USO DA ESPECTRORRADIOMETRIA NO ESTUDO DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES NOS ESPELHOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SALVADOR (PLURIS 2016)

D. C. C. Júnior, E. M. M. Moares, F. R. Mello, I. F. Ramos, W. C. Guimarães

RESUMO

Os represamentos de água formados por barragens no Parque Metropolitano de Pituaçu e na APA Bacia do Cobre/São Bartolomeu são importantes espelhos d'água do município de Salvador. O armazenamento propiciou a utilização das águas para irrigação agrícola, abastecimento humano e espaços públicos de lazer. Como consequência das ações antrópicas no parque e em seu entorno, grande quantidade de macrófitas aquáticas surgem sobre as águas da lagoa. Essas são conhecidas como vegetais que habitam brejos e ambientes submersos, e podem atuar como bioindicadoras tanto do estágio trófico quanto do estágio sucessional do ecossistema aquático. Neste sentido, esse artigo tem como objetivo, identificar a espacialização das macrófitas aquáticas nas lagoas através da utilização das geotecnologias, como primeira etapa desta pesquisa que está em andamento. Para tanto, utilizou-se de imagens de satélite orbital, assinaturas espectrais e empregou-se técnicas de classificação hiperespectral e multiespectral para a análise da quantidade de área cobertas por macrófitas aquáticas nos espelhos d'água do município de Salvador.

Palavras-chave: macrófitas aquáticas, sensoriamento remoto, espectrorradiometria e assinatura espectral.

1 INTRODUÇÃO

Os espelhos d'água do Parque Metropolitano de Pituaçu e da APA Bacia do Cobre/São Bartolomeu - localizados em Salvador – possuem, aproximadamente, 200 e 44,05 hectares de área (Figura 1) e tinham como função abastecer a cidade de Salvador, de acordo com o sistema de planejamento da cidade elaborado em 1907. Entretanto, como consequência das ações antrópicas no entorno dessas áreas – desmatamento, lançamento de esgoto doméstico e lixo – provenientes da presença de pequenas produções agrícolas de subsistência, residências, sítios e chácaras sem saneamento básico, essas águas já não cumprem o papel de abastecer a cidade. Atualmente, são utilizadas como espaços públicos de lazer - recreação, pesca e atividades esportivas – e culto religioso – particularmente na APA Bacia do Cobre/São Bartolomeu.

Conhecidas como vegetais que habitam brejos e ambientes submersos, e que podem atuar como bioindicadoras tanto do estágio trófico quanto do estágio sucessional do ecossistema aquático, grande quantidade de macrófitas aquáticas surgiram nos espelhos d'água, resultantes da poluição.

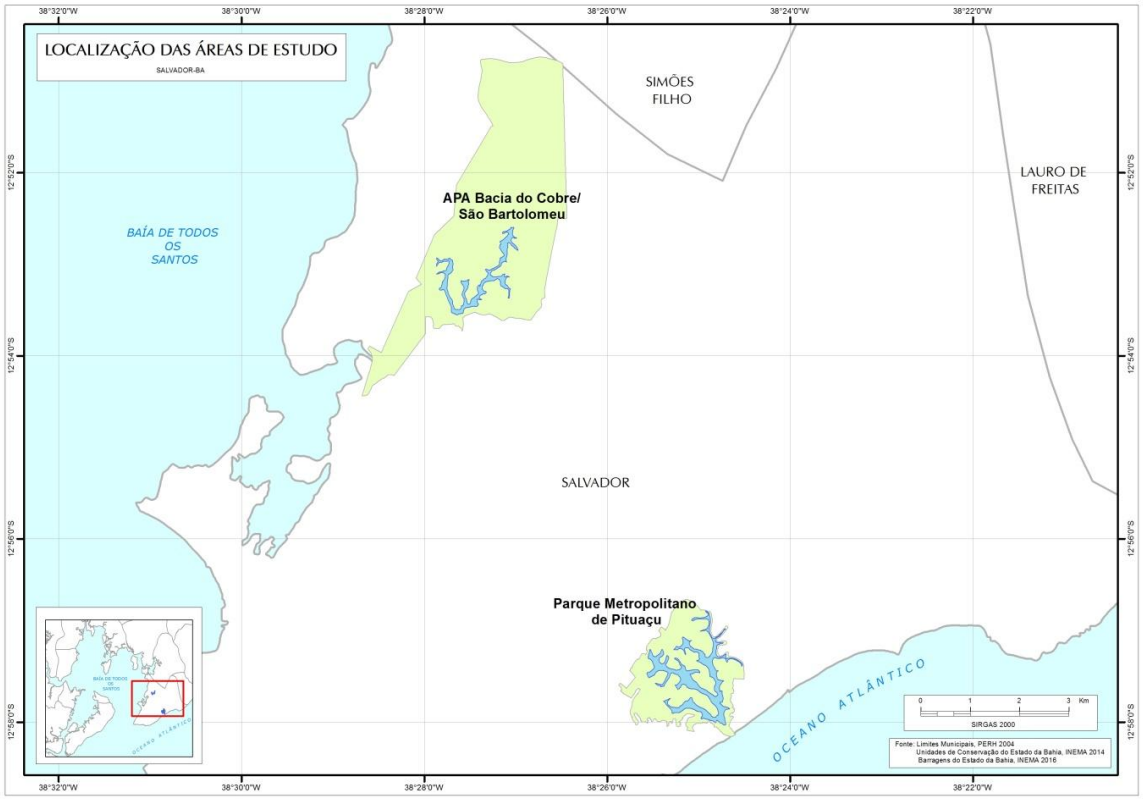

Fig. 1 Localização da área de estudo

Entre os vários conceitos sobre as macrófitas, Noernberg (1996) as define como seres vivos classificados dentro do reino vegetal como herbáceas especializadas. São herbáceas porque não possuem madeira e denominam-se especializadas porque estão adaptadas a viver dentro da água ou em solos saturados por ela. Já Irgang e Junior (1996) definem macrófitas aquáticas como vegetais visíveis a olho nu cujas partes fotossintetizantes ativas estão permanentemente ativas, ou por diversos meses, todos os anos, total ou parcialmente submersas em água doce ou salobra, ou ainda flutuante na mesma. Desenvolvem-se em ambiente alagadiço, nas regiões de transição solo/água, chamadas de “wetlands naturais”, na fronteira ente a água e o ambiente terrestre (MARQUES, 1999).

Devido à variedade de diferentes biótipos, as macrófitas aquáticas são divididas em cinco grupos – macrófitas emersas, macrófitas com folhas flutuantes, macrófitas submersas livres, macrófitas submersas enraizadas e macrófitas flutuantes - que, de acordo com suas características específicas, indicam o grau de poluição e algumas contribuem com a despoluição das águas.

Segundo Thomaz e Bini (2003), o crescimento excessivo desses vegetais é resultante das atividades humanas que aumentam a disponibilidade de nutrientes nos corpos d’água, especialmente nitrogênio e fósforo, propiciando condições favoráveis ao seu desenvolvimento cobrindo extensas áreas. Esta proliferação resulta no processo de eutrofização e causa grande desequilíbrio ambiental, além de impedir a múltipla funcionalidade dos corpos d’água que ficam impossibilitados de servir às atividades esportivas como canoagem, pesca e outras atividades de lazer.

O monitoramento da vegetação aquática possibilita sopesar a evolução das comunidades e determinar o potencial de danos conexos a essas populações. Portanto, entende-se que, no estágio atual do projeto é possível identificar a presença de macrófitas aquáticas nos espelhos d'água da cidade de Salvador e, com o avanço do cronograma e a aplicação da metodologia, será possível observar estágios tróficos de áreas lacustres compreendendo seu comportamento e dinâmica através da utilização das geotecnologias.

As tecnologias para aquisição de dados e informações por meio de sensores remotos, seu armazenamento e manipulação através dos SIG fazem parte do universo das Geotecnologias, que compreendem na atualidade importantes ferramentas para análises espaciais de fenômenos ambientais em diversos estudos, como os de Câmara *et al.* (1996). Dada a dimensionalidade do município de Salvador, o uso das Geotecnologias constitui um enorme potencial, principalmente pela velocidade na aquisição de dados e geração de informações, e pelo custo relativamente baixo. Silva (2003) define Geotecnologias com sendo a arte de estudar a superfície terrestre e adaptar as informações as necessidades dos meios físicos, químicos e biológicos, fazendo parte de seu arcabouço o Sensoriamento Remoto, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), a Geoestatística e, dentre outros, o Sistema de Posicionamento Global (GPS).

As Geotecnologias são comumente utilizadas na avaliação de riscos, no estudo da vulnerabilidade e no mapeamento de fenômenos espaciais. Produzindo informações em pouco tempo e com elevada acurácia. Nessa perspectiva, o emprego do Sensoriamento Remoto (SR) permite o desenvolvimento de uma abordagem metodológica compatível com a dimensão espacial e temporal do fenômeno observado nesta pesquisa. A partir da análise das interações existentes entre as variáveis de um dado fenômeno espacial, possibilitada pela utilização das Geotecnologias, modelos preventivos podem ser elaborados, dando suporte às tomadas de decisões.

Esse artigo visa apresentar um esforço inicial para o mapeamento de comunidades de macrófitas aquáticas presentes sobre os espelhos d'água do Parque Metropolitano de Pituaçu e da APA Bacia do Cobre/São Bartolomeu, no município de Salvador-BA, através da sinergia entre espectroscopia de refletância e imagens orbitais. Esse trabalho justifica-se pelos crescentes avanços do Sensoriamento Remoto in situ e com os resultados satisfatórios encontrados na união entre dados coletados em campo e as imagens do sensor Rapideye. Exemplo disso são as melhorias realizadas nas pesquisas mineralógicas e nos mapeamentos a partir de imagens hiperespectrais (espectroscopia de refletância e espectroscopia de imageamento). Assim esse trabalho justifica-se por tentar trazer às pesquisas voltadas para detecção e monitoramento, o desenvolvimento de diferentes métodos para o estudo e compreensão desta problemática.

2 PROCEDIMENTOS, FERRAMENTAS E MATERIAIS

2.1 Software

ENVI 5.0

2.2 Materiais

i. Dados vetoriais (PERH, 2004; INEMA, 2014; INEMA, 2016)
ii. Espectroradiômetro portátil FieldSpec® 3 Hi-Res (450-2500nm) / A100590

iii. Imagens da plataforma Rapideye: 5 metros de resolução espacial, 5 canais espectrais (Blue, Green, Red, Red-Edge, Infravermelho Próximo) e resolução radiométrica: 12 bits.

2.3 Procedimentos

As imagens nativas dos satélites Rapideye possuem uma banda chamada Red-Edge, especificamente desenvolvida para diferenciação da vegetação, situada numa faixa do espectro eletromagnético que tem alta correlação com a fluorescência da clorofila, e pode inclusive ser utilizada para discriminar com mais detalhe e precisão, tipos diferentes de vegetação e de uso e cobertura do solo, a partir de 4096 níveis de cinza, obtidos através dos 12 bits de resolução radiométrica. Para esse trabalho foram utilizadas cenas de 2011, cedidas pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), mediante oficio e termo de cessão. Os dados matriciais passaram por processamentos largamente conhecidos no meio cientifico, os quais aumentam a possibilidade de extração de informações espectrais: Correções geométricas e atmosféricas, recorte e máscara.

Os dados espectrais foram obtidos utilizando o espectrorradiômetro portátil FieldSpec® 3 Hi-Res (450-2500nm) / A100590 do laboratório de espectrorradiometria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM), localizado Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Os dados foram coletados em campo, a partir de visitas a diversos pontos do espelho d'água do Parque de Pituaçu. Foram 7 pontos amostrais no total e em cada ponto fez-se em média 5 coletas. Os pontos 6 e 7 foram feitos com a sonda de contato, com iluminação artificial e sem interferência atmosférica. Os demais pontos foram feitos com a pistola, utilizando iluminação natural (o sol) e com interferência atmosférica.

A partir da coleta das informações iniciou-se a etapa de tratamento e organização das curvas espectrais. Essa etapa teve como premissa a criação de uma biblioteca com os espectros mais significativos das amostras coletadas (Figura 2).

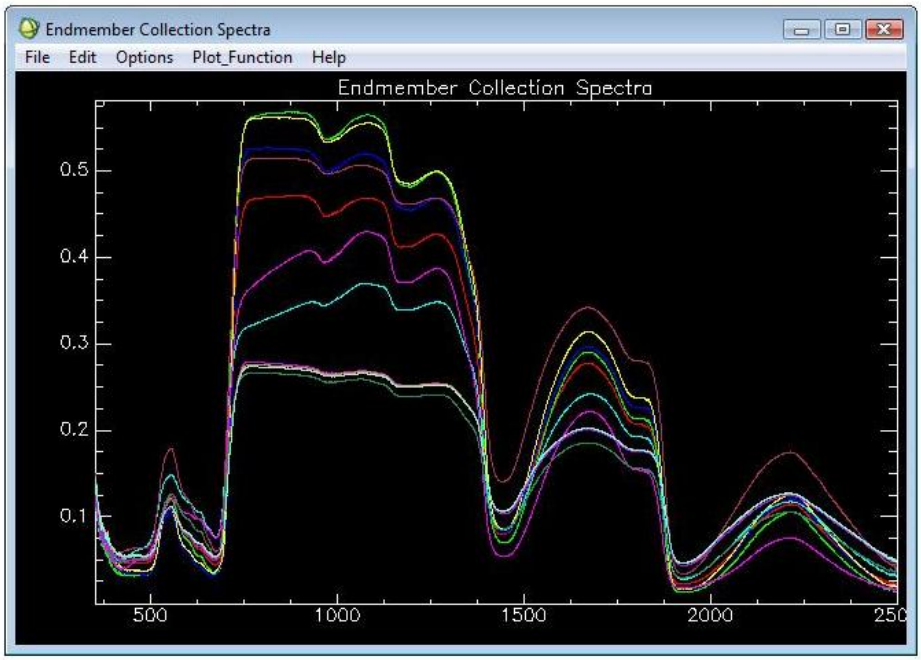

Fig. 2 Espectros de refêrencias representativos dos pontos de coleta

Para classificação espectral e sinergia de dados foi escolhida a técnica Spectral Angle Mapper (SAM) disponíveis no software ENVI 5.1, no entanto os pixels da imagem devem estar previamente convertidos para reflectância real (HOFF 2002, SENNA 2003 e DUCART 2004), as bandas da imagem orbital são exportadas e transformadas de radiância para reflectância, produzindo novas imagens de reflectância, bem como as assinaturas espectrais devem estar ajustadas com a resolução espectral do sensor.

A partir da biblioteca espectral e da imagem orbital foi elaborada uma classificação que evidenciasse os locais e a quantidade de macrófitas aquáticas na lagoa do Parque Metropolitano de Pituaçu. As curvas espectrais são interpoladas para a resolução da imagem orbital, para possibilitar a integração. A partir das técnicas é obtida uma imagem classificada contendo classes que representam as amostras coletadas.

O Spectral Angle Mapper (SAM) é uma técnica de classificação de imagens hiperespectrais, que pode ser adaptada a imagens multiespectrais. O SAM utiliza um ângulo n-D pixels para corresponder com o espectro de referência. O algoritmo determina a similaridade espectral entre dois espectros calculando o ângulo entre os espectros e defini-os como vetor em um espaço dimensionalidade igual ao número de bandas (Figura 3). Esta técnica, quando usada em dados de reflectância calibrada, é relativamente insensível à iluminação e efeitos albedo (CROSTA, 2006).

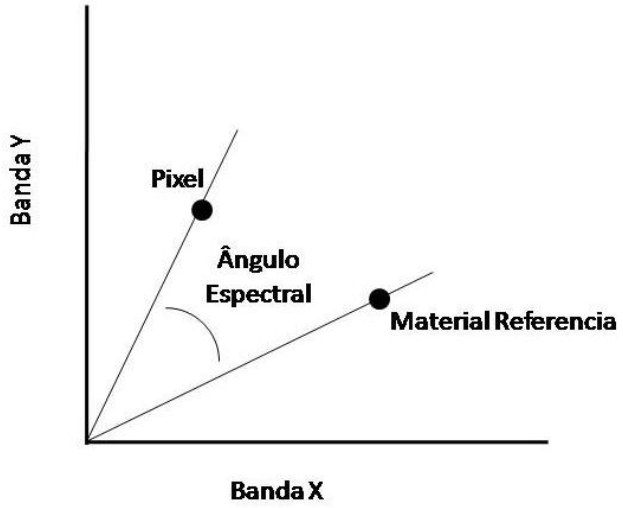

Fig. 3 Diagrama da técnica de mapeamento do angulo espectral (SAM)
Fonte: adaptação do autor baseado em RSI (2009)

Consiste em calcular o quão similares espectralmente são os espectros de referência e os espectros de reflectância dos pixels da imagem. (DUCART, 2007). O SAM é uma técnica que compara espectros de imagens a espectros individuais ou a bibliotecas espectrais expressada na Equação (1).

$$\Theta = cos^{-1}\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} t_i \ r_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} t_i^2 \ \sum_{i=1}^{n} r_i^2}}\right) \quad (1)$$

Onde:
Θ : ângulo entre os espectros

t: pixel l
r: espectro de referência.
i: banda

Posterior à utilização da classificação e detecção de mudanças, foi realizada análise e interpretação dos resultados. Para cumprir com o objetivo da pesquisa, foi ponderado o quanto a área de macrófitas expandiu na lagoa além de permitir determinar o grau de poluição da mesma a partir da identificação dos biotipos de macrófitas presentes.

3 RESULTADOS

A partir da identificação das macrófitas aquáticas existentes na lagoa e conhecendo seu comportamento espectral (Figura 4), foram empregadas técnicas de interpretação e classificação que viabilizam da melhor forma a quantificação de diferentes tipos de macrófitas nos espelhos d'água, a partir de imagens de satélite. Para isso, utilizou-se de dados matriciais, imagens orbitais Rapideye, com resolução espacial de 5 metros que permitem a realização de análises espaciais na escala de 1:25.000.

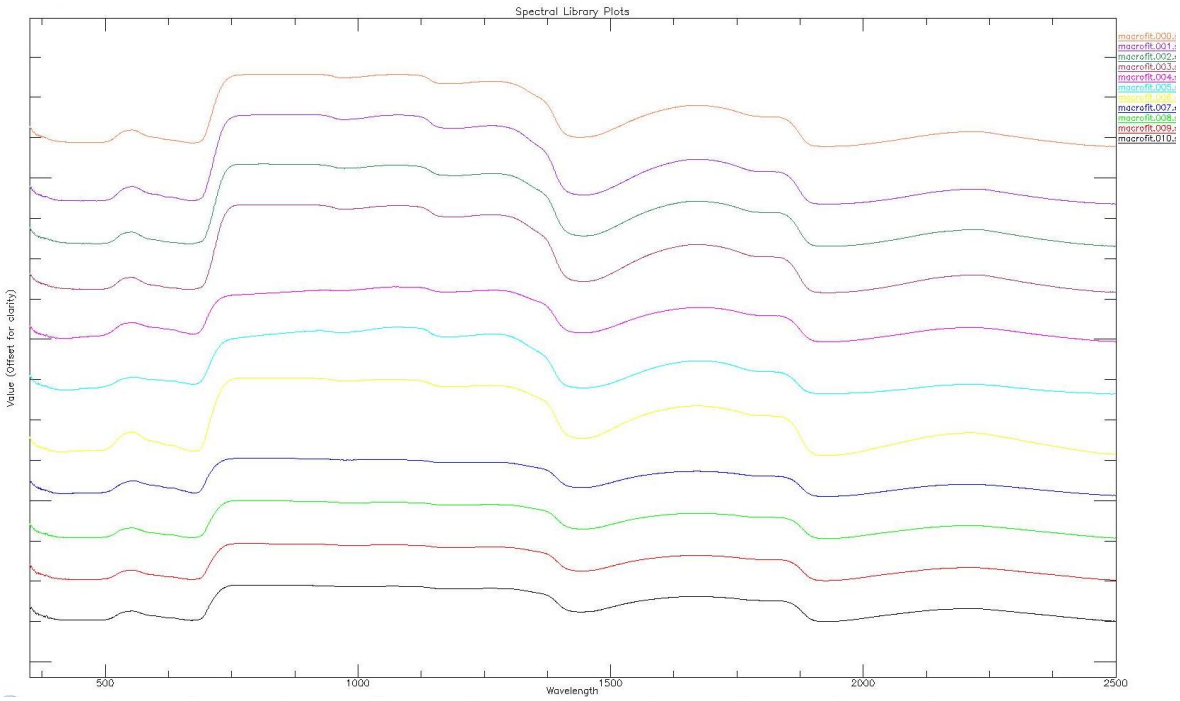

Fig. 4 Espectros coletados de macrófitas aquaticas

Na figura 5 observa-se o resultado da sinergia entre os espectros referência das macrófitas e imagens do sensor Rapideye. Percebe-se que grande parte da área do lago esta coberta por essa espécie vegetal, um total de 24 hectares foi a área quantificada a partir da aplicação da técnica. Uma observação minuciosa na sobreposição desses resultados, expõe que algumas áreas cobertas por algum tipo de vegetal não foi identificada nos resultados. Isso é algo que denota a necessidade da continuação dos resultados, haja vista que tais espécies não quantificadas podem ser macrófitas e assim, os esforços para novas coletas de espectros em situ devem ser implementados. A figura 6 traz os resultados obtidos na APA Bacia do Cobre/São Bartolomeu. A equipe técnica resolveu aplicar a sinergia de dados (espectros coletados em Pituaçu e imagens Rapideye) para á área da APA, haja vista que

foi uma área projetada para o abastecimento da cidade de Salvador e hoje encontra-se coberta por macrófitas. Os resultados evidenciam que mais de 12 hectares estão cobertos por elas.

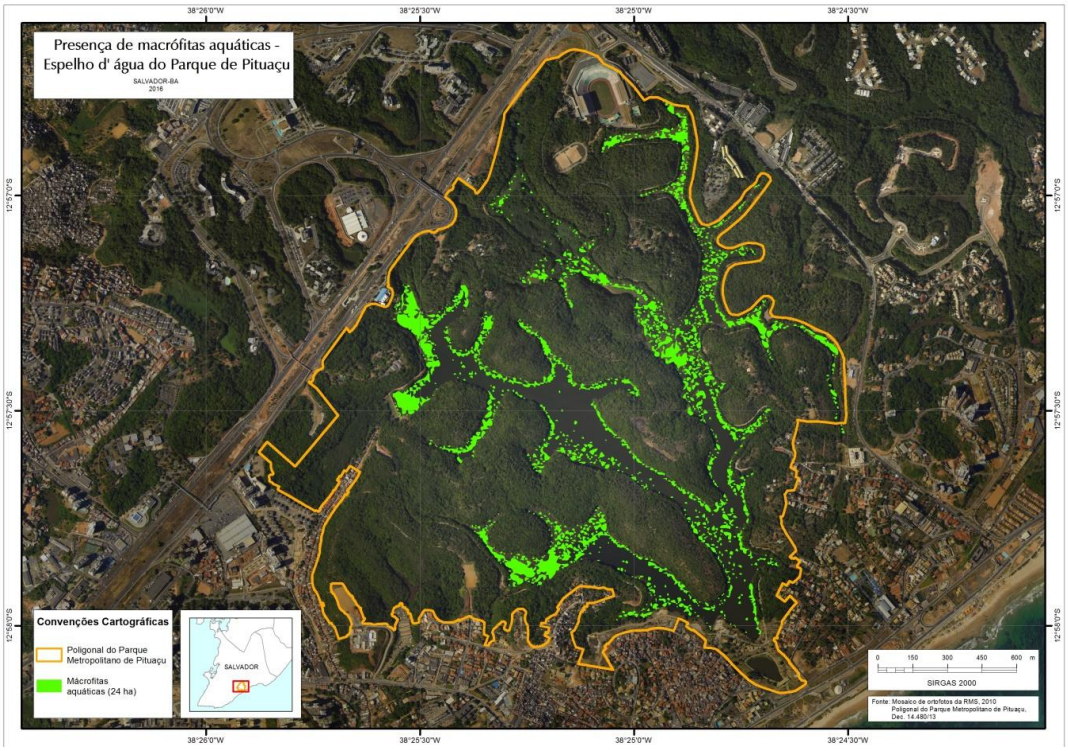

Fig. 5 Espacialização de macrofitas aquaticas no espelho d'água no Parque de Pituaçu

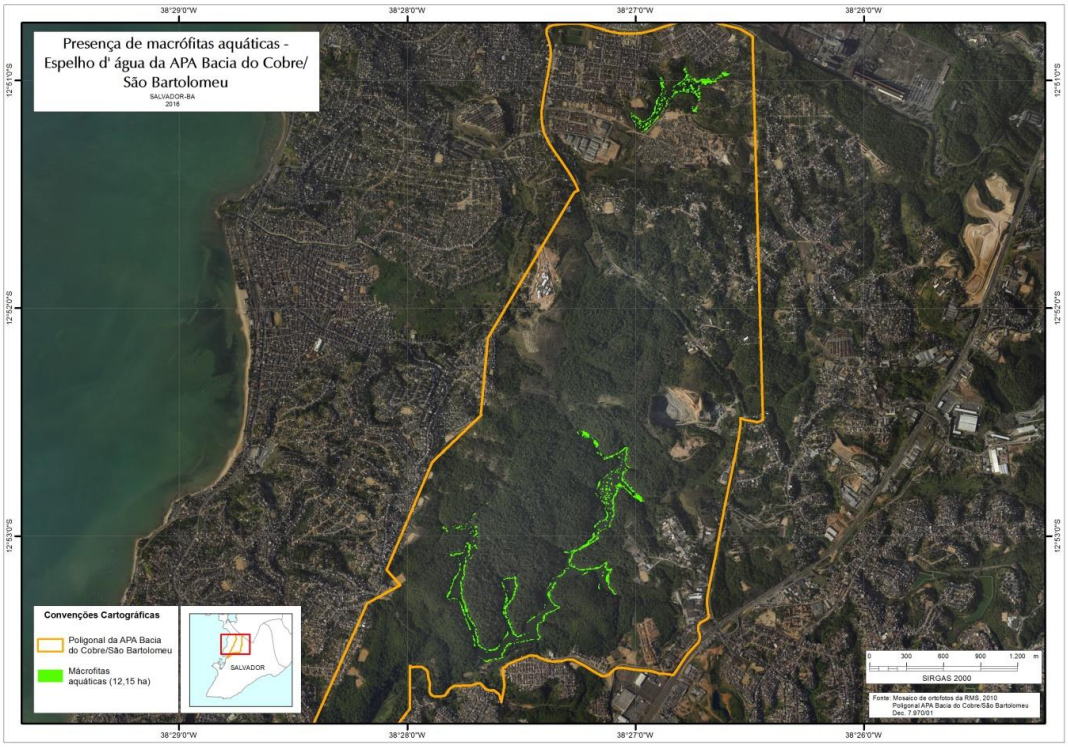

Fig. 6 Espacialização de macrofitas aquaticas no espelho d'água da APA Bacia do Cobre/ São Bartolomeu

O conhecimento sobre as assinaturas espectrais das macrófitas aquáticas permitiu identificar a espacialização dessas presentes na lagoa. Esta identificação é necessária devido ao fato de que cada diferente grupo de macrófitas aquáticas pode indicar o estágio trófico do ecossistema aquático e ainda permite discriminar os diferentes tipos de macrófitas através da análise do comportamento espectral utilizando a espectrorradiometria.

4 CONCLUSÃO

A extração de informações contidas em imagens, multi ou hiperespectrais, fundamenta-se no conhecimento sobre como cada objeto sensoriado comporta-se com relação aos fenômenos de absorção, emissão e reflexão da REM com eles interagida, permitindo, então, analisar os componentes e as condições do objeto estudado. Estas características tornam a espectrorradiometria uma importante ferramenta nas mais diversas áreas do planejamento ambiental e possibilitará dar continuidade às pesquisas, às quais são necessárias para um estudo mais complexo sobre as macrófitas aquáticas. Portanto, para continuidade dessa pesquisa, serão capturados espectros de diferentes grupos de macrófitas, o que permitirá a observação do estágio trófico do ecossitema aquático.

5 REFERÊNCIAS

Câmara, G., Casanova, M. A., Hemerly, A. S., Magalhães, G. C. e Medeiros, M. B. (1996) **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**, CNPq/MCT, Rio de Janeiro.

Crosta, A. P. (2006) **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**, Instituto de Geociências/UNICAMP, Campinas.

Ducart, D. F. (2004) **Caracterização da alteração hidrotermal associada às ocorrências auríferas de los Menucos, Argentina, por meio de técnicas de espectroscopia de reflectância**, UNICAMP, Campinas.

Ducart, D. F. (2007) **Alteração hidrotermal do prospecto aurífero Cerro La Mina, Los Menucos, Patagônia Argentina: geologia, sensoriamento remoto e isótopos estáveis**, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Hoff, R. (2002) **Integração de dados geológicos de sensoriamento remoto, espectrorradiométricos e geofísicos aplicados à prospecção de depósitos filoneanos de fluorita hidrotermal no sudeste de Santa Catarina**, UFRGS, Porto Alegre, 2002.

Irgang, B.; Junior, C. G. (1996) **Macrófitas aquáticas da planície costeira do Rio Grande do Sul**, UFRGS, Porto Alegre.

Marques, D. M. (1999) **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**, ABES, Rio de Janeiro, p. 409-435

Noerberg, M. A. (1996) **Discriminação de plantas aquáticas utilizando dados SAR multipolarimétricos na Banda C**, INPE, São José dos Campos – SP.

Senna, J. A. (2003) **Caracterização de argilo-minerais de utilização na industria cerâmica por espectroscopia de reflectância**, Instituto de Geociências, UNICAMP, Campinas-SP.

Thomaz, S. M., Bini, L. M. (2003) **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**, EDUEM, Maringá.