



INTEGRAÇÃO DE DETECÇÃO REMOTA E SIG NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RECARGA E DESCARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM AQUÍFEROS FRACTURADOS E DETRÍTICOS NO WAKO KUNGO, ANGOLA.

Irina MIGUEL¹, António CHAMBEL², Zoltán VEKERDY³

1. UAN, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, Luanda, ilfmiranda@hotmail.com

2. UE, Universidade de Évora, Departamento de Geociências, Évora, achambel3@gmail.com

3. ITC, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, Twente University, Netherlands, z.vekerdy@utwente.nl

RESUMO

A água subterrânea constitui a maior porção dos recursos de água doce líquida do mundo, entre 97 a 98%.

Em Angola é utilizada em vários centros urbanos das províncias do litoral e nas províncias áridas do Sul, e é uma das principais fontes de abastecimento nas zonas rurais, usada não só para abastecimento público, mas também na irrigação principalmente na agricultura de subsistência.

O presente trabalho tem como objetivo principal processar e analisar imagens ópticas e de radar que cobrem a área de estudo e combiná-las num SIG para identificar padrões de águas subterrâneas em rochas ígneas e em bacias sedimentares na área de Wako Kungo (Cela), na parte central de Angola. Estes dois tipos de aquíferos (fracturados e porosos) foram identificados nas cartas geológicas e em trabalhos de campo na área de estudo. Com a crescente demanda de água, o mapeamento dos recursos de água subterrânea foi aumentado ao longo dos anos. O uso de detecção remota e SIG no mapeamento de águas subterrâneas, é uma das principais ferramentas para o desenvolvimento eficiente e controlado dos recursos hídricos subterrâneos.

Neste estudo, os padrões das águas subterrâneas foram identificados com base em imagens de satélite, modelo de elevação digital (DEM) e dados de campo.

Os resultados mostram que a integração e interpretação de diferentes camadas temáticas tais como lineamentos, drenagem, índice de vegetação e dados de campo, é útil para prever áreas de recarga e descarga e para prever as zonas mais produtivas a pesquisar em caso de necessidade de recurso as águas subterrâneas.

Palavras-Chave: Angola; Detecção Remota (SR); Sistema de Informação Geográfica (SIG); águas subterrâneas.

1. INTRODUÇÃO

Angola possui uma extensa e complexa rede hidrográfica com 47 bacias hidrográficas principais. O censo populacional realizado em 2014 e publicado em 2016 apontava que cerca de 3,5 milhões de pessoas (aproximadamente 19%) têm nas águas subterrâneas a única fonte de abastecimento de água. Apesar de ser considerada um país com grande potencial em recursos hídricos quer superficiais quer subterrâneos, mais de 70% da população rural de Angola não tem acesso a água potável. A água subterrânea é usada para abastecimento doméstico em vários centros urbanos nas regiões costeiras e nas províncias áridas do Sul, nas áreas rurais e, mais recentemente, tem sido usada para pequenos sistemas de abastecimento nas crescentes áreas peri-urbanas sem abastecimento público. (GCBP, 2002). O desenvolvimento económico destas regiões e o bem-estar da população de Angola dependem largamente destes recursos subterrâneos assim, a localização de potenciais zonas de águas subterrâneas, bem como a monitorização e conservação desse recurso torna-se cada vez mais crucial. Com um crescimento populacional de 3,1%, espera-se um aumento óbvio da demanda de água e o problema da escassez de água irá piorar com o tempo, particularmente sob os impactos adversos das mudanças climáticas. Nos países em desenvolvimento, como Angola, a gestão de recursos hídricos tornou-se um problema desafiador. A exploração de águas subterrâneas, no entanto, tem muitos problemas, tais como a escassez de dados e o alto custo da colecta de dados. A água subterrânea em aquíferos de rochas duras está essencialmente confinada às fracturas e horizontes alterados e é também ainda uma importante fonte de abastecimento na área de estudo, e muito utilizada na agricultura de subsistência. A presença de água subterrânea é controlada por muitos factores, como a geologia, a geomorfologia, a drenagem, o declive, a profundidade da camada de alteração, a

presença de fracturas, de corpos de águas superficiais, canais e campos regados, entre outros (Abdelkareem e El-Baz, 2014).

O uso de dados de Observação Terrestre (OE) em Angola é muito promissor, devido à falta de informação sobre o território, à larga extensão do país e às dificuldades na obtenção de dados de campo. Portanto, a integração de levantamentos geológicos e hidrogeológicos com dados de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG) pode contribuir eficientemente para esses estudos.

Uma vez que a informação quantitativa dos recursos hídricos em Angola é deficiente, o principal objectivo deste trabalho é processar e analisar imagens ópticas e de radar que cobrem a área de estudo e combinar esses dados num SIG para identificar áreas de recarga e descarga de água subterrânea nos aquíferos de rochas fracturadas e das bacias sedimentares nos vales.

2. ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Waku Kungo (11°25' 33" S, 15° 06' 10" E) localiza-se no município da Cela, na província do Kwanza Sul (Figura 1) numa zona de planalto acima de 1200 msnm.

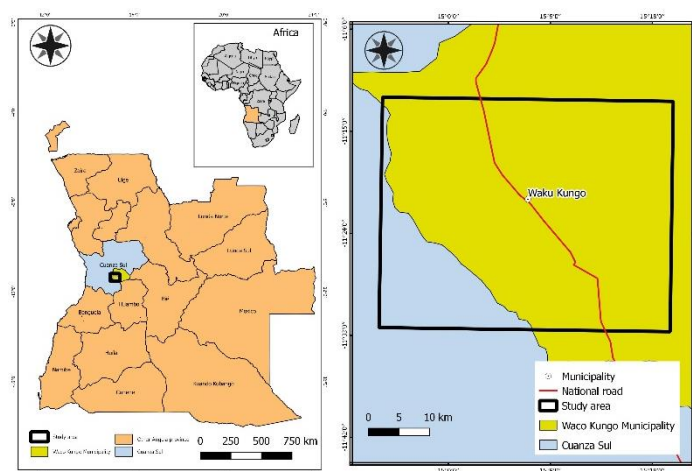


Fig. 1. Localização da área de estudo

Geologicamente a zona de estudo é composta principalmente por rochas eruptivas (graníticas) e formações sedimentares (lateritas e aluviões). De acordo com o mapa geológico de Angola à escala 1: 1.000.000, a idade das formações eruptivas é pré-cambriana. No que concerne às formações sedimentares, elas são datadas do Terciário Médio ao Quaternário.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

As imagens de satélite SPOT-5 e Sentinel-1 selecionadas para este estudo foram adquiridas na estação seca, para evidenciar características relacionadas com a ocorrência de água muitas vezes mascarada pela vegetação. O modelo de elevação digital SRTM3 de 90 m de resolução horizontal está disponível na Global Land Cover (<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>). Neste estudo, o modelo de elevação digital (DEM) foi utilizado para extração da rede de fluxo. A integração de dados de Radar de Abertura Sintética do Sentinel-1 e SRTM foi utilizada neste estudo com apoio do software ArcGIS. Na Figura 3 pode observar-se um fluxograma com todas as etapas realizadas no presente estudo. A combinação falsa cor (RGB) da imagem SPOT 5-Take 5 e a rede de drenagem extraída de forma automática foram utilizadas para validar os fluxos activos (efémeros). As observações de campo (incluindo a localização dos poços e os níveis freáticos) e a geologia foram utilizadas para validar a análise e interpretação das imagens satélite, com o objectivo de prever os melhores locais para acumulação de águas subterrâneas.

3.1. Inventário hidrogeologia e caracterização de pontos de água

Os estudos hidrogeológicos de campo tiveram uma incidência especial no inventário de pontos de água da região, e foram baseados principalmente em furos, poços e nascentes, para entender melhor as características e comportamento da água nos aquíferos.

Foram medidos no campo alguns parâmetros físicos e foram recolhidas amostras de água para análises laboratoriais em pontos selecionados.

Os pontos de amostragem para investigação foram selecionados com base na geologia, na geomorfologia e na representação espacial. Cerca de 34 pontos foram monitorizados no campo e 14 pontos de água foram selecionados para as análises físico-químicas laboratoriais.

3.2. Mapas temáticos

A integração de dados de observação espacial permitiu gerar diversos mapas temáticos tais como geologia, geomorfologia, lineamentos, NDVI, e foram depois integradas em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que permitiu delinear zonas potenciais de recarga e descarga de águas subterrâneas (Chaudary et al., 1996 Kumar e Kumar, 2011). O presente estudo utilizou cinco camadas temáticas para definir a potencialidade da água subterrânea da área de estudo. As diferentes camadas são as seguintes:

Densidade de drenagem

Uma vez que a densidade de drenagem pode indicar indirectamente o potencial de água subterrânea numa área, devido à sua relação com o escoamento superficial e infiltração (Jasrotia et al. 2016), esse factor foi considerado um dos indicadores de ocorrência de água subterrânea.

Densidade de lieneamentos

Os lineamentos foram inventariados com base numa identificação visual em imagem de combinação de falsa cor, fundida com banda VH+VH, para melhorar a interpretação. As zonas de alta densidade de lineamentos foram identificadas como zonas de alto grau de fracturação da rocha, pré-requisito essencial para a infiltração e prospeção de águas subterrâneas (Mogaji et al. 2011).

NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)

Boyer e McQueen (1964) em Mogaji et al. (2011) verificaram a utilidade do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) para detecção de fracturas e falhas, que podem também ser associadas à ocorrência de alinhamentos de vegetação. Os lineamentos digitalizados ao longo de fracturas mostram a concentração de lineamentos relacionados com o potencial de águas subterrâneas no NDVI. Em Angola a análise foi feita usando uma fase em que a vegetação se encontrava seca, de modo a potenciar o uso do NDVI na identificação de vegetação associada a fracturas e à água subterrânea.

4. ÁREAS DE RECARGA E DESCARGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Com base na análise dos parâmetros físico-químicos da água subterrânea obtidos no campo e nas análises laboratoriais, na interpretação do mapa de densidades dos lineamentos, e no mapa de vegetação, e integrando todas observações realizadas no terreno, a interpretação resultante sobre a infiltração e descarga de águas subterrâneas é mostrada na Figura 2. Como esperado nestes tipos de rochas e neste tipo de ambiente geomorfológico, a infiltração ocorre principalmente nas áreas mais altas (aqui formadas por afloramentos graníticos), migrando então para as áreas mais baixas, aqui representadas pelas rochas sedimentares. Ao longo das bordas dos afloramentos graníticos, há sinais claros de descarga directa das rochas ígneas, ou seja, muitas nascentes. Aqui a água proveniente das áreas mais altas descarrega dos afloramentos graníticos para as bacias sedimentares. Nas bacias sedimentares, os rios são as principais estruturas lineares das águas subterrâneas de descarga. Alguma infiltração também ocorrerá nas áreas sedimentares inferiores, neste caso com uma ligação muito curta entre a recarga e as áreas de descarga nos rios. A química também mostra que, como esperado, o tempo de contato das águas subterrâneas com a rocha é mais longo nas formações sedimentares, onde a água infiltrada das áreas graníticas está descarregando, mostrando a ligação entre os dois ambientes hidrogeológicos.

14.º SILUSBA

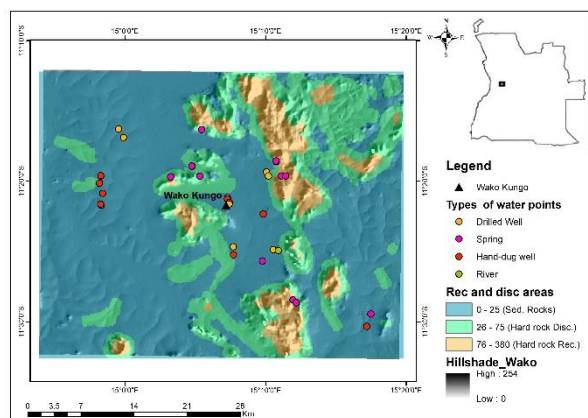


Fig. 2. Mapa das áreas de recarga e descarga de água subterrânea na área de estudo. A recarga do aquífero fracturado ocorre nas áreas mais altas, a descarga ocorre nas bordas dos afloramentos. A descarga principal do aquífero detrítico é a rede fluvial.

5. CONCLUSÕES

Os mapas de densidade de lineamentos foram correlacionados com as localizações de captações e nascentes no Wako Kungo e mostram que os furos mais produtivos estão localizados em zonas de intersecção de fracturas, de nascentes activas e de padrões de paleodrenagem, sugerindo uma relação entre nascentes e actividade tectónica. Interpretação de imagens Spot -5 combinadas com imagens de radar de alta resolução Sentinel-1 mostram que as direcções de lineamentos NW-SE e N-S apresentam as melhores perspectivas de prospecção de água subterrânea. Os resultados sugerem que a elevada intersecção de lineamentos e a sua densidade devem ser combinadas com elementos estruturais pormenorizados para melhor detecção de áreas de recarga e descarga de águas subterrâneas. As áreas de elevada densidade de intersecção de lineamentos são zonas preferenciais para a prospecção de água subterrânea na área de estudo, pelo que se sugere que essas zonas sejam complementadas com mapeamento geofísico pormenorizado, de forma a ter uma avaliação do potencial quantitativo de captação de água subterrânea na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelkareem M, El-Baz F, 2014. Analyses of optical images and radar data reveal structural features and predict groundwater accumulations in the central Eastern Desert of Egypt. *Arab Journal for Geosciences*, 8:2653-2666, DOI: 10.1007/s12517-014-1434-7.
- Chaudhary BS, Manoj Kumar, Roy AK, Ruhail DS, 1996. Applications on remote sensing and geographic information systems in groundwater investigations in Sohna Block, Gurgaon District, Haryana (India). *International archives of photogrammetry and remote sensing*. Vol. XXXI, part B6, pp.18-23, Vienna.
- GCBP, 2002. Compilation of the hydrogeological map atlas for the SADC region: Situation Analysis Report Annex A - Angola. Groundwater Consultants Bee Pee (Pty) Ltd, SRK Consulting (Pty) Ltd, SADC Water Sector Coordinating Unit.
- Kumar. B and Kumar.U., 2011. Ground water recharge zonation mapping and modeling using Geomatics techniques. *International Journal of Environmental Sciences* 1 (7), 1671.
- Jasrotia AS, Kumar A, Singh R, 2016. Integrated remote sensing and GIS approach for delineation of groundwater potential zones using aquifer parameters in Devak and Rui watershed of Jammu and Kashmir, India. *Arab J Geosciences*, 9: 304. DOI 10.1007/s12517-016-2326-9.
- Mogaji KA, Aboyeji OS, Omosuyi GO, 2011. Mapping of lineaments for groundwater targeting in the basement complex region of Ondo State, Nigeria, using remote sensing and geographic information system (GIS) techniques. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*. Vol.3 (7), pp.150-160. ISSN 1991-637X.