursos hídricos subterrâneos.

Assim, as TIC possuem papel de destaque no aumento de transmissão de informações e no incentivo à gestão participativa dos grupos de interesse na preservação das águas subterrâneas, tornando a população mais ativa nos processos decisórios da gestão das bacias hidrográficas e na transformação da gestão tradicional em uma estrutura mais transparente e eficaz. Como resultado, o envolvimento da população favorece o senso de responsabilidade social e o comprometimento entre os usuários. As tecnologias

também ajudam o monitoramento do consumo de águas através agilidade da transmissão de informações através de *hardwares* e *softwares*.

Em complemento às tecnologias da informação e comunicação desenvolvidas para a gestão dos recursos hídricos, surgiram também o movimento das “TIC Verde”, que tem como principal objetivo a difusão de informações e a conscientização dos usuários sobre o uso dos recursos. Este movimento, busca a propagação da conscientização ambiental na população e o desenvolvimento de ferramentas eficazes para a gestão dos recursos naturais.

O exemplo concreto da Austrália Ocidental demonstrou como a implementação das tecnologias para a gestão sustentável através dos medidores inteligentes auxiliou a medição, a conscientização e a redução do consumo de água residencial.

Um fator importante a ser lembrado é a necessidade de elaboração de plataformas de gestão de manuseio simples, que sejam intuitivas e diretas, de modo que todos os indivíduos sejam capazes de entendê-las e utilizá-las. Entretanto, mesmo com a variedade de *softwares* disponíveis no mercado, ainda é pequeno o número de plataformas desenvolvidas especialmente para o uso geral da população, que tenham como finalidade a gestão das águas subterrâneas e que permitam a toda a sociedade interagir entre si.

Concluindo, vale ressaltar que, o uso das TIC ainda não atingiu sua efetividade, visto que não há a transparência esperada nos processos decisórios, sendo que as principais decisões continuam a serem tomadas a “portas fechadas” e favorecendo os grandes usuários da água. Mas espera-se que, em breve, o senso de consciência supere os interesses próprios e a preservação dos recursos hídricos subterrâneos seja um propósito universal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anda, M.; Le Gay Brereton, F.; Brennan, J. & Paskett, E. (2013). *Smart Metering Infrastructure for Residential Water Efficiency: Results of a Trial in a Behavioural Change Program in Perth, Western Australia*. In: Hilty, L. M., Aesbischer, B., Andersson, G. & Lohmann, W. (Eds.) *Proceedings of the First International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainability*, Zurique, pp. 116-122.
- Andreopoulou, Z. S. (2012). *Green Informatics: ICT for Green and Sustainability*. *Agricultural Informatics* 3, 1-8.
- Brasil. (1997). *Lei brasileira das águas. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997*. Brasília.
- Buckland-Nicks, A.; Castleden, H. & Conrad, C. (2016). *Aligning community-based water monitoring program designs with goals for enhanced environmental management*. *JCOM* 15 (03), A01.
- Chebaane, M.; El-Naser, H.; Fitch, J.; Hijazi, A. & Jabbarin, A. (2004). *Participatory groundwater management in Jordan: Development and analysis of options*. *Hydrogeology Journal* 12, 14-32.
- Conselho Mundial da Água. (2000). *Declaração Ministerial de Haia sobre Segurança Hídrica no Século 21*. Declaração de Haia. II Fórum Mundial da Água, Haia.
- Comissão das Comunidades Europeias (CCE). (2003). *Decisão do conselho relativa à celebração, em nome da Comunidade Europeia, da Convenção sobre Acesso à Informação, Participação do Público no Processo de Tomada de Decisão e Acesso à Justiça em Matéria de Ambiente*. Convenção de Aarhus. Bruxelas.
- Conicelli, B. P. & Hirata, R. (2016). *Novos paradigmas na gestão das águas subterrâneas*. XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Campinas.
- Fung, A.; Gilman, H. R.; & Shkabatur, J. (2013). *Six Models of the Internet + Politics*. *International Studies Review* 15, 30-47.
- Graaf, I. E. M.; Gleeson, T.; Van Beek, L. P. H.; Sutanudjaja, E. H. & Bierkens, M. F. P. (2019). *Environmental flow limits to global groundwater pumping*. *Nature* 574, 90-94.
- Hernández-Mora, N.; Cabello, V.; De Stefano, L. & Del Moral, L. (2015). *Networked water citizen organizations in Spain: Potential for transformation of existing power structures in water management*. *Water Alternatives* 8 (2), 99-124.
- Hilty, L. M. & Hercheui, M. D. (2010). ICT and Sustainable Development. In: J. Berleur et al. (Eds.): *What kind of Information Society? Governance, Virtuality, Surveillance, Sustainability, Resilience*. IFIP AICT 328, pp. 227-235.

International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC). (2017). What is Groundwater? [Em linha]. Disponível em: <https://www.un-igrac.org/what-groundwater> [Acesso em: 5 de outubro de 2020].

Khan, H. F. & Brown, C. M. (2019). *Effect of hydrogeologic and climatic variability on performance of a groundwater market*. *Water Resources Research* 55, 4304–4321.

Klijn, E. H. & Koppenjan, J. M. F. (2000). *Public Management and Policy Networks: The Theoretical Foundation of the Network Approach to Governance*. *Public Management* 2 (2), 135-158.

Lemos, M. C.; Bell, A. R.; Engle, N. L.; Formiga-Johnsson, R. M. & Nelson, D. R. (2010). *Technical knowledge and water resources management: A comparative study of river basin, Brazil*. *Water Resources Research* 46, W06523.

Molle, F. & Closas, A. (2017). *Groundwater Governance: a synthesis*. Project report of the Groundwater Governance in the Arab World – Taking Stock and Addressing the Challenges. International Water Management Institute.

Mukhtarov, F.; Dieperink, C. & Driessen, P. (2018). *The influence of information and communication technologies on public participation in urban water governance: A review of place-based research*. *Environmental Science and Policy* 89, 430-438.

NASA (2015). Study: Third of Big Groundwater Basins in Distress. [Em linha]. Disponível em: <https://www.nasa.gov/jpl/grace/study-third-of-big-groundwater-basins-in-distress> [Acesso em: 19 de setembro de 2020]

Neef, A. (2009). *Transforming Rural Water Governance: Towards Deliberative and Polycentric Models?* *Water Alternatives* 2(1), 53-60.

Organização das Nações Unidas (ONU). (1992). *A Declaração de Dublin sobre Água e Desenvolvimento Sustentável*. Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente (ICWE). Dublin, Irlanda.

Organização das Nações Unidas (ONU). (2016). *Água e emprego*. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. Resumo executivo.

Organização das Nações Unidas (ONU). (2017). *Águas residuais: o recurso inexplorado*. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. Resumo executivo.

Organização das Nações Unidas (ONU). (1992). *Declaração do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento*. Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, Rio de Janeiro.

Organização das Nações Unidas (ONU). (2010). Dia da Água. [Em linha]. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua/> [Acesso em: 15 de abril de 2020].

Organização das Nações Unidas (ONU). (2019). *Não deixar ninguém para trás*. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. Resumo executivo.

Organização das Nações Unidas (ONU). (1987). *Nosso Futuro Comum. Relatório de Brundtland*. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.

Organização das Nações Unidas (ONU). (2015). Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável. [Em linha]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> [Acesso em: 7 de outubro de 2020]

Organização das Nações Unidas (ONU). (2018). *Soluções baseadas na natureza para a gestão da água*. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. Fatos e Dados.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). (2015). *Princípios da OCDE para a Governança da Água*. OCDE Studies on Water.

Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press, Cambridge.

Ostrom, E. (2002). *Reformulating the commons*. Ambiente & Sociedade. Ano V, nº 10.

Pahl-Wostl, C.; Craps, M.; Dewulf, A.; Mostert, E.; Tabara, D. & Taillieu, T. (2007a). *Social learning and water resources management*. Ecology and Society 12 (2):5.

Pahl-Wostl, C.; Mostert, E.; Rees, Y.; Searle, B.; Tabara, D. & Tippett, J. (2007b). *Social learning in European river-basin management: barriers and fostering mechanisms from 10 river basins*. Ecology and Society 19. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art19/> [Acesso em: 15 de abril de 2020].

Pahl-Wostl, C.; Mostert, E.; Tabara, D. (2008). *The Growing Importance of Social Learning in Water Resources Management and Sustainability Science*. Ecology and Society 13 (1):24.

Palerm, J. R. (1999). *Public Participation in Environmental Decision Making: Examining the Aarhus Convention*. Journal of Environmental Assessment Policy and Management 1, nº. 2, pp. 229-244. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/enviasssepolimana.1.2.229?seq=1> [Acesso em: 2 de junho de 2020].

Pereira, D. M. & Silva, G. S. (2010). As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) como aliadas para o desenvolvimento. Caderno de Ciências Sociais Aplicadas 10, 151-174.

Reed, M. S.; Evely, A. C.; Cundill, G.; Fazey, I.; Glass, J.; Laing, A.; Newig, J.; Parrish, B.; Prell, C.; Raymond, C. & Stringer, L. C. (2010). What is social learning? Ecology and Society 15(4): r1.

Rockstrom, J., Klum, M. & Miller, P. (2015). *Big World, Small Planet: Abundance within Planetary Boundaries*. Yale University Press, New Haven e Londres.

Salles, A. C.; Alves, A. P. F.; Dolci, D. B.; Lunardi, G. L. (2016). *Tecnologia da Informação Verde: Um Estudo sobre a sua Adoção nas Organizações*. RAC 10 (1):3, 41-63.

Srivastava, S. K.; Kumar, R. & Singh, R. P. (2009). *Extent of Groundwater Extraction and Irrigation Efficiency on Farms under Different Water-market Regimes in Central Uttar Pradesh*. Agricultural Economics Research Review 22, 87-97.

Tavares, P. L. (2002). *Redes de Sensores Sem-fio*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Thompson, M. P. A. (2004). *ICT, Power and Developmental Discourse: A Critical Analysis*. EJISDC 20 (4), 1-25.

Van Koppen, B.; Van der Zaag, P.; Manzungu, E. & Tapela, B. (2014). *Roman water law in rural Africa: the unfinished business of colonial dispossession*. Water International 39, 49-62.

Wesselink, A.; Hoppe, R. & Lemmens, R. (2015). *Not just a tool. Taking context into account in the development of a mobile App for rural water supply in Tanzania*. Water Alternatives 8(2), 57-76.

World Bank. (2020). *Population, total – Middle East & North Africa*. [Base de dados]. Disponível em: https://data.worldbank.org/indicador/SP.POP.TOTL?end=2017&locations=ZQ&most_recent_year_desc=true&start=1960 [Acesso em: 7 de setembro de 2020].