

1º Congresso Nacional de Geologia de Mocimboa do Batuque, Maputo, Moçambique, 21 a 24 de Novembro de 2012

## Livro de Resumos e Resumos Alargados

### O5-02 CARTA GEOAMBIENTAL DA REGIÃO DA GRANDE BEIRA, MOZAMBIQUE, ESCALA 1:50.000

L. Quental<sup>(1)</sup>, E. Ramalho<sup>(1)</sup>, E. Daudi<sup>(2)</sup>, M.J. Batista<sup>(1)</sup>, J. Fernandes<sup>(1)</sup>, D. Milisse<sup>(2)</sup>, R. Dias<sup>(1)</sup> & J.T. Oliveira<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Apartado 7586, 2610-999-Amadora Portugal ([lidia.quental;elsa.ramalho;mjao.batista;judite.fernandes;ruben.dias;tomas.oliveira@lneg.pt](mailto:lidia.quental;elsa.ramalho;mjao.batista;judite.fernandes;ruben.dias;tomas.oliveira@lneg.pt))

<sup>(2)</sup> Direcção Nacional de Geologia de Moçambique. Avenida Samora Machel, nº380 - 4º andar, Praça 25 de Junho, Maputo – Moçambique. [exfdaudi@gmail.com](mailto:exfdaudi@gmail.com); [dinomilisse@yahoo.com.br](mailto:dinomilisse@yahoo.com.br);

**Palavras chave:** detecção remota; prospecção geofísica; águas subterrâneas; qualidade de solos e sedimentos; sustentabilidade.

## 1. INTRODUÇÃO

Garantir a sustentabilidade ambiental, integrar os princípios do desenvolvimento sustentável nas políticas e programas nacionais e inverter a actual tendência para a perda de recursos ambientais, foram os princípios orientadores para a elaboração da Carta Geoambiental da Região da Grande Beira, Moçambique (CGRGB). Esta é um complemento à Carta Geológica da mesma área geográfica (Dias *et al.* 2011), incluindo as cidades da Beira e do Dondo, desenvolvidas no âmbito de um projecto de cooperação entre o LNEG, DNGM e IPAD. A CGRGB engloba diversos aspectos ambientais, desde o conhecimento de base da geologia da zona, da ocupação do solo, ao conhecimento intrínseco das zonas com maior potencialidade de obtenção de água potável, até à qualidade ambiental dos solos e sedimentos. Para além de constituir uma cartografia ambiental de base, inclui também uma análise multitemporal no que concerne à evolução do litoral.

## 2. METODOLOGIAS

Para as componentes ambientais que contribuem para caracterizar e prevenir factores de risco nesta área, distinguem-se diferentes métodos e temas (Quental *et al.*, 2011):

### 2.1. OCUPAÇÃO DE SOLO

Para a análise quantitativa do estado e tipo dos ecossistemas naturais e antrópicos elaborou-se uma Carta de Ocupação do Solo, baseada numa imagem de satélite multiespectral (ASTER), capturada em 2007/05/24, e processada no *software* ENVI 4.8. Para estabelecer a distribuição dos elementos superficiais que constituem a área de estudo de uma forma homogénea, recorreu-se a técnicas de realce e combinação de algoritmos incluindo: classificação supervisionada e não supervisionada, algoritmos de compressão, índices de vegetação, quocientes de bandas e análise textural, assim como operadores de morfologia matemática. A nomenclatura utilizada foi a do *Corine Land Cover* (Bossard *et al.*, 2000; Büttner *et al.*, 2006), adaptada à realidade moçambicana, em particular com a introdução da classe mangal. A Unidade Cartográfica Mínima foi de 2250 m<sup>2</sup>. A validação da Carta de Ocupação de Solo foi baseada na interpretação visual de

imagens existentes (Landsat e ASTER) assim como na visualização de imagens do *Google Earth*. As classes mais problemáticas em termos de definição tiveram uma verificação parcial no campo.

## **2.2. PROSPECÇÃO GEOFÍSICA**

A prospecção geofísica efectuada consistiu na utilização de métodos electromagnéticos no domínio frequência (FDEM) com dois objectivos fundamentais: (i) tentar determinar o motivo da ocorrência e a distribuição espacial de água salgada e salobra em furos superficiais de abastecimento público de bairros periféricos e (ii) correlacionar genericamente dados de geoquímica de solos e hidrogeologia com condutividades eléctricas. O equipamento utilizado foi o Geonics EM34-3, da Geonics, Limited, que mede a condutividade eléctrica aparente do solo em mS/m. As campanhas de prospecção geofísica foram realizadas, na maioria, em zonas altamente populosas e georeferenciadas com o GPS CSX da Garmin. Foi efectuada uma modelação geoelectrica 2D no *software* EM34-2D (Monteiro Santos, 2004; 2006), de forma a poder visualizar através de perfis XY a distribuição vertical das condutividades e resistividades eléctricas. Os limites das escalas de resistividades eléctricas obtidas por modelação dos dados de FDEM foram definidos de acordo com as características que poderão ser significativas para cada uma das formações eventualmente presentes, sendo exemplos a unidade Areias do Dondo com água salgada e salobra (resistividades muito baixas) e a Formação de Mazamba (resistividades mais elevadas). Foram também reprocessados dados da ARA-Centro.

## **2.3. QUALIDADE DE SOLOS E SEDIMENTOS**

composição litológica das formações geológicas, a natureza da ocupação humana e os usos do solo e da água podem potenciar a exposição das pessoas aos elementos químicos potencialmente contaminantes. Daí a necessidade de se identificar e quantificar esses elementos químicos através das suas concentrações no solo, onde as actividades humanas se desenvolvem, e em meios mais dinâmicos, como os sedimentos de corrente que podem ser indicadores de dispersão de substâncias. O objectivo foi cartografar os elementos químicos que melhor caracterizem a região através dos locais amostrados do ponto de vista ambiental e geológico, tentando assim definir origens naturais ou de ocupação humana para esses elementos. Foram efectuadas três campanhas de amostragem para colheita de solos, plantas, sedimentos de corrente e de canal. As amostras foram analisadas para vários elementos químicos no Laboratório ACTLABS, Canadá, e vários compostos orgânicos na Agência Portuguesa do Ambiente. Os métodos estatísticos englobaram, para além dos básicos, Análise em Componentes Principais no *software* STATISTICA 6.0 e ArcGis 9.3 de modo a mapear agrupamentos preferenciais de elementos em diferentes meios amostrais em função da ocupação do solo e da geologia.

#### **2.4. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E CLIMA**

Para avaliar a qualidade das águas do aquífero superficial e, eventualmente, o seu grau de contaminação, procurou fazer-se uma caracterização físico-química, tanto quanto possível, completa, com duas campanhas de amostragem em 12 poços. Os critérios subjacentes a esta selecção prenderam-se com a distribuição espacial dos pontos de água pela área de trabalho e o número de pessoas abastecidas pelo ponto de água seleccionado. Mediram-se diversos parâmetros *in situ*. Desenvolveu-se uma metodologia para mapeamento de áreas com maior/menor probabilidade de captar água potável aprisionada nas formações geológicas que teve em conta vários tipos de análise provenientes de outras áreas temáticas: (i) da dinâmica sedimentar do rio Pungué e da região costeira, (ii) topográfica e geomorfológica, (iii) hidrográfica, (iv) da ocupação do solo, (v) hidrogeológica, (vi) da distribuição dos elementos Na, Mg, Br, Sr nos solos, e (vii) geofísica. Relativamente ao clima, o tratamento de dados meteorológicos permitiu efectuar o balanço hidrológico e quantificar os excedentes hídricos para a série completa de 30 anos hidrológicos (1951/1952 e 1980/1981).

#### **2.5. MODIFICAÇÃO DO LITORAL ESTUARINO E COSTEIRO**

O litoral estuarino e costeiro da região da Beira tem sofrido modificações ao longo do tempo, com impactes significativos que implicam medidas mais ou menos imediatas. São exemplos as dragagens no porto, e a construção de esporões transversais à costa na perspectiva de se impedir o avanço do mar. As modificações do litoral condicionam também a ocupação do território, em termos do edificado urbano, da indústria turística e da vegetação costeira, sendo particularmente sensível o mangal, podendo também ter impacte na exploração agrícola costeira, particularmente quando ocorra avanço da cunha salina que conduzirá ao aumento de sal no solo e nas águas, nomeadamente quando este tenha características arenosas, como é o caso da região da Beira. Para a compreensão da evolução dinâmica do litoral recorreu-se ao estudo de folhas topográficas, fotografia aérea das imagens multiespectrais Landsat e ASTER, e das imagens Google 2011.

### **3. RESULTADOS**

A CGRGB contém os seguintes elementos de referência: Carta da Qualidade dos Solos e Águas Subterrâneas, onde, sobre a Carta Geológica à escala 1:100 000, estão lançados os perfis geofísicos, os locais de amostragem de solos, sedimentos e águas subterrâneas, uma linha separadora de duas áreas com distinta qualidade ambiental de solos e águas, e também uma linha que separa duas áreas com diferentes probabilidades de se encontrar água salobra ou água potável em furos com profundidades superiores a 20 m para captação e abastecimento da população; Carta de Ocupação do Solo, onde se distinguem várias classes de ecossistemas naturais e antrópicos; Esquema da Evolução do Litoral Estuarino e Costeiro; Modelos Hipsométrico e Digital do Terreno da região.

As conclusões de cada um destes elementos de referência estão descritos na Notícia Explicativa da CGRGB (Quental *et al.* 2011), na qual se pormenorizam as condições ambientais assim como recomendações de algumas medidas de modo a prevenir ou a mitigar riscos geoambientais.

#### **4. NOTA FINAL**

A CGRGB constitui uma base de referência e ferramenta de trabalho que deverá ser aprofundada no futuro, incorporando outras áreas de investigação, de modo a que o modelo socioeconómico para o desenvolvimento da região assente na economia verde, salvaguardando valores patrimoniais naturais e contribuindo para a saúde e o bem-estar da população. Por via do conhecimento e ordenamento do território pretende-se dinamizar actividades económicas que utilizem os recursos naturais ambientais, reduzir a percentagem de população sem acesso permanente a água potável, adequar o uso do solo em função da sua qualidade, e assim melhorar significativamente a vida de habitantes de bairros degradados.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem aos colaboradores Gracio Cune, Gabriel Balate, Ussene Ussene e Almiro Magaia da DNGM. O Projecto “ Cartografia Geológica e Geoambiental da Região da Grande Beira” muito beneficiou também da colaboração das seguintes entidades: Ordenador Nacional do Ministério dos Negócios Estrangeiros e Cooperação, Administração do Porto da Beira, empresa estatal Água Rural, delegação da Beira, empresa Mundágua, e ao Instituto Nacional de Meteorologia de Moçambique. Ao Director Provincial de Recursos Minerais e ao hidrogeólogo Marcos MPonda, da ARACentro, agradecem-se os diferentes contributos.

#### **REFERÊNCIAS**

- Bossard, M.; Feranec, J. & Otahel, J. (2000) Corine Land Cover technical guide-addendum 2000. Technical report nº40. Copenhagen, European Environment Agency. Available online at: <http://reports.eea.eu.int/tech40add/en/tech40add.pdf> (last accessed February 19, 2009).
- Büttner, G.; Feranec, G. & Jaffrain, G. (2006) CORINE land cover nomenclature illustrated guide-Addendum.
- Dias, R., Oliveira, J. T., Milisse, D., Ussene, U., Pereira, A., Muchibane, A., Cune, G., Manhiça, V., Balate, G. (2011) Carta Geológica da Região da Grande Beira, Moçambique, escala 1:50.000 Versão em formato digital. LNEG.
- Monteiro Santos, F. A. (2004) 1-D laterally constrained inversion of EM34 profiling data. *Journal of Applied Geophysics*, 56, 123-134.
- Monteiro Santos, F. A. (2006) Instructions for running EM34-2D and EM34-3D. V.1.0.
- Quental, L., Ramalho, E., Daudi, E., Batista, M.J, Fernandes, J., Milisse, D., Dias, R., Oliveira, J.T., com a colaboração de Cune, G., Balate, G., Ussene, U., Magaia, A. (2011) Carta Geoambiental da Região da Grande Beira, Moçambique, escala 1:50000 e Notícia Explicativa. Versão em formato digital. LNEG.