



## IV-217 – GOVERNANÇA ADAPTATIVA DA ÁGUA: DECISÕES ABORDADAS POR UMA PROPOSTA DE ÁRVORE DE PANARQUIA

**Telma C. S. Teixeira<sup>(1)</sup>**

Economista e Mestre em Economia pela Universidade Federal da Bahia. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Professora Pleno da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Líder do Grupo de Estudos em Recursos Hídricos e Sustentabilidade (RHIOS). Pós-doutorado na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

**Márcia M. R. Ribeiro**

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia pela Universidade Federal da Paraíba (UFCG). Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG (PPGECA/UFCG). Bolsista de Produtividade do CNPq. [marcia.ribeiro@ufcg.edu.br](mailto:marcia.ribeiro@ufcg.edu.br)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Estadual de Feira de Santana - Departamento de Ciências Sociais Aplicadas. Avenida Transnordestina, S/N – Novo Horizonte – Feira de Santana - BA - CEP: 44036-900 - Brasil - Tel: (75) 3161-8050 - e-mail: [telma@uefs.br](mailto:telma@uefs.br).

### RESUMO

A gestão de recursos naturais é uma tarefa complexa que requer a identificação e a conciliação de objetivos socioeconômicos e limites de resiliência do ecossistema. No setor da água, um bem caracterizado pela multifuncionalidade e essencialidade, tal complexidade gera conflitos que dificultam as ações de governança. Ampliando o contexto analítico e reconhecendo as interações multinível associadas à decisões que interferem direta ou indiretamente no setor água, a pesquisa propõe um modelo analítico e conceitual abrangente que revela os vínculos multiníveis que impactam as decisões de governança hídrica e aponta para lacunas temporais e espaciais. Este modelo, baseado em uma revisão exaustiva da literatura sobre ciclos adaptativos e resiliência do ecossistema, tem o potencial de propor melhorias analíticas com impactos positivos na eficiência da governança hídrica. O modelo discute a dissociação entre política pública, metas das partes interessadas e imprevisibilidade ambiental que impacta a resiliência dos ecossistemas, afetando assim o processo de governança. A proposta aprimora os instrumentos de gestão hídrica e reduz as desconexões que afetam a boa eficiência da governança hídrica, oferecendo uma perspectiva sustentável para o futuro da gestão da água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Governança da Água, Resiliência, Ciclos Adaptativos, Árvore de Panarquia, Processo Decisório.

### INTRODUÇÃO

Em 2015, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) apresentou 12 princípios para a Governança da Água buscando orientar a elaboração e implementação de políticas públicas eficazes, eficientes e confiáveis e engajadas (OCDE, 2015). A necessidade de governança da água foi fundamentada em elementos infraestruturais, requisitos sociais, múltiplos usos econômicos e a necessidade de investimento no setor (OCDE, 2015). A complexidade e a fragilidade da água como recurso natural também são elencadas, exigindo uma abordagem interdisciplinar (Lima et al, 2022; Özerol et al, 2018; Zwarteven et al, 2017) que aborde os serviços ambientais prestados pelo recurso (Barraqué, 2020; Berbel e Expósito, 2020) além de questões sociopolíticas relacionadas ao tema (Buchs et al, 2021). O reconhecimento da água como elemento com múltiplas conexões com diferentes ecossistemas, tanto naturais quanto sociais, exige ações, diretrizes, estudos e análises que harmonizem a relação homem-meio ambiente.

Contudo, na gestão da água, os processos participativos de tomada de decisão enfatizam a segurança da satisfação das necessidades sociais e econômicas. Decisões humanas reduzem as escalas nas análises de impacto, desvalorizando a interação dos ecossistemas e possíveis perturbações ao longo do tempo. Contrariamente, abraçar noções de resiliência, dinamismo, ciclos adaptativos e estado de equilíbrio no processo de gestão implica reconhecer a dinâmica e os interesses individuais de cada grupo envolvido e seus limites e potencialidades



(Berkes e Ross, 2016). Subordinar a instabilidade característica dos sistemas naturais à lógica dos interesses humanos na busca de um equilíbrio rígido baseado em critérios de oferta e demanda é uma opção redutora e simplista no que diz respeito às complexidades dos sistemas naturais, ao tempo de ação das interferências e ao espaço alcançado. Esta percepção de interdependência e complexidade está alinhada com o modelo conceitual de Panarquia e Ciclos Adaptativos (Holling, 1973).

## OBJETIVO

Holling e Gunderson (2002) desenvolveram o conceito de ciclo adaptativo como uma representação da dinâmica dos sistemas socioecológicos (SES). A estrutura do ciclo adaptativo baseia-se no potencial de mudança derivado das competências acumuladas ou do capital natural (limites à mudança), na conectividade entre os elementos do sistema e na capacidade interna de controlar a variabilidade externa, e na resiliência do sistema para manter a sua função (Holling, 2001). A dinâmica evolutiva do ciclo desdobra-se em 4 fases (Fig. 1): (r) rápido crescimento sucessional; (k) conservação lenta; ( $\Omega$ ) liberação da destruição criativa; e ( $\alpha$ ) reorganização (Holling, 1986).

Em condições naturais, os sistemas ecológicos são afetados por eventos aleatórios que garantem o dinamismo das relações. A interação entre espécies em um sistema resulta na flutuação das populações ao longo do tempo, seguindo trajetórias simples ou complexas em torno de um estado de equilíbrio (Holling, 1973; Gunderson et al, 2022).

A importância da variável tempo na análise está associada à defasagem de resposta no ajuste das populações e das condições ambientais em geral. Neste processo de ajustamento, o sistema natural passa por um Ciclo Adaptativo (Fig. 1) que se desdobra em 4 fases (Holling, 1986: Exploração (r - rápido crescimento e acúmulo de estruturas e capital pouco conectados entre si); Conservação (k - coesão e uniformidade, perdendo flexibilidade e adquirindo vulnerável a perturbações); Libertação ( $\Omega$  - período de “destruição criativa”) e; Renovação ( $\alpha$  - reorganização e possível surgimento de novas conexões).

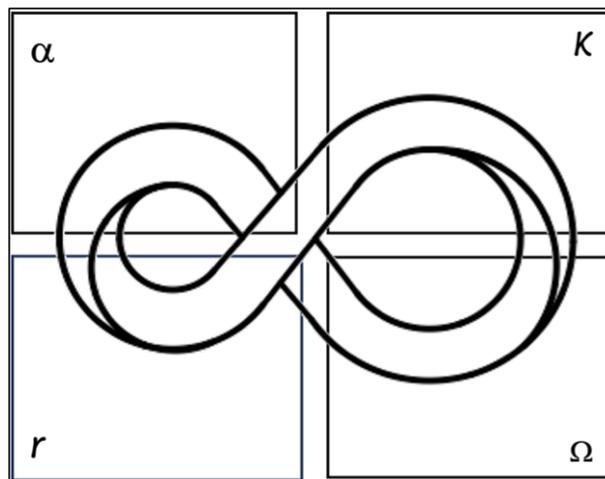


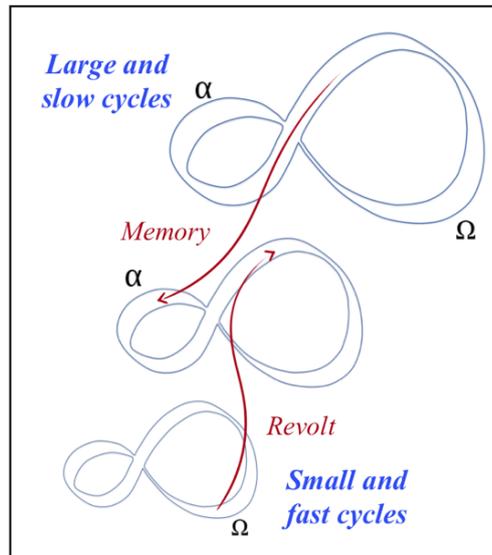
Figura 1: Fases dos Ciclos Adaptativos. Adaptado de Holling e Gunderson (2002).

A resiliência do sistema definirá sua capacidade de absorver mudanças de forma ampla, considerando variações de estado, orientação e parâmetros (Ruggerio, 2021). Por sua vez, a estabilidade deste sistema será definida pela capacidade de superar o período de perturbação, retornando ao estado de equilíbrio.

Os ciclos adaptativos interagem com outros ciclos adaptativos de escalas temporais e espaciais semelhantes ou não, formando uma estrutura de Panarquia (Holling et al, 2002). Os ciclos de menor escala são mais dinâmicos que os ciclos maiores, podendo encorajar mudanças nestes últimos (revolta), ao mesmo tempo que são influenciados por mecanismos de “memória” que procuram manter a estabilidade. Assim, pequenos incêndios decorrentes de causas naturais, ao mesmo tempo em que destroem o cenário ao redor e liberam gases tóxicos

que alteram a temperatura e a qualidade do ar, são “combatidos” pelo cenário existente que controla a propagação do fogo e, posteriormente, auxilia na recuperação da zona.

Ao descrever essa dinâmica de relações, a Panarquia é apresentada como um modelo conceitual que reconhece o processo de renovação e colapso a partir da interação de ecossistemas em diferentes níveis de escala (Fig. 2), ligados em orientações cruzadas sem determinar significados hierárquicos unidirecionais (Allen et al, 2014; Holling et al, 2002).



**Figura 2: Panarquia e Estrutura Hierárquica dos Ciclos Aninhados Adaptado de Holling et al (2002).**

Dessa forma, o modelo conceitual introduzido pela Panarquia torna-se uma ferramenta para a compreensão da incerteza e imprevisibilidade dos sistemas naturais (Allen et al, 2019; Garmestani et al, 2020), sugerindo análises focadas não nos estados de equilíbrio, mas nos domínios de atração que caracterizam o comportamento dos ecossistemas (Holling, 1973).

A partir da estrutura analítica da panarquia, a presente pesquisa propõe a discussão da governança da água através de um processo de conexões de ciclos adaptativos, ligados por vínculos de encadeamento decisório.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa iniciou-se com a revisão da literatura sobre os principais temas do trabalho (princípios de governança da água, ciclos adaptativos e panarquia), partindo de pontos críticos como resiliência, integração de sistemas e limites ambientais. Na sequência identificamos ligações entre os ciclos do sistema através de mecanismos de “memória” e “inovação”.

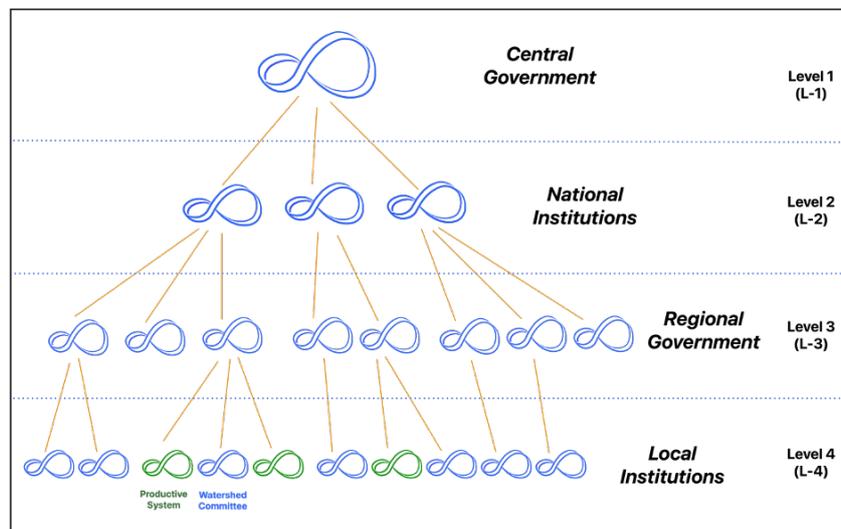
A partir de uma estrutura em Árvore de Panarquia baseada nos âmbitos das políticas públicas e no nível de decisão institucional, identificamos as ligações com a governança da água. Apesar de considerar a dinâmica inerente a cada ciclo adaptativo, bem como as possíveis diferenças no âmbito temporal e espacial da estrutura da panarquia, o diagrama em árvore permite a relação entre setores, atividades ou sistemas indiretamente relacionados, como o mercado de trabalho, saúde, transportes e educação que, embora possam fazer parte do mesmo projeto de desenvolvimento, têm regras, limites, possibilidades, orçamentos e escalas temporais e espaciais diferentes.

Os ramos da árvore foram determinados com base em um processo de decisão institucional que começa no nível nacional passando por ministérios ou instituições federais focadas em políticas públicas específicas e comitês de bacia nos níveis hierarquicamente inferiores. A ligação entre ciclos focados em temas específicos como a educação, a saúde, o ambiente, a habitação, as infraestruturas e as políticas de emprego percorrem ramos

determinados por limites financeiros, opções políticas, necessidades sociais e estratégias de desenvolvimento de médio e longo prazo. Dessa forma, a resiliência do sistema depende do orçamento, do poder político, da estabilidade econômica e do apoio social. Crises setoriais ou eventos internacionais afetam a estabilidade dos nós e sub-nós ligados e dificultam a resiliência do sistema.

## RESULTADOS

A configuração em árvore permite uma ligação entre ciclos adaptativos no mesmo nível conectados por um nó comum, mantendo a posição hierárquica da panarquia (Fig. 3). Assim, nesta configuração, é possível analisar a influência indireta dos ciclos em ramos distintos, desde um pequeno lago em L-4 até uma floresta em L-1, mas também de uma área cultivada em um ramo L-4 diferente para a mesma floresta L-1, ligando ambos os sub-nós L-4 por ramos de memória e inovação.



**Fig. 5: Uma proposta de árvore de panarquia baseada em conexões de nível de decisão**

Num contexto de água doce, com vínculos ramificados de revolta de memória, delimitamos o nível local pela área de influência dos agentes que num comitê de bacia hidrográfica implica em grupos que compartilham a mesma área de drenagem. Municípios, organizações ambientais e grupos sociais exemplificam esses grupos locais. Contudo, o primeiro tem particular relevância no planejamento e nas decisões de políticas públicas, ainda que seus limites político-administrativos não coincidam com os limites naturais da bacia hidrográfica.

No sistema produtivo, o raio de influência é fortemente afetado pelo mercado consumidor, pelas necessidades de recursos naturais, pelas políticas fiscais e de subsídios, e por vários fatos relacionados com o tipo de produto. As metas relativas ao uso ou à qualidade da água estabelecidas pelos comitês de bacia podem interferir nas decisões de produção relativas à tecnologia aplicada ou ao nível de produção.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A adoção do modelo Panarquia, embora aparentemente divergente da rigidez e simplismo dos instrumentos normativos de comando e controle da gestão ambiental, permite identificar pontos de intervenção nos Ciclos Adaptativos onde as transformações podem ocorrer de forma mais eficiente (Allen et al, 2014; Berkes e Ross, 2016).

As preocupações ambientais e a degradação da água têm impulsionado o debate sobre a gestão dos recursos hídricos, estabelecendo regras para padrões de poluição e usos compatíveis com interesses comuns. Assim, os comitês de bacia tornaram-se unidades gestoras de recursos hídricos implementando instrumentos de gestão. Além disso, o avanço das técnicas e da tecnologia, modificando os padrões de consumo, produção e convivência



social, pode encurtar os ciclos, apesar dos esforços para prolongar a fase de conservação para manter o status quo das relações de poder.

A configuração da *Árvore Panarquia* reforça os limites produtivos ao crescimento baseado em recursos naturais. A degradação da água pelo uso de poluentes e a escassez devido às mudanças climáticas, a expansão demográfica, os novos hábitos e o desperdício impõem decisões de restrição de uso por parte dos comitês de bacias hidrográficas que resultam em alterações nas outorgas de água, impactando direta e indiretamente os sistemas de produção.

A “revolta” das novas regulamentações sobre o uso da água afeta as instituições regionais (de baixo para cima, L-4 a L-3), exigindo novas regras adequadas às condições da bacia. Num processo de decisão participativo, a intensidade da pressão das partes interessadas da bacia depende do nível de autonomia do comitê da bacia hidrográfica.

As políticas públicas nacionais (L-1) podem ter efeitos distintos num sentido contrário. As exigências sociais, a expansão habitacional e os planos econômicos (L-2) opostos às preocupações ambientais (também L-2) fortalecem a tensão sobre os recursos naturais através da “memória” de cima para baixo dos planos de desenvolvimento nacionais. O ramo mais “forte” define o impacto final na regulação do uso da água ao nível dos ciclos adaptativos L-4.

Além disso, mesmo sem a influência dos níveis L-1 a L-3, as decisões sobre as bacias hidrográficas podem alterar o funcionamento do sistema econômico local, restringindo a concessão de outorgas de uso da água e os padrões de qualidade, apontando para uma ligação indireta do ciclo L-4.

## CONCLUSÕES

A panarquia, como estrutura dinâmica de ciclos adaptativos hierarquicamente conectados, traz à luz a complexidade do estudo dos ecossistemas no que diz respeito à dinâmica específica de cada espaço analisado e às interações ao longo do tempo. A resiliência dos ciclos é reforçada por diversas interferências, tais como os esforços para regularizar e conservar a disponibilidade de recursos naturais para satisfazer as necessidades socioeconômicas.

O modelo conceitual proposto junta-se aos debates contemporâneos sobre a incerteza e a imprevisibilidade dos recursos naturais, embora reconheça os progressos alcançados pela governança ambiental na abordagem de desafios, como as elevadas emissões de gases com efeito de estufa, a perda de biodiversidade, a poluição da água doce e salgada e o aumento na concentração de dióxido de carbono na atmosfera.

Na presente pesquisa, desenvolvida com uma abordagem do processo de tomada de decisão relacionado à governança hídrica, a estrutura verticalizada da Panarquia foi ampliada para identificar interferências horizontais entre ciclos adaptativos de um mesmo nível hierárquico indiretamente conectados, formando uma “*árvore da panarquia*”. Assim, a Governança da água, através de princípios baseados na inclusão, eficiência e eficácia, estende o seu desafio a questões competitivas sociais, políticas, financeiras e institucionais.

A partir das conexões e possíveis interferências apresentadas, concluímos que a abordagem antropocêntrica que orienta as decisões de gestão da água colide não apenas com interesses competitivos de atividades distintas, mas também com a resiliência dos ecossistemas, exigindo uma análise complexa e holística.

A estrutura analítica da *Árvore de Panarquia* pode ser aplicada de forma confiável usando outros links de abordagem (ramos) e domínios de escala sem alterações significativas. Trabalhos futuros também podem se beneficiar da *Árvore* para analisar a interferência entre os níveis em uma escala dinâmica ao longo do tempo em uma abordagem mais complexa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, C. R.; ANGELER, D. G.; GARMESTANI, A. S. et al. (2014). Panarchy: Theory and application. *Ecosystems* 17, 578–589.



2. BARRAQUÉ B. (2020) Full cost recovery of water services and the 3 t's of OECD. *Util Policy* 62 (100981): 100,981.
3. BERBEL J, EXPÓSITO A (2020) The theory and practice of water pricing and cost recovery in the water framework directive. *Water Alternatives* 13(3):659–673
4. BERKES F, ROSS H (2016) Panarchy and community resilience: Sustainability science and policy implications. *Environmental Science & Policy* 61:185–193.
5. BUCHS A, CALVO-MENDEIETA I, PETIT O, et al (2021) Challenging the ecological economics of water: Social and political perspectives. *Ecol. Econ.* 190 (107176): 107, 176.
6. GUNDERSON L. H., ALLEN C. R., GARMESTANI A. (2022) Applications and diffusion of panarchy theory. In: GUNDERSON L. H., ALLEN C. R., GARMESTANI A. (eds) *Applied Panarchy. Applications and Diffusion across Disciplines*. Island Press, Washington, chap 14, p 291–312
7. HOLLING C. S. (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4(1):1–23.
8. HOLLING C. S. (1986) The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change. In: Clark HC, Munn RE (eds) *Sustainable Development of the Biosphere*. Cambridge University Press, Cambridge-UK, chap 10, p 292–317
9. HOLLING C. S. , GUNDERSON L. H. (2002) Resilience and adaptive cycles. In: Gundeson LH, Holling C (eds) *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, chap 2, p 25–62
10. HOLLING C. S., GUNDERSON L. H., PETERSON G. D. (2002) Sustainability and panarchies. In: Gunderson LH, Holling C (eds) *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, chap 3, p 63–102
11. LIMA D., ARAÚJO J., RIBEIRO M. (2022) Governança da água em município de pequeno porte: análise baseada no sistema socioecológico e nos princípios de Ostrom. *Eng Sanit Ambient* 27(5): 919–928.
12. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (2015) OECD principles on water governance. OECD Publishing, Paris, URL <https://www.oecd.org/governance/oecd-principles-on-water-governance.htm>
13. ÖZEROL G., DE KRUIJF J. V., BRISBOIS, M. C., et al (2018) Comparative studies of water governance: a systematic review. *Ecology and Society* 23(4).
14. RUGGERIO C. A. (2021) Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions. *Sci Total Environ* 786(147481):147,481.
15. ZWARTEVEEN M., KEMERINK-SEYOUM J. S., KOOY M., et al (2017) Engaging with the politics of water governance. *WIREs Water* 4(6).