



RESUMO ALARGADO: CUNENE DAS SECAS ÀS CHEIAS - UM PROGRAMA CIENTÍFICO NACIONAL

A EXPERIÊNCIA DO LNEC NAS BACIAS DO CUNENE E CUVELAI AVALIAÇÃO E MODELAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS: SOLUÇÕES PARA MITIGAÇÃO DE CHEIAS E SECAS, BALSEQ E GABA-IFI

João Paulo LOBO FERREIRA

Dr.-Ing. Habil., Membro do Conselho Nacional da Água, Coordenador do Gabinete de Apoio às Parcerias para Investigação e ex-Chefe de Núcleo de Águas Subterrâneas do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066, Lisboa, Portugal, lferreira@lneec.pt

RESUMO

Saúdo calorosamente os participantes desta sessão comemorativa da Universidade Agostinho Neto para apresentar a experiência do LNEC nas bacias do Cunene e Cuvelai nomeadamente sobre a avaliação e modelação de águas superficiais e subterrâneas, soluções para mitigação de cheias e secas e os modelos BALSEQ e GABA-IFI. Saliento a boa cooperação desenvolvida por Portugal e Angola com os nossos Países Irmãos da CPLP nos SILUSBAs, os Simpósios de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. Realço o 9º SILUSBA realizado em Benguela em 2009. Passaram 25 anos desde que, em Abril de 1994, a Comissão Diretiva da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), a que tive a honra de presidir, e a Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), lançaram o bem sucedido desafio de incorporar os novos Países da CPLP na organização dos SILUSBAs. Em 2019, como Presidente da Comissão Organizadora Internacional no 14º SILUSBA em Cabo Verde, escolhi o tema "SILUSBA 25 anos construindo a Comunidade da Água da CPLP". Realço que os SILUSBAs têm como objectivos principais promover o avanço do conhecimento nos domínios da Hidráulica e dos Recursos Hídricos; promover o intercâmbio de ideias e de experiências nos domínios da Hidráulica e dos Recursos Hídricos; e estimular acções de formação, de investigação e de desenvolvimento de interesse comum. É esse o espírito desta minha apresentação de hoje.

Palavras-Chave: Cooperação LNEC-Universidade Agostinho Neto, modelação de águas subterrâneas, gestão da recarga de aquíferos, vulnerabilidade à poluição de aquíferos, mitigação das cheias na bacia do Cuvelai.

1. INTRODUÇÃO

A seca é um fenómeno natural na região do Mediterrâneo, tanto na Europa como no Norte de África, e também no sul de Angola. É uma situação recorrente que exige soluções e medidas de mitigação. Não obstante, espera-se agora que a [variabilidade e as alterações climáticas](#) aumentem as inundações e as secas; portanto, a capacidade adicional de armazenamento para incorporar o excesso de água dos anos húmidos também nos sistemas aquíferos, é uma obrigação também ética para se aumentar a segurança do abastecimento de água e melhorar a adaptação às alterações climáticas. A produção de água reutilizável a partir de águas residuais e a utilização de recursos hídricos não-convencionais alternativos, e.g. a recolha da precipitação de tetos de estufas, necessita de investigação adicional, também para preservação de ecossistemas dependentes das águas subterrâneas. Novas tecnologias verdes, soluções baseadas na natureza, novos conceitos, como o relacionado com as "Cidades Esponja" na China, e tecnologias inovadoras estão a ser já implementadas na Europa, estando intimamente ligadas às ações de adaptação e mitigação das alterações climáticas.

Para uma selecção sólida dos métodos mais apropriado para construir instalações de Gestão da Recarga de Aquíferos (também designada por Recarga Artificial de Aquíferos), foram desenvolvidas várias experiências na região sul de Portugal, pelo LNEC e pela Universidade do Algarve, em ligação com a APAmbiente Algarve e as Águas do Algarve. As taxas de infiltração obtidas em múltiplas instalações experimentais são muito promissoras, dependendo não apenas das cargas hidráulicas, mas também do tipo de instalações de recarga (em noras e furos, bacias de recarga, infiltração em zonas cársicas ou em leito de rios), e do tipo de solos disponíveis regionalmente. Os resultados obtidos permitiram o desenvolvimento de gráficos e tabelas originais que foram publicados em congressos internacionais e em revistas da especialidade.

RESUMO ALARGADO: CUNENE DAS SECAS ÀS CHEIAS - UM PROGRAMA CIENTÍFICO NACIONAL

Paralelamente, foi desenvolvido um novo método pelo LNEC, denominado GABA-IFI, visando a identificação preliminar das áreas candidatas à instalação de sistema de recarga artificial de águas subterrâneas (disponível em <https://www.aprh.pt/9silusba/COMUNICACOES/39.pdf>). Esta metodologia parece adequada à mudança de paradigma das cheias serem apenas um desastre hidrológico natural para passarem a ser uma fonte de água adicional para fazer face às situações posteriores de secas regionais, também no sul de Angola. Sugere-se a incorporação de águas fluvias, em alturas de cheia, em pequenas barragens em forma de meia lua abertas para montante, com poços nas albufeiras, visando a recarga do aquífero subjacente, permitindo contribuir para a mitigação das secas ao mesmo tempo que se minimizam os efeitos nocivos das cheias na cidade de Ondjiva. Na parte final da conferência apresentar-se-ão sugestões técnico-científicas para mitigação de cheias no rio Cuvelai.

2. ENQUADRAMENTO/METODOLOGIA

2.1 O modelo BALSEQ para avaliação da recarga de aquíferos em cenários de alterações climáticas

O LNEC desenvolveu estudos para avaliação de [Recursos Hídricos Superficiais](#) e Subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Cunene. [Em relação às águas subterrâneas](#) foi feita a avaliação das recargas médias e extremas dos sistemas aquíferos na bacia utilizando o modelo [BALSEQ \(Lobo-Ferreira 1981\)](#), cf. Figura 1:

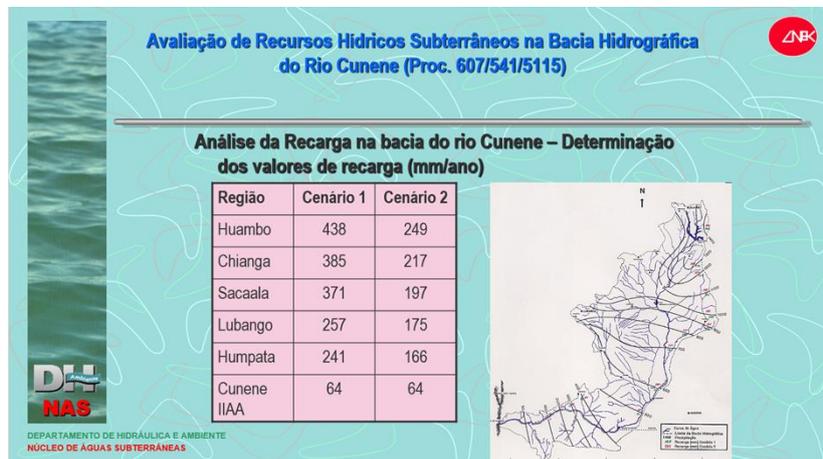


Figura 1 – Avaliação da recarga na bacia do rio Cunene (Cenário 1: nas secções das barragens da cabeceira da bacia considerou-se que o escoamento superficial medido não inclui a recarga; cenário 2: idem incluindo a recarga)

As condições climáticas, nomeadamente os regimes de precipitação, temperatura, humidade atmosférica, entre outras, condicionam os volumes de água que são gastos pelo coberto vegetal em evapotranspirações e os que são transferidos para a recarga dos aquíferos. Em condições de alterações climáticas estes parâmetros climáticos são modificados, tendo impactos directos sobre a evapotranspiração e a recarga. Existe ainda um impacto associado, que é o devido à modificação do coberto vegetal, modificação essa que afectará os volumes de evapotranspiração, escoamento superficial, teor de água no solo e, em consequência, a recarga. De acordo com estudos de Oliveira *et al.* (2012)¹ para o horizonte de 2050 prevê-se que a recarga média do sistema aquífero de Torres Vedras em Portugal seja entre 84% e 98% da recarga do período 1979-2009, dependendo das séries de precipitação, temperaturas, e de evapotranspirações de referência utilizadas. Para o horizonte de 2080, dependendo das séries climáticas utilizadas, a recarga média será de 60% a 82% da recarga do período 1979-2009. É impressionante a redução potencial esperada de recarga de aquíferos que se pode observar na Figura 2.

2.2 A Gestão da Recarga de Aquíferos como solução para mitigação do efeito das alterações climáticas

A seleção da temática Gestão da Recarga de Aquíferos pela European Innovation Partnership on Water (EIP Water

¹ Manuel M. OLIVEIRA, Maria Emília NOVO, Luís G. S. OLIVEIRA, João Paulo LOBO FERREIRA (2012) - Estudo Do Impacto Das Alterações Climáticas Na Recarga Do Sistema Aquífero De Torres Vedras. Lisboa, APRH, 11º Congresso da Água)

RESUMO ALARGADO: CUNENE DAS SECAS ÀS CHEIAS - UM PROGRAMA CIENTÍFICO NACIONAL

AG 128 MARtoMARket, cf. https://www.eip-water.eu/MAR_Solutions) em complementaridade com o projecto MARSOL (http://www.marsol.eu/files/marsol_newsletter-issue01.pdf) no LNEC deve-se ao facto de se ter tornado, quando utilizável, numa das melhores soluções técnica para uma moderna gestão integrada dos Recursos Hídricos, visando a mitigação dos impactos negativos das Alterações Climáticas.

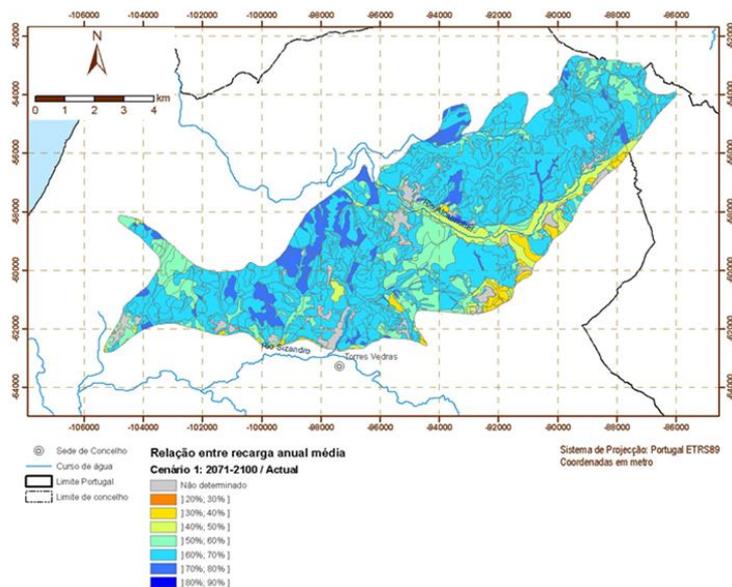


Figura 2 – Relação entre a recarga média anual atual e a esperada para o Cenário 1 em 2071-2100 do sistema aquífero de Torres Vedras

Como a variabilidade e alguns impactos negativos das Alterações Climáticas estão a aumentar rapidamente, tanto em escala como em intensidade, torna-se cada vez mais importante fomentar a "inovação na ação água", incorporando "soluções tecnológicas" permanentes e apropriadas às condições hidrogeológicas e climáticas regionais (cf. http://www.ppa.pt/wp-content/uploads/2015/07/PIANO-presentation-WP2-LNEC_JM.pdf). Visa-se o aumento da disponibilidade de água para setores económicos importantes, a melhoria da saúde humana e do bem-estar, e o aumento da sustentabilidade dos ecossistemas e da biodiversidade. Apresentações do projeto MARSOL no Mid-term Consortium meeting de Lisboa (Figura 3) podem ser vistas em <https://www.eip-water.eu/algarve-water-quality-workshop-great-success> .

2.3 Vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas: o método DRASTIC para a sua avaliação

A vulnerabilidade pode ser definida em relação à massa de água subterrânea (aquífero) ou em relação à captação de água. Em relação à massa de água subterrânea, Lobo Ferreira e Cabral (1991, <https://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/023.pdf>) propuseram que o conceito de vulnerabilidade à poluição de águas subterrâneas fosse definido em Portugal, como “*a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero*”. O índice DRASTIC corresponde ao somatório ponderado de sete valores correspondentes aos seguintes sete parâmetros ou indicadores hidrogeológicos ([exemplo de projeto de aplicação na China](#)): D - Profundidade do Topo do Aquífero, R - Recarga do Aquífero, A - Material do Aquífero, S - Tipo de Solo, T - Topografia, I - Influência da Zona Vadosa, C - Condutividade Hidráulica do Aquífero.

Adriano Gaspar ADÃO, Professor Assistente da Universidade Agostinho Neto, estagiou no LNEC tendo desenvolvido a apresentação ao 9º SILUSBA, realizado em Benguela em 2009, “Avaliação da Vulnerabilidade à Contaminação da Faixa Oriental do Sistema Aquífero Quelo–Luanda a Partir do Índice DRASTIC” (<https://www.aprh.pt/9silusba/COMUNICACOES/99.pdf>).



RESUMO ALARGADO: CUNENE DAS SECAS ÀS CHEIAS - UM PROGRAMA CIENTÍFICO NACIONAL

CONSORTIUM MEETING

Mid-term Consortium Meeting, Lisbon, Portugal, June 2015

The mid-term meeting for MARSOL will take place in Lisbon, Portugal on the 22-23 June 2015. Its objectives is to report on the status of the project and to get an overview from all 21 partners on the results achieved so far and on the ongoing work. The mid-term meeting will be followed by a two-days workshop on water quality issues related to MAR activities on 25-26 June 2015 in Faro, Portugal. Between the two meetings there will be a one-day field-trip on 24 June to visit the different MARSOL demonstration sites in the Algarve region.



Figura 3 – Ensaio de traçador nas bacias de infiltração do projeto MARSOL no Algarve

2.4 Vulnerabilidade à intrusão marinha em aquíferos costeiros: método GALDIT para a sua avaliação

O método GALDIT, desenvolvido por Chachadi e Lobo Ferreira (2001), foi aplicado com sucesso à zona costeira do aquífero Quelo-Luanda, permitindo avaliar a faixa litoral potencialmente sujeita a intrusão marinha (cf. <https://www.aprh.pt/9silusba/COMUNICACOES/38.pdf>.) Os mapas GALDIT constituem instrumentos fundamentais de apoio à gestão sustentável dos aquíferos costeiros, no que concerne à protecção dos recursos hídricos subterrâneos contra a intrusão marinha.

3. CONCLUSÕES

Conclusões adaptadas das apresentadas pelo autor ao Workshop Cheias no Cuvelai em Ondjiva no dia 11.07.2012:

1. É muito positivo o interesse do Ministério da Ciência e da Universidade Agostinho Neto de fomentar a investigação aplicada à resolução dos problemas das cheias nas bacias do Cunene e Cuvelai.
2. As soluções dinamicamente implementadas após as cheias de Ondjiva de 2008, integrando a anterior barragem/açude na solução dos diques de protecção, minimizam situações de risco futuras.
3. As apresentações feitas no Workshop de Ondjiva mostram que há dados, estudos e saber disponíveis para concluir a resolução de problemas das cheias do Cuvelai, em Ondjiva.
4. Sugerem-se estudos complementares:
 - a. Análise 3-D da bacia do Cuvelai procurando caracterizar aquíferos suspensos e aquíferos profundos.
 - b. Verificar a capacidade de armazenamento das zonas não-saturadas acima dos aquíferos profundos.
 - c. Analisar as possibilidades de utilização de açudes de recarga artificial (gestão da recarga de aquíferos) por construção de açudes de infiltração em locais de máxima infiltração a montante de Ondjiva.
 - d. Analisar técnicas que mantenham a ecologia das lagoas criadas pelas aquíferos suspensos permitindo a recarga artificial sem perturbação da ecologia regional.
 - e. Analisar as potenciais passagens de recursos hídricos subterraneamente das cabeceiras da bacia do Cunene para a do Cuvelai, tal como sugerido nos estudos do LNEC.
 - f. Estudar o efeito das alterações climáticas nos balanços hídricos das bacias do Cunene e do Cuvelai, nomeadamente as suas implicações nos escoamentos superficiais extremos (cheias) e na recarga de aquíferos.
 - g. Verificar, na atual situação de alterações climáticas, as implicações no ambiente e na socio-economia do Cunene e do Cuvelai.

AGRADECIMENTOS

Ao LNEC, ao Instituto da Cooperação Portuguesa e à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) de Portugal, à Universidade Agostinho Neto, à Comissão Europeia e ao CNPQ (Brasil) pelo co-financiamento dos estudos e projetos apresentados e do apoio às parcerias [Cooperação Internacional em Águas Subterrâneas \(CIAS\)](#) e [Cooperação Internacional para o Semi-Árido \(CISA\)](#).