

(IN)SEGURANÇA HÍDRICA EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS: UMA ABORDAGEM INTEGRADORA E PARTICIPATIVA DAS RELAÇÕES ÁGUA, CLIMA E TERRITÓRIO

I. A. A. Rufino; P. B. R. Alves; R. de Aragão; L. M. Alves; H. C. de Brito; C. F. C.
Braga; C. K. M. Silva; M. D. do A. Vieira

RESUMO

Este trabalho explora cenários futuros de uso e ocupação do solo ou LULC (do inglês: *Land Use Land Cover*), sob a perspectiva de mudanças climáticas e visando seus possíveis rebatimentos nos cenários hidrológicos. Considera-se o *nexus* água-território-clima, suas espacialidades, escalas, variabilidades e dinâmicas sociais e hidrológicas, ao modelar os processos naturais e antrópicos que ocorrem em um sistema hídrico e, por conseguinte, ao permitir uma melhor identificação dos impactos na segurança hídrica das cidades (e das pessoas) que dependem deste sistema. O objetivo central desta abordagem é permitir a avaliação da segurança hídrica em múltiplas escalas considerando as diferentes territorialidades e suas relações intrínsecas com a água e o clima, reconhecendo a participação e percepção pública (dos diferentes usuários de água) como atividade essencial para a resiliência e capacidade adaptativa das cidades atuais e futuras.

1 INTRODUÇÃO

A integração entre água e território é uma realidade e um desafio do planejamento urbano e regional, uma vez que, as relações entre sociedade e natureza formam um território e promovem seu desenvolvimento (Dallabrida, 2020) e, as chamadas “relações de territorialidade”, tendem a se diversificar promovendo o fortalecimento e a integração entre água e território (Duarte e Lopes, 2021). Infere-se, portanto que, a integração entre água, território e o clima é uma realidade a ser atingida por meio da integração de níveis de planejamento: regional (na escala da bacia) e local (âmbito municipal). Fabro Neto e Souza (2017) afirmam que a integração entre os níveis regional e local de planejamento ocorre mediante a articulação entre gestores de recursos hídricos e de uso e ocupação do solo, usando o gerenciamento dos impactos ambientais como parâmetro de decisão.

Os níveis de planejamento tendem a se aproximar por meio de sistemas hídricos. “Sistemas hídricos” podem ser considerados ambientes complexos onde níveis diferentes de planejamento se aproximam. Um sistema hídrico é composto por (i) bacias (em diferentes escalas); (ii) municípios (pertencentes às bacias ou abastecidos pelas mesmas); (iii) infraestruturas hídricas (de abastecimento e drenagem, *green, blue and gray infrastructures*, etc); (iv) medidas não estruturais (regulação, bacias de retenção temporárias, etc) e, (v) serviços de gestão de recursos hídricos (Pot, 2019; Marques *et al*, 2021; Vinagre, *et al*, 2023).

Apesar dos avanços alcançados na gestão dos recursos hídricos no Brasil nas últimas décadas, Marques *et al* (2021) reforçam que o país tem passado por uma transição para atingir uma abordagem integrada, participativa e descentralizada para a gestão de recursos hídricos desde a implantação da Lei 9.433 (Brasil, 1997). Ao mesmo tempo, estes autores alertam que, os desafios e as demandas crescentes tornaram mais complexo o ambiente de gestão, combinando efeitos do clima, alterações no uso da terra, eventos críticos e sistemas de infraestrutura mais elaborados, com objetivos múltiplos e conflitantes, conectando por vezes sistemas hídricos distintos por meio de transposições de bacias.

Diante das frequentes mudanças no clima, nas formas aceleradas de apropriação e uso do solo urbano e na sociedade, há a necessidade de novas abordagens integrativas que modelem não apenas os fatores estritamente climáticos, hidrológicos ou urbanísticos, mas que considerem (i) os impactos desses fatores externos combinados, (ii) as lacunas de legislação existentes, (iii) as susceptibilidades ao risco (naturais ou não) e (iv) a própria capacidade adaptativa e resiliência dos atores envolvidos, uma vez que todos estes fatores atuam em conjunto e comprometem a segurança hídrica e salubridade ambiental nos centros urbanos.

Neste sentido, este trabalho descreve os esforços desenvolvidos no âmbito de um projeto de pesquisa, no qual, está sendo considerada uma abordagem *nexus* água-território-clima dos processos naturais e antrópicos que ocorrem em um Sistema Hídrico localizado no estado da Paraíba, Brasil (Figura 1). O Sistema Hídrico Poções-Epitácio Pessoa é o primeiro sistema hídrico do Nordeste do Brasil (NEB) a receber o aporte de águas do PISF - Projeto de Integração do Rio São Francisco e, também por este motivo, carece de estudos atuais de seus impactos e desdobramentos. A abordagem proposta, faz uso de cenários preditivos de uso e ocupação do solo, de mudanças climáticas e de eventos extremos, analisando impactos, capacidade adaptativa e segurança hídrica em toda a territorialidade envolvida (bacia e municípios).

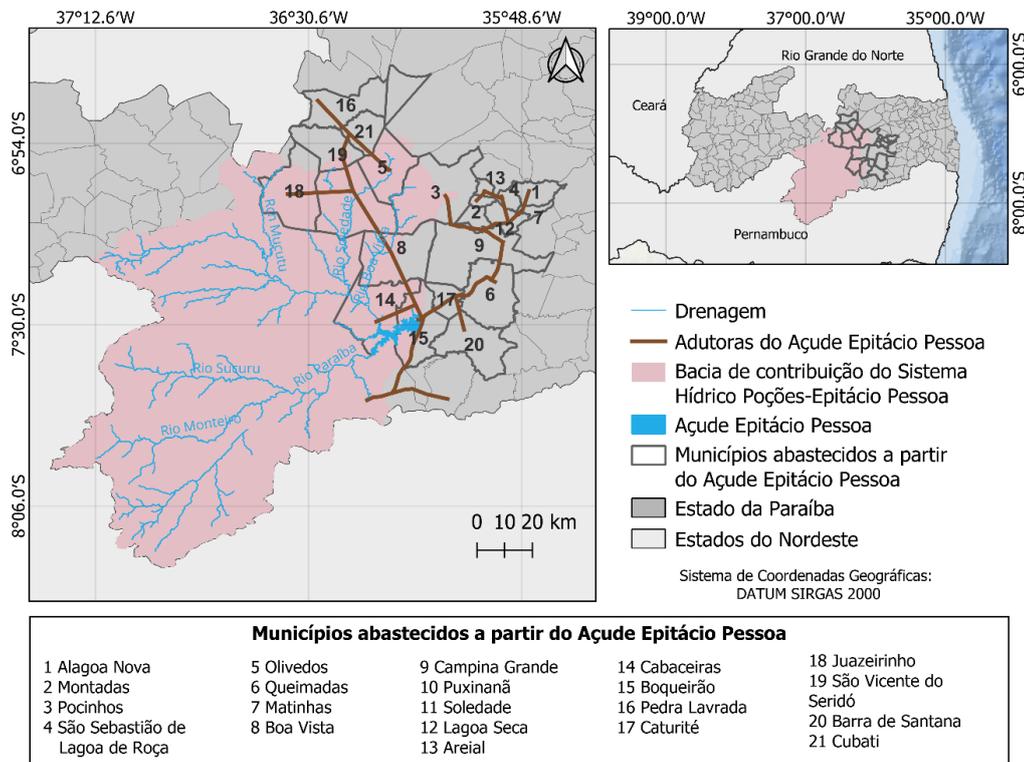


Fig. 1 Sistema Hídrico Poções-Epitácio Pessoa. Fonte: Projeto SIGMA (2024)

2 (IN)SEGURANÇA HÍDRICA NO NORDESTE BRASILEIRO

O Brasil, possui uma das maiores reservas mundiais de água e, mesmo assim, apresenta ao longo da história situações severas de escassez hídrica em todas as regiões (Rossi *et.al*; 2021). O NEB tem sido vulnerável a problemas hidrometeorológicos extremos, especialmente secas, por séculos (Marengo *et al*, 2019). Uma combinação de variabilidade climática natural (a maior parte da área é semiárida) e problemas de governança da água aumentam os impactos da escassez hídrica, em especial, nas áreas urbanizadas.

O abastecimento de água intermitente e longos períodos de racionamento de água devido ao baixo nível nos reservatórios criam um comportamento resiliente, uma espécie de “resiliência natural” (Rufino *et al*, 2021). Nos momentos de escassez, a população, frequentemente, muda seu comportamento de consumo, convertendo a crise em uma oportunidade de aumento de resiliência (Grande *et al*, 2014). O último evento de seca pluri-anual na região semiárida estendeu-se desde 2012 a 2018, causando diversos impactos, como a escassez de água potável, a diminuição na produção de alimentos e perdas na economia (Brito *et al*, 2021). Entretanto, a ineficiência da prestação do serviço de abastecimento provoca uma intermitência no fornecimento que ultrapassa os períodos de seca hidrológica, tornando latentes problemas operacionais e de gestão, mesmo quando os reservatórios encontram-se em “volumes seguros”, por assim dizer.

Outros fatores como as mudanças climáticas e o crescimento urbano tornam um cenário de seca para muitas “cidades naturalmente resilientes” ainda mais difícil. No entanto, este contexto pode tornar as cidades mais resistentes a choques externos e crises por um longo tempo, permitindo o desenvolvimento de flexibilidade para se adaptar e transformar novas circunstâncias em uma vantagem. Isso pode ajudar a transformar crises em oportunidades de desenvolvimento (Figura 2).

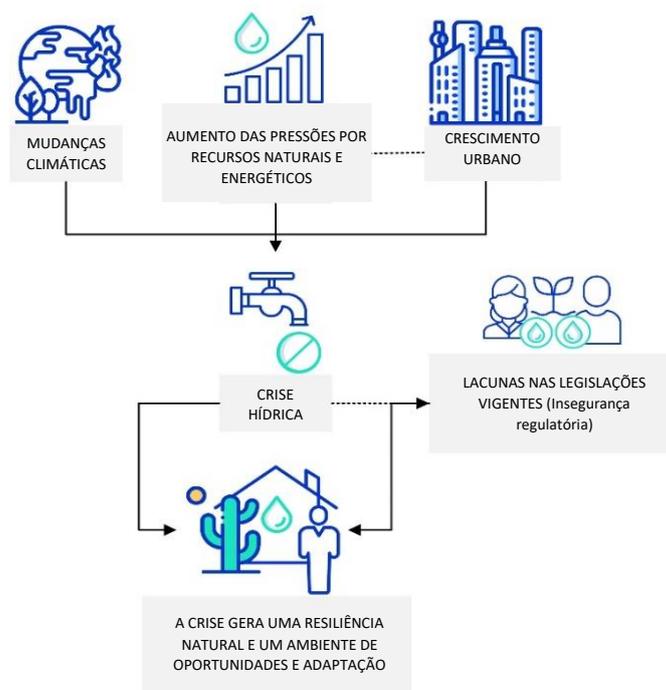


Fig. 2 Gráfico conceitual da resiliência natural das cidades do semiárido. Adaptado de Rufino *et al.*, (2021).

A definição de uma "resiliência natural" (Rufino *et al.*, 2021) é baseada na exposição sistemática aos perigos, levando a população a iniciativas de adaptação e aumentando sua capacidade de enfrentamento. Como mencionado, mesmo em "períodos ditos normais" com secas não tão severas, os serviços de abastecimento de água apresentam alto índice de intermitência. Neste contexto, as pessoas “se acostumam” a economizar água em barris, cisternas, ou qualquer outro reservatório (apoiado ou elevado), além de comprar água de carros-pipa, e, por causa do acesso limitado à água, reduzem o consumo. Este comportamento é um exemplo direto do desenvolvimento de uma “resiliência natural” uma vez que, em condição regular de abastecimento de água, esse consumo racional não seria estimulado.

De acordo com Cunha *et.al*, (2023) o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) é a maior obra de infraestrutura hídrica do país e figura entre as 50 maiores construções de infraestrutura em execução no mundo. A obra se destaca por executar mais de 470 km de canais (Figura 3) e, pela sua complexidade, poderá ocasionar uma série de múltiplos desafios e fatores ligados à gestão pública, ao atendimento de milhões de habitantes e à vasta multiplicidade dos recursos naturais que poderão ser afetados com as alterações no meio ambiente bem como estão sujeitos aos efeitos das mudanças climáticas. O que se espera desta integração de bacias é o atendimento das demandas hídricas da população da região.

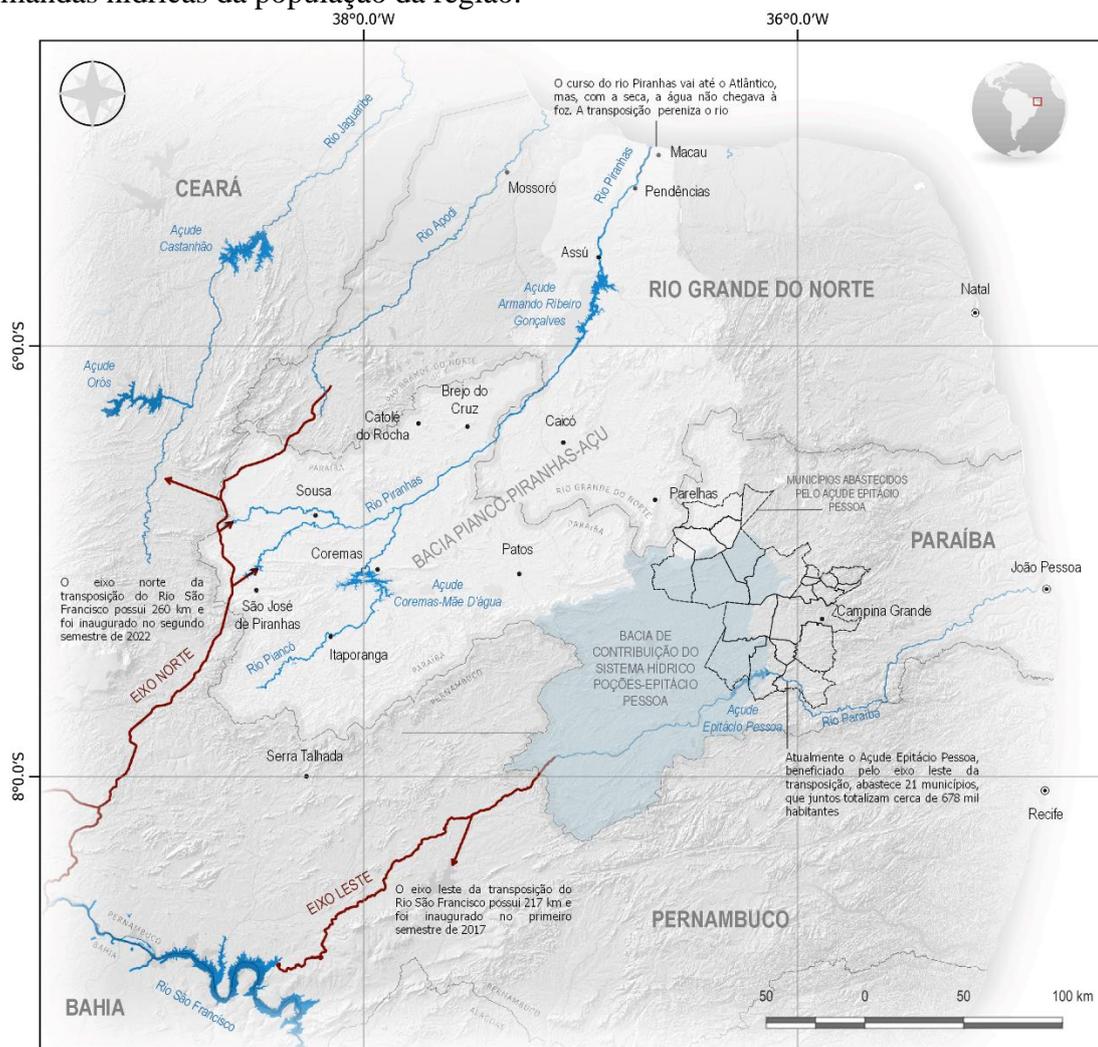
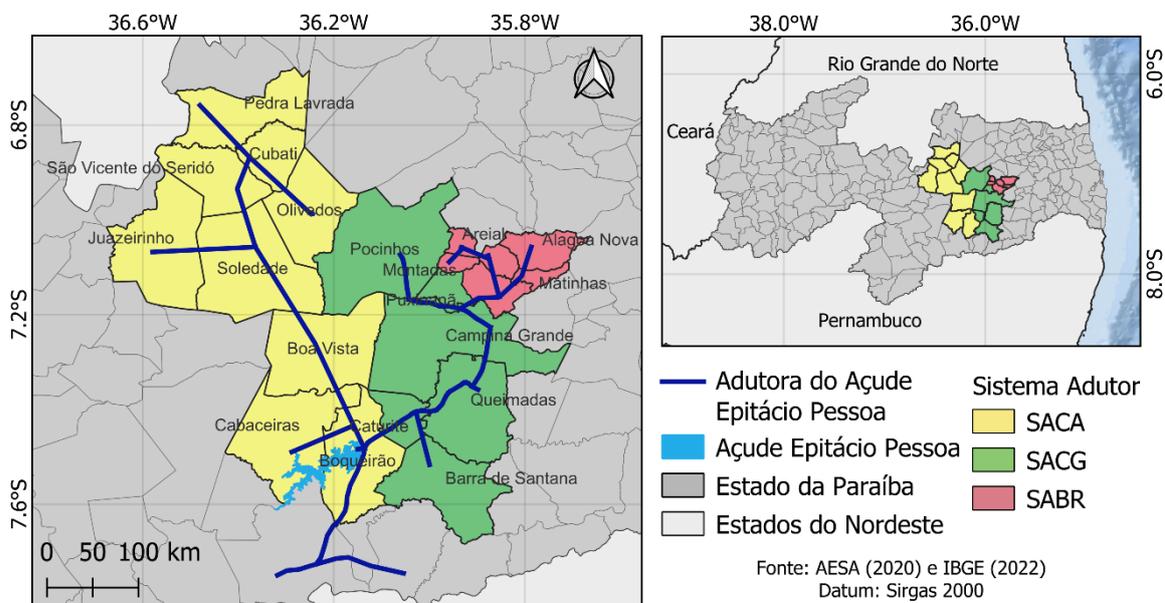


Fig. 3 Esquema gráfico do PISF e localização da área de estudo. Adaptado de: **Maisonnave e Prado (2018).**

As demandas hídricas advêm de diferentes usuários e áreas. As áreas urbanas das cidades dos municípios beneficiados, distritos industriais, perímetros de irrigação e usos difusos ao longo dos canais e rios perenizados por açudes existentes que ao receberem águas do PISF, mudaram de uma função meramente de reservação, para integrar o sistema hídrico.

A área de estudo desse artigo caracteriza-se pela bacia de contribuição do sistema hídrico Poções-Epitácio Pessoa além de todos os municípios que são atendidos ou que serão atendidos por este sistema (Figura 4). Inclui-se nesta área, as bacias do Rio Taperoá e do alto curso do Rio Paraíba, uma vez que estas contribuem com o volume acumulado no açude Epitácio Pessoa. Os municípios à jusante do reservatório e ao longo do eixo da transposição (PISF), também sofrem os conflitos pelo uso desta água. O açude Epitácio Pessoa (também denominado “Boqueirão”), responsável pelo abastecimento de diversas cidades, registrou seu menor volume histórico em abril de 2017, aproximadamente 11,97 milhões de m³, o que representa 2,97% de sua capacidade total. Isso resultou em severas etapas de regime de racionamento de água (Meneses *et al*, 2022). O colapso total só foi impedido pela implementação do Eixo Leste (Figura 3) do projeto de transposição das águas do Rio São Francisco em caráter emergencial.



| Sistema Adutor | Municípios atendidos |
|----------------|--|
| SACA | Boqueirão, Boa Vista, Cabaceiras, Cubati, Juazeirinho, Olivedos, Pedra Lavrada, São Vicente do Seridó e Soledade |
| SACG | Barra de Santana, Campina Grande, Caturité, Queimadas, Pocinhos e Puxinanã |
| SABR | Alagoa Nova, Areal, Lagoa Seca, Matinhas, Montadas e São Sebastião de Lagoa de Roça |

Fig. 4 Municípios Abastecidos pelo Sistema Hídrico Poções-Epitácio Pessoa. Fonte: Projeto SIGMA (2024)

Em termos de população a usufruir das águas transpostas do rio São Francisco no seu Eixo Leste, dois grupos populacionais se destacam: (i) a população dos municípios abastecidos pelos reservatórios Poções e Camalaú; e (ii) a população da cidade de Campina Grande e região (Tabela 1). Neste sentido, alguns sistemas adutores estão em construção ou projetados para atender as regiões do Cariri, Brejo e do Agreste Paraibano. Ao todo, são cerca de 53 municípios (somando municípios que possuem toda ou parte de sua área na bacia de contribuição, ou que estão a jusante do reservatório e são atendidos pelo sistema) e uma população estimada a ser atendida pelo sistema de quase 700 mil habitantes (Figura 4). O município de Campina Grande – PB é o maior município abastecido por este sistema hídrico e, foi a situação de colapso hídrico nesta cidade de 419.379 habitantes (IBGE, 2022), o maior impulsionador da conclusão do eixo leste do PISF. Campina Grande exerce um grande papel de atração para as populações das cidades vizinhas, as quais em parte, trabalham ou estudam na mesma.

Tabela 1 População e área territorial dos municípios abastecidos pelo reservatório Epitácio Pessoa. Fonte: (IBGE, 2022)

| Município | População (habitantes) | Área (km²) |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Alagoa Nova | 21.013 | 128,23 |
| Areal | 7.128 | 35,81 |
| Barra de Santana | 8.059 | 375,18 |
| Boa Vista | 6.377 | 468,93 |
| Boqueirão | 17.598 | 373,08 |
| Cabaceiras | 5.335 | 469,17 |
| Campina Grande | 419.379 | 591,66 |
| Caturité | 5.254 | 117,82 |
| Cubati | 7.580 | 163,57 |
| Juazeirinho | 17.007 | 474,61 |
| Lagoa Seca | 27.730 | 108,22 |
| Matinhas | 4.571 | 36,52 |
| Montadas | 5.812 | 31,79 |
| Olivedos | 3.580 | 314,62 |
| Pedra Lavrada | 6.859 | 335,61 |
| Pocinhos | 17.469 | 623,97 |
| Puxinanã | 14.277 | 71,12 |
| Queimadas | 47.658 | 402,75 |
| São Sebastião de Lagoa de Roça | 11.040 | 46,37 |
| São Vicente do Seridó | 10.291 | 262,75 |
| Soledade | 13.968 | 578,18 |
| TOTAIS | 677.985 | 6.009,96 |

3 ÁGUA, TERRITORIALIDADES E CLIMA

As discussões e reflexões aqui apresentadas estão em desenvolvimento no âmbito do Projeto SIGMA, ainda em desenvolvimento. O conceito de sistema hídrico tem sido entendido como um ambiente que envolve diferentes níveis e escalas de territorialidades e que, por isso precisa ser analisado de forma holística e abrangente no contexto de estudos de segurança hídrica. Duarte e Lopes (2021) justificam que a bacia hidrográfica deve ser adotada como unidade de planejamento com perspectivas ao gerenciamento de forma globalizada e sistêmica. Neste sentido, planejar o desenvolvimento do território deveria considerar sempre

a(s) bacia(s) envolvidas, da mesma forma que, gerenciar bacias pode significar elaborar planos de bacias que impactam ou são impactados pelos diferentes usos que são dados ao mesmo território.

Esta visão proporciona alternativas de planejamento e manejo mais adequados aos preceitos da realidade, através da criação de mecanismos de comunicação entre os diversos seguimentos e, minimiza, principalmente, aqueles cuja função comprometem o equilíbrio, a resiliência e a potência entrópica de uma região (Duarte e Lopes, 2022). Sendo assim, considera-se neste estudo que em um sistema hídrico como o estudado, há um espaço “produtor de água” e um espaço “consumidor” desta água produzida. De acordo com Brito e Marques (2019) esta perspectiva que coloca a bacia hidrográfica como um sistema produtor de água é uma tendência crescente. Da mesma forma, a relação das cidades com as áreas à montante dos pontos de captação de água começa a ficar cada vez mais estreita e suas vulnerabilidades mais evidentes, tais como as pressões climáticas e territoriais. A Figura 5 é um exemplo desta abordagem.

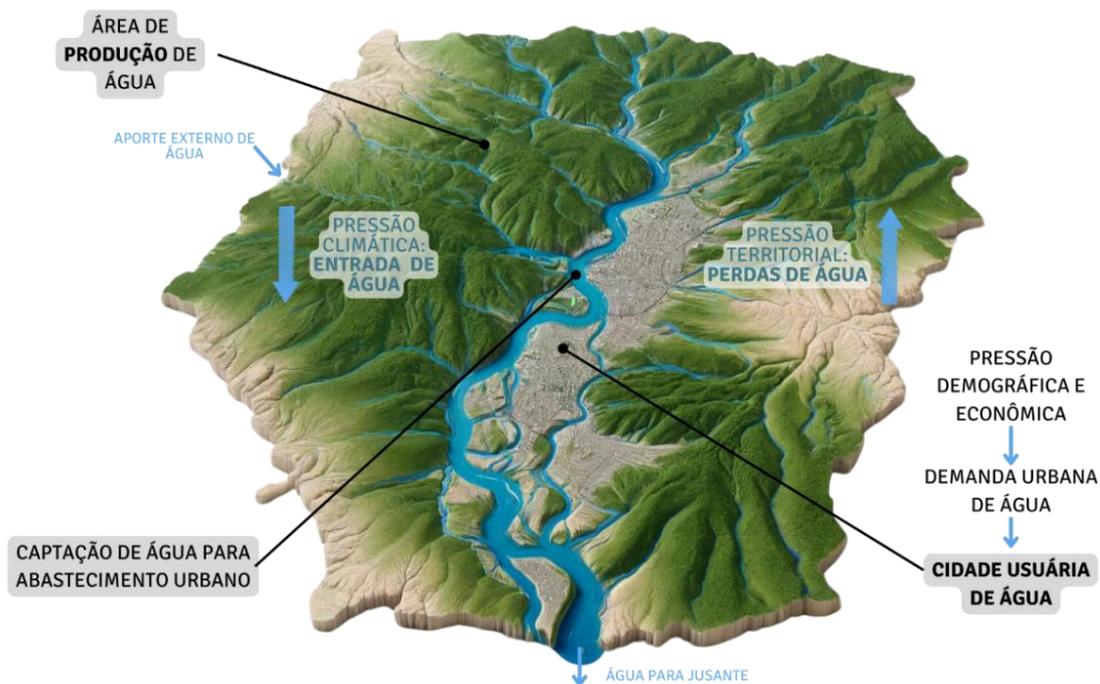


Fig. 5 Visão esquemática de uma Bacia Hidrográfica como “espaço de produção de água”. Fonte: Adaptado de Brito e Marques (2019).

A Figura 5 apresentada acima, é um exemplo típico do *nexus* água-território-clima existente no que tange a gestão dos recursos hídricos e os serviços de gestão urbana. Muito comumente a bacia de contribuição do reservatório principal de um sistema hídrico abrange o território de alguns municípios que necessariamente não são os municípios abastecidos por este. Entretanto a descarga de efluentes, o uso de fertilizantes agrícolas e diversos outros usos múltiplos da água ao longo dos rios e nas cidades que compõem a bacia, afetam diretamente a qualidade e a quantidade da água dos municípios que são atendidos pelas adutoras. As mudanças climáticas, por sua vez, afetam a segurança hídrica de todo esse hidrossistema e, em última instância, da população residente, em sua grande maioria, nas zonas urbanas das cidades.

Uma vez considerado o *nexus* água-território-clima qualquer estudo de mudanças do uso do solo para subsidiar cenários de planejamento não poderá considerar apenas os impactos das mudanças na área da bacia (área que afetará diretamente a disponibilidade hídrica do sistema, espaço produtor da água), nem tão pouco pode ser um estudo isolado das mudanças e da alta dinamicidade das áreas urbanizadas (mudanças que afetam diretamente as demandas e a qualidade da água do sistema). Há uma conexão direta entre os problemas de gestão dos recursos hídricos na cidade e os problemas de gestão dos recursos hídricos na bacia.

4. ABORDAGEM INTEGRADORA E PARTICIPATIVA DAS RELAÇÕES ÁGUA, CLIMA E TERRITÓRIO

A abordagem integradora e participativa das relações entre água, clima e território visa enfrentar os desafios contemporâneos da gestão de recursos hídricos. Este enfoque permite uma compreensão das interações entre fatores naturais e antrópicos que afetam a segurança hídrica. A Figura 6 é uma síntese gráfica conceitual da abordagem integradora adotada neste estudo, explorando seus diferentes aspectos, territorialidades e papéis.



Fig. 6 *Nexus* Água-Clima- Território: ntegração entre cenarizações e modelagens

4.1. Cenários preditivos de mudança de uso do solo

Cenários preditivos de mudança de LULC são ferramentas essenciais para a compreensão das dinâmicas futuras das bacias hidrográficas e seus impactos sobre a segurança hídrica (Abbasi et al., 2022). A partir da análise de séries temporais de imagens e dados históricos, modelos baseados em autômatos celulares tem simulado possíveis alterações futuras na cobertura do solo (com base em tendências históricas observadas). Estas simulações permitem prever como diferentes fatores, como expansão urbana e mudanças na vegetação, podem afetar a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos (Brito et al., 2021).

4.2. Modelagem hidrológica

A modelagem hidrológica avalia os impactos das mudanças no uso do solo e das variabilidades climáticas sobre os recursos hídricos (Praskievicz e Chang, 2009). Este trabalho faz uso do modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) acoplado a um Sistema de informação geográfica, o QGIS, gerando parâmetros característicos da bacia hidrográfica que permitem simulações detalhadas de cenários hidrológicos. Este processo inclui a calibração e validação do modelo com dados históricos de precipitação e vazão, possibilitando a análise de diferentes intervenções e suas consequências para a segurança hídrica (Tan et al., 2020). Neste estudo, as disponibilidades hídricas estimadas pelo modelo consideram dados de LULC passados (observados) e futuros (simulados). Entende-se que, se a tendência de mudanças observadas no território “produtor” de água se confirma, pode-se estimar de forma mais segura a disponibilidade futura em estudos de segurança hídrica.

4.3. Cenários de demanda hídrica dos diferentes usuários de água

A caracterização das demandas hídricas é frequentemente realizada através da análise das outorgas de direito de uso dos recursos hídricos e de dados de consumo per capita (Avni e Shamir, 2015). Estas análises incluem tanto o uso urbano quanto o agrícola e industrial, considerando também os impactos das novas infraestruturas, como adutoras e sistemas de transposição. A projeção dessas demandas em cenários futuros ajuda a identificar possíveis conflitos e a planejar estratégias para garantir a disponibilidade de água para todos os usuários. Abordagens participativas tem sido utilizadas na coleta e levantamento destas informações além dos dados disponibilizados em bases de dados oficiais.

4.4 Cenários de mudança climática

A análise dos cenários de mudança climática envolve a utilização de modelos climáticos globais e regionais para prever como variações na temperatura e precipitação podem afetar os recursos hídricos. A partir da avaliação da destreza de modelos como CMIP6 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 6*), são selecionados aqueles que melhor representam as características climáticas da região (Seneviratne e Hauser, 2020). Estes dados alimentam a modelagem hidrológica, permitindo a simulação de impactos futuros e a avaliação da resiliência dos sistemas hídricos.

4.5. Modelagem integrada

A modelagem integrada combina os cenários de uso do solo, hidrológicos e climáticos para fornecer uma visão holística dos desafios e oportunidades para a gestão dos recursos hídricos (Ragab et al., 2012). Este tipo de abordagem permite a identificação de interações complexas entre os diferentes fatores e a avaliação de medidas de adaptação e mitigação. Através de uma análise integrada, os dados são visualizados e analisados de forma colaborativa, envolvendo pesquisadores, gestores e a comunidade, promovendo uma gestão participativa e mais eficiente dos recursos hídricos.

4.6. Análise de impactos e de capacidade adaptativa da população e exposição aos cenários de mudança

Estudos sobre impactos de eventos extremos e adaptação são cruciais para tomadores de decisão e formuladores de políticas associados aos diversos setores sensíveis ao clima (Landrum e Holland, 2020). Esta análise é realizada através de uma abordagem participativa com visitas nos municípios estudados para a aplicação de questionários com a população residente (Figura 7). O objetivo é obter informações acerca dos impactos da escassez hídrica percebidos pela população. Além disso, realizar uma avaliação da capacidade adaptativa da população diante dos desafios da seca e das mudanças decorrentes da implementação do

PISF. Especialmente nos pequenos municípios, a insegurança hídrica ainda é alta e esta realidade permanece invisível aos sistemas de informações oficiais nacionais, uma vez que, apesar de existir a infraestrutura de abastecimento, o serviço muitas vezes não é efetivo por deficiências na infraestrutura de distribuição existente.



Fig. 7. Pesquisadores realizando coleta de dados com abordagens participativas

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem integradora desenvolvida até aqui neste estudo permite-nos afirmar que é possível desenvolver uma estrutura de avaliação da segurança hídrica em múltiplas escalas considerando as diferentes territorialidades e suas relações intrínsecas com água e clima. Entretanto a complexidade de um estudo com diferentes escalas, territórios, expertises e dados já aponta para algumas conclusões mesmo estando este trabalho ainda em fase de desenvolvimento.

Há que se entender de forma mais ampla as dinâmicas do território (produtor e consumidor de água) para que as variáveis explicativas de mudança a serem utilizadas nas simulações representem de forma mais adequada as mudanças observadas e permitam uma predição de cenários mais eficiente e confiável.

A percepção da (in)segurança hídrica da população é muitas vezes completamente diferente das informações modeladas em bases oficiais e, no caso deste sistema hídrico, esta insegurança está diretamente relacionada a problemas operacionais que não acontecem necessariamente apenas em períodos de escassez do recurso hídrico. A mobilização comunitária através do engajamento da população pode incentivar os residentes a participar no monitoramento da qualidade e quantidade de água, aumentando a transparência e a eficácia das políticas de gestão hídrica. Espera-se que abordagem como estas, estimulem gestores e equipes interdisciplinares de planejamento urbano permitindo uma melhor gestão do território e um melhor entendimento do *nexus* água-clima-território.

6 REFERÊNCIAS

ABBASI, Alireza et al. Potential influence of climate and land-use changes on green water security in a semi-arid catchment. **Journal of Water and Climate Change**, v. 13, n. 1, p. 287-303, 2022.

Avni, N., Fishbain, B., & Shamir, U., 2015. Water consumption patterns as a basis for water demand modeling. **Water Resources Research**, 51, pp. 8165 - 8181. <https://doi.org/10.1002/2014WR016662>.

BRASIL. Lei N ° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**: Brasília, 1997.

Brito Possantti, I. and Marques, G. (2019) **Soluções baseadas na natureza para sistemas hídricos de cidades: conceituação e modelagem a nível de planejamento**. Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH: Foz do Iguaçu. Available at: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=5478> (Accessed: May 16, 2024).

Brito, Yáscara Maia Araújo de, Iana Alexandra Alves Rufino, Cybelle Frazão Costa Braga, and Kevin Mulligan (2021). “The Brazilian Drought Monitoring in a Multi-Annual Perspective.” **Environmental Monitoring and Assessment** 193 (1): 1–14. <https://doi.org/10.1007/S10661-020-08839-5>. Brito, H.C., Rufino, I.A.A. & Djordjević, S. Cellular automata predictive model for man-made environment growth in a Brazilian semi-arid watershed. **Environmental Monitoring and Assessment** 193, 323 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09108-9>

Brito, Y.M.A., Rufino, I.A.A., Braga, C.F.C. Mulligan, Kevin. The Brazilian drought monitoring in a multi-annual perspective. **Environmental Monitoring and Assessment** 193, 31 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08839-5>

Cunha, Camylla Rebeca Melo da, Maria do Carmo Martins Sobral, and Maiara Gabrielle de Souza Melo. (2023). “Avanços e Desafios Do Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos no Modelo de Gestão no Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF).” **Revista Foco** 16 (02): e1118. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n2-179>.

Dallabrida, V.R. (2020) “Patrimônio Territorial: abordagens teóricas e indicativos metodológicos para estudos territoriais,” **Desenvolvimento em Questão**, 18(52), pp. 12–32. Available at: <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2020.52.12-32>.

Fabbro Neto, F. and de Souza, M.P. (2017) “O planejamento integrado de bacia hidrográfica e uso do solo na Escócia,” **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 22(6), pp. 1215–1223. Available at: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017155286>.

Grande, M., Galvão, C., Miranda, L., and Rufino, I.: Environmental equity as a criterion for water management, **Proc. IAHS**, 364, 519–525, <https://doi.org/10.5194/piahs-364-519-2014>, 2014.

IBGE. Censo Demográfico 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama>. Acesso em: 15 de maio de 2024.

Landrum, L.; Holland, M. M. Extremes become routine in an emerging new Arctic. **Nature Climate Change**, v. 10, n. 12, p. 1108-1115, 2020.

Marengo, J.A.; Cunha A.P, Soares, W.R., Torres R.R, Alves L.M, Brito, S. S. B., Cuartas, L. A., Leal, K., Ribeiro Neto, G., Alvalá, R.C. S., Magalhães A. R. (2019). Increase Risk of

Drought in the Semiarid Lands of Northeast Brazil Due to Regional Warming above 4 °C. In: Nobre, C., Marengo, J., Soares, W. (eds) **Climate Change Risks in Brazil**. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92881-4_7

Marques, G. Johnson, R., Oliveira P., Molejón C, Braga, C. (2021) “Os serviços de gestão de recursos hídricos,” **Revista de Gestão de Água da América Latina**, 19(1), pp. 1–0. Available at: <https://doi.org/10.21168/REGA.V19E1>.

Meneses, R. A., Andrade, R. M. Brito, H. C., Alves, P. R. A. and Rufino, I. A. A.(2022). “Operação de sistemas de abastecimento em épocas de crise hídrica: o caso de campina grande (2012-2017).” Anais do **XV SRHNe - Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste e 15º SILUSBA - Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa**. ABRH: Caruaru. Available at: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=13986> (Accessed: May 17, 2024).

Pot, W. (2019) “Anticipating the Future in Urban Water Management: an Assessment of Municipal Investment Decisions,” **Water Resources Management**, 33(4), pp. 1297–1313. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11269-019-2198-3>.

Praskievicz, S., & Chang, H. (2009). A review of hydrological modelling of basin-scale climate change and urban development impacts. **Progress in Physical Geography**, 33, 650 - 671. <https://doi.org/10.1177/0309133309348098>

Projeto SIGMA (2024). Segurança Hídrica de Municípios Paraibanos: uma Modelagem Integrada da Variabilidade Climática e das Dinâmicas Naturais e Antrópicas. Relatório Parcial (não publicado). FAPESQ/UFCG/INPE: Campina Grande.

Ragab, R. et al. (2012). Water Resources Management Under Possible Future Climate and Land Use Changes: The Application of the Integrated Hydrological Modelling System, IHMS. In: Choukr-Allah, R., Ragab, R., Rodriguez-Clemente, R. (eds) **Integrated Water Resources Management in the Mediterranean Region**. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4756-2_5

Rossi, J.B. *et al.* (2021) **Análise comparativa de secas no Brasil a partir de sensoriamento remoto**. Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH: Belo Horizonte. Available at: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=13192> (Accessed: May 16, 2024).

Rufino, I., Djordjevic S., Brito H, Alves P. (2021) “Multi-Temporal Built-Up Grids of Brazilian Cities: How Trends and Dynamic Modelling Could Help on Resilience Challenges?,” **Sustainability**, Vol. 13, Page 748, 13(2), p. 748. Available at: <https://doi.org/10.3390/SU13020748>.

Seneviratne, S. I., & Hauser, M. (2020). Regional Climate Sensitivity of Climate Extremes in CMIP6 Versus CMIP5 Multimodel Ensembles. **Earth's Future**, 8(9). <https://doi.org/10.1029/2019EF001474>

Tan, M., Gassman, P., Yang, X., & Haywood, J. (2020). A review of SWAT applications, performance and future needs for simulation of hydro-climatic extremes. **Advances in Water Resources**, 143, 103662. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2020.103662>