

CARTOGRAFIA APLICADA À ANÁLISE GEOAMBIENTAL: UM ESTUDO DE CASO COM FOTOGRAFIAS AÉREAS DE PEQUENO FORMATO NO LAGAMAR DO RIO COCÓ – FORTALEZA – CEARÁ

Renato Caetano de Souza¹

Adryane Gorayeb²

Ronaldo Caetano de Souza³

Edson Vicente da Silva⁴

RESUMO

Atualmente, o mapeamento continua sendo um produto que despende tempo e requer considerável desembolso financeiro, mesmo considerando-se o avanço e a disseminação das técnicas cartográficas. Assim, a fotografia aérea de pequeno formato se apresenta como solução para a obtenção de um produto cartográfico de boa qualidade e se enquadra em orçamentos mais modestos, inclusive de pessoas físicas, empresas particulares e gestores de pequenos municípios. A técnica apresentada pode ser utilizada como suporte para o planejamento urbano e no auxílio para a análise de impactos ambientais, uma vez que levanta dados atualizados das áreas de interesse. O presente trabalho tem como principal finalidade a demonstração do uso de fotografias aéreas de pequeno formato para a atualização de plantas cadastrais em áreas de até 4.000ha, com relevo predominantemente plano. Foi definido como área de estudo o ambiente de lagamar do rio Cocó (baixo curso), localizado na cidade de Fortaleza, capital do Ceará. A qualidade do produto foi verificada utilizando o *software ERDAS Imagine*, de modo a identificar a acurácia dos pontos e a grandeza dos erros mensuráveis. Finalmente, vale ressaltar que a presente técnica tem suas limitações e não deve ser confundida com aerofotogrametria.

¹ Bacharel em Geografia, Universidade Federal do Ceará (UFC).

² Doutora em Geografia, Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Rio Claro.

³ Engenheiro Cartógrafo, Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

⁴ Doutor em Geografia, Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Rio Claro.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, fotografia aérea de pequeno formato, análise geoambiental, rio Cocó.

ABSTRACT

Currently, the mapping is a product that spends time and requires considerable financial disbursement, even considering the advancement and dissemination of cartographic techniques. Thus, the small format aerial photography is presented as a solution to obtain a cartographic product of good quality and comes in more modest budgets, including individuals, private companies and managers of small municipalities. The technique presented can be used as support for urban planning and the aid for the analysis of environmental impacts. This work has as main purpose to demonstrate the use of aerial photographs in small format for updating records of plants in areas of up to 4.000ha with predominantly relief plan. Was defined as the study area of the environment of the river Cocó (lower part of the river), located in the city of Fortaleza, capital of Ceará. The quality of the product was verified using the software Erdas Imagine, in order to identify the accuracy of the points and the magnitude of errors measurable. Finally, it emphasized that this technique has its limitations and should not be confused with Aerial Photography.

Key-words: Remote Sensing, small format aerial photography, analysis environmental, Cocó river.

1. Introdução

A confecção de produtos cartográficos pelo método aerofotogramétrico fornece produtos de reconhecida qualidade geométrica. As fotografias aéreas podem ser obtidas em diversas escalas, de acordo com a finalidade de seu provável uso. Para a elaboração de um mapeamento mais preciso, como cadastros de áreas urbanas, são utilizados vôos em altitudes relativamente mais baixas para que as fotos sejam obtidas em escalas maiores, no intervalo de 1: 4.000 a 1: 10.000. Por outra parte, em áreas rurais os vôos

são normalmente efetuados em altitudes mais elevadas com vista à obtenção de produtos nas escalas de 1: 15.000 a 1: 40.000 (AMORIM, 1993).

Em contrapartida, os modernos sensores de alta resolução, como *Ikonos*, *Quickbird*, *Eros*, *CBERS-2* e *SPOT 5* fornecem produtos com excelentes resoluções e em um curto espaço de tempo, permitindo uma periodicidade razoável na obtenção das informações. As escalas de mapeamento variam em função de cada satélite. O *Ikonos*, por exemplo, pode chegar até a 1: 2.500, enquanto o *Landsat 7 ETM+* mapeia feições terrestres em escalas menores de 1: 50.000 (ROSA, 1995).

Porém, mesmo com o avanço e a disseminação das técnicas cartográficas, o mapeamento continua sendo um produto que despense tempo e requer considerável desembolso financeiro.

Neste contexto, a fotografia aérea de pequeno formato se apresenta como uma possível solução para a obtenção de um produto cartográfico de boa qualidade e que se enquadra em orçamentos mais modestos, inclusive de pessoas físicas e empresas particulares.

Assim, o recobrimento aéreo com fotografias de pequeno formato pode ser utilizado para atualizar a base cartográfica de uma determinada área e elaborar mapas temáticos. Deste modo, o método de obtenção de produto cartográfico a partir de fotografias aéreas não-métricas dá suporte ao planejamento urbano e auxilia as análises ambientais, tendo como principal vantagem o curto período de tempo para obtenção e o baixo custo de execução do projeto.

O presente trabalho tem como principal finalidade a demonstração do uso de fotografias aéreas de pequeno formato para a atualização de plantas cadastrais e o estudo ambiental de áreas com até 4.000ha, com relevo predominantemente plano. Para tanto, definiu-se como área de estudo o ambiente de lagamar do rio Cocó (baixo curso da bacia), localizado na cidade de Fortaleza, entre os bairros Aerolândia e Jardim das Oliveiras. A área selecionada reuni vantagens como proximidade e disposição de materiais para realização da pesquisa. Ademais, atualmente, os aspectos ambientais e sociais do rio Cocó estão sendo discutidos por diferentes segmentos da sociedade fortalezense, em especial os órgãos de pesquisa e as instituições ambientais (governamentais e não-governamentais). Deste modo, a presente pesquisa pretende dar uma pequena contribuição aos debates técnicos, inserindo novos dados cartográficos ao conhecimento científico.

2. Localização da Área de Estudo

A área de estudo possui 446 hectares e abrange o Lagamar do rio Cocó, na cidade de Fortaleza, situado entre os bairros Jardim das Oliveiras e Aerolândia, nas seguintes coordenadas UTM (zona 24): NW – 554414.30E, 9584338.67N; NE - 555107.29E; 9584338.67N; SW – 554414.30E; 9583666.23N e SE - 555107.41E; 9583666.23N (Figuras 1 e 2). O lagamar situa-se na planície flúvio-marinha do rio Cocó, que possui uma largura média local de 300m durante o período seco e dista cerca de 12,5km da foz, entre as praias Caça e Pesca e Sabiaguaba (litoral leste da cidade de Fortaleza).

Os ambientes naturais do Cocó estão sujeitos de forma intensa à atividade humana, que intervém significativamente por meio de construções de domicílios, vias urbanas, equipamentos públicos e empreendimentos comerciais. Estes equipamentos urbanos interferem diretamente nos processos sedimentares, morfológicos, ecológicos e oceanográficos da região.

Historicamente, desde 1933 o Lagamar do rio Cocó concentra moradias de baixa renda e, atualmente, possui uma série de problemas ambientais e sociais decorrentes da falta de planejamento urbano, devido, principalmente, ao crescimento demográfico e à execução inadequada de projetos estruturais, como saneamento básico, drenagem de obras fluviais, construção de moradias populares e outras formas de ocupação.

3. Metodologia

3.1. Análise Geossistêmica e Definição das Unidades Geoambientais do Lagamar do Rio Cocó

Como embasamento teórico-metodológico para a definição das unidades geoambientais do Lagamar utilizou-se a análise dos geossistemas, desenvolvida a partir da Teoria Geral dos Sistemas (Bertalanffy, 1977), que relaciona as diversas combinações entre os fatores biológicos e o potencial ecológico, bem como as relações destas variáveis com as ações e resultantes sociais. Para tanto, tomou-se como base as obras de Bertrand (1969), Sotchava (1977), Christofolletti (1979) e Silva (1993), com destaque para este último autor.

Algumas das ações que devem ser efetivadas para concretizar uma análise integrada do ambiente são:

- 1) avaliar os aspectos geoambientais (geologia, geomorfologia, clima, hidrografia, solos, vegetação e fauna),
- 2) analisar os fatores socioeconômicos da área estudada,
- 3) identificar as condições de uso e ocupação do solo e
- 4) verificar implicações derivadas da ocupação, promovendo um esboço de zoneamento.

3.2 Obtenção de Informações Cartográficas por meio de Fotografias Aéreas Não-Métricas de Pequeno Formato

A obtenção das informações cartográficas por meio de fotografias aéreas não-métricas de pequeno formato foi possível a partir do planejamento e da execução do voo, do apoio terrestre e dos trabalhos de gabinete: i) montagem do mosaico fotográfico, ii) vetorização das feições e iii) formatação e avaliação da qualidade cartográfica.

Como embasamento metodológico foram utilizados os seguintes trabalhos: Disperati (1991), Lima; Loch (1998) e Disperati; Amaral; Schuler (2007).

3.3 Planejamento e Execução do Voo

O processo de obtenção das imagens inicia-se com o planejamento do voo. Para efetuar esta etapa foi necessária a utilização de um mapa georreferenciado da área objeto de análise para a determinação das faixas de voo e do número de fotografias a serem obtidas.

Em relação ao horário do sobrevoo, priorizaram-se períodos do dia que a incidência de sombras fosse menor, em geral, horários próximos ao meio-dia. As imagens fotográficas deviam estar livres de nuvens, efeito de arrasto e halos.

3.3.1 Especificações da Aeronave

Para o recobrimento aéreo, foi utilizada para a pesquisa uma aeronave com asa alta, de maneira que esta não interfira na tomada das fotografias (Figura 3). Em áreas

pequenas ($\leq 2\text{km}^2$) pode-se utilizar como opção de plataforma um helicóptero que, sobrevoando a área, detalha as feições terrestres com maior precisão.

3.3.2 Recobrimento Aéreo

As fotografias foram obtidas através de uma câmera digital profissional não-métrica (Figura 4). A tomada das fotos, orientada por um cronômetro, foi feita com a câmera fotográfica acoplada a um suporte solidário à aeronave. Para obter a verticalidade do eixo ótico da câmera no instante em que o obturador é aberto, adapta-se um nível de bolha na sua parte superior.

As experiências práticas comprovam que a lente usada na máquina fotográfica deve ter a distância focal de 50mm, por obter melhores resultados na relação distorção x ampliação das fotos.

O plano de vôo incluiu as coordenadas de entrada e saída das faixas que contemplaram a área de trabalho. Estas coordenadas foram transcritas para o GPS navegador fixado ao avião e tiveram por finalidade orientar o piloto e o fotógrafo durante a entrada e a saída de cada faixa de vôo. Para a determinação das direções das linhas de vôo foram extraídas coordenadas UTM (E, N) relativas ao início e fim de cada faixa (Figura 5).

No plano de vôo determinou-se o valor da equidistância lateral entre as linhas de vôo (30% de superposição transversal e 70% de superposição longitudinal), o número de faixas, a quantidade das fotos por cada faixa, o número aproximado de horas de vôo e a altura do vôo.

A execução do vôo foi uma das etapas mais dispendiosas do trabalho e, portanto, foi imprescindível evitar erros.

Os erros mais freqüentes causados durante a tomada das fotos estão relacionados à ausência de recobrimentos laterais e longitudinais, provocados pelo desvio da rota do avião. Neste caso, são necessários novos recobrimentos para as faixas que apresentarem problemas.

A Figura 6 ilustra o sobrevôo de uma aeronave no momento da tomada das fotos.

3.4 Apoio Terrestre

Durante o apoio terrestre foram utilizados receptores GPS de precisão ($\leq 10\text{cm}$) para a obtenção de pontos de controle (Figura 7). Utilizou-se como pontos de controle para o levantamento planimétrico os cruzamentos das vias, as pontes, as construções e a hidrografia (Figura 8).

3.5 Montagem do Mosaico Fotográfico

3.5.1 Obtenção do Fotoíndice

A montagem do fotoíndice foi realizada a partir da superposição das fotografias digitais identificadas numericamente. Para a análise da qualidade, observaram-se a presença de nuvens, sombras, buracos causados por derivas, arrastos e halos.

3.5.2 Obtenção do Mosaico

As fotografias foram superpostas no editor de imagens respeitando-se a seqüência da faixa e a sobreposição lateral e longitudinal. Após a montagem da área objeto, a base cartográfica foi inserida no editor de imagens para verificar as distorções e realizar algum ajuste, caso fosse necessário.

3.6 Vetorização Manual das Feições Terrestres

Após a correção do mosaico utilizando-se a base cartográfica, o mosaico foi transferido para o *software* CAD, onde foram vetorizadas as feições de interesse (arruamento, edificações, lotes, vegetação, hidrografia e etc.).

É importante lembrar que quando se faz um mapeamento temático, devem-se estabelecer elementos gráficos específicos para cada elemento espacial: linhas para ruas e cursos d'água, pontos para toponímias, polígonos para quadras ou residências e etc.

Finalmente, após a etapa de vetorização, foram inseridos os seguintes itens: toponímias, identificação do mapa, data de elaboração, escala, legenda, mapa de situação e malha de coordenadas UTM.

A Figura 9 demonstra a sobreposição entre a imagem fotográfica e a base cartográfica. A Figura 10 mostra a atualização da base cartográfica a partir da vetorização das casas e a Figura 11 ilustra o produto final, ou seja, a planta atualizada a

partir da sobreposição entre o mosaico e a base cartográfica.

3.7 Formatação do Produto Final e Avaliação da Qualidade

A avaliação da qualidade do produto final foi feita durante as etapas de recobrimento aéreo, elaboração do mosaico fotográfico e reambulação. Esta avaliação processual permite detectar a ocorrência de erros grosseiros, ou seja, erros de fotointerpretação.

Conforme Loch (1994), reambulação é a comprovação de dados e informações relativas aos acidentes naturais e artificiais. Nesta etapa, são coletados os nomes dos logradouros, prédios oficiais (escolas, prefeitura e etc.), praças, cursos d'água e outras informações que se façam necessárias.

A grandeza dos erros mensuráveis (erros de medidas métricas) depende da relação entre o número de pontos de apoio no terreno que possam ser identificáveis na foto. Nesse sentido, quanto maior a escala da foto (melhor visualização das feições terrestres), maior é a necessidade de se ter pontos identificáveis. Desse modo, o êxito do trabalho é alcançado quando se utiliza materiais complementares durante a fotointerpretação e a vetorização das informações, como mapas e registros de campo.

Nesta etapa, foi utilizado o *software ERDAS Imagine* (software de geocorreção de imagens) para determinar a grandeza do erro e a acurácia de cada ponto, comparando-se a precisão dos eixos das ruas na fotografia aérea com os eixos da base cartográfica. Vale ressaltar, que a finalidade principal da fotografia aérea de pequeno formato é a visualização das feições terrestres e que a precisão cartográfica está diretamente relacionada com a base cartográfica utilizada.

A Tabela 01 sintetiza os procedimentos metodológicos necessários para obter plantas cartográficas a partir de fotografias aéreas de pequeno formato.

Tabela 1 – Síntese dos procedimentos metodológicos necessários para obter plantas cartográficas a partir de fotografias aéreas de pequeno formato.

Procedimentos Metodológicos	Finalidades	Ações	Materiais e Informações
1. Elaboração do plano de vôo	Planejar a rota do avião para o recobrimento aéreo da área.	<ul style="list-style-type: none">- Determinar altura do vôo, observando-se a altitude média do lugar.- Determinar a direção, o número e a distância entre as faixas, permitindo uma sobreposição transversal (30%) e longitudinal (70%).	- Base cartográfica georreferenciada (sistema de projecção UTM, datum SAD69).

		<ul style="list-style-type: none"> - Implantar no menu do GPS navegador as coordenadas UTM (E, N) de entrada e saída das faixas. - Determinar a velocidade da aeronave. 	<ul style="list-style-type: none"> - GPS navegador. - Altitude média da área.
2. Execução do voo	Sobrevoar a área de trabalho para obter imagens fotográficas aéreas.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar cobertura fotográfica. - Utilizar avião de asa alta e seguir linhas de voo segundo orientação do GPS navegador. - Observar os horários adequados para efetuar sobrevôo, minimizando-se a incidência de sombras. - Obter fotografias livres de nuvens, sombras, efeito de arrasto e halos. - Manter dentro das tolerâncias a verticalidade do eixo ótico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aeronave monomotor modelo Skylane. - Máquina fotográfica digital profissional não-métrica. - Lentes de 50mm. - Cronômetro. - Nível de bolha. - GPS navegador. - Base cartográfica georreferenciada (sistema de projeção UTM, datum SAD69).
3. Montagem do mosaico fotográfico	Montar o mosaico de imagens para fornecer apoio visual durante a etapa de atualização da base cartográfica.	<ul style="list-style-type: none"> - Montar fotoíndice no editor de imagens, utilizando-o como referência durante a montagem do mosaico. - Montar mosaico no editor de imagens, evitando-se ampliações (para diminuir as distorções) e obedecendo-se a sobreposição. - Utilizar a base cartográfica como referência no ajustamento planimétrico das fotos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Software CAD. - Editor de imagens.
4. Atualização da base cartográfica (apoio terrestre)	Atualizar a base cartográfica a partir da vetorização das feições terrestres.	<ul style="list-style-type: none"> - Inserir o mosaico em ambiente CAD para georreferenciar, ajustar planimetricamente, vetorizar as feições e lançar as toponímias. - Coletar pontos em campo (cruzamento de vias, pontes, trilhos, cursos d'água, etc.) para atualizar a base cartográfica. - Privilegiar pontos facilmente identificáveis na foto e no terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> - GPS de precisão ($\leq 10\text{cm}$). - Software CAD.
5. Formatação do produto final	Realizar a formatação final da planta e avaliar a qualidade do produto.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar reambulação. - Inserir malha de coordenadas UTM e dados de identificação da planta. - Imprimir o produto final. 	<ul style="list-style-type: none"> - Software CAD. - Plotter colorido.

Fonte: Souza (2007)

3.8 Elaboração do Mapeamento Temático

Para desenvolver a pesquisa foram utilizados os seguinte materiais para identificar os aspectos ambientais e orientar os trabalhos gerais:

- Folhas de levantamentos aerofotogramétricos da AUMEF (Associação dos Servidores da SEINFRA- Secretaria de Infraestrutura do Ceará e SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará) e PMF (Prefeitura municipal de Fortaleza), escala de 1: 10.000, décadas de 1970 e 1980;
- Folhas de levantamentos aerofotogramétricos da PROSPEC (Prospecções e Aerolevantamentos S/A), escala de 1: 2.000, data: 1998;
- Microcomputador (Pentium 4, 2 MHz, Memória RAM 256MB, HD 40GB);
- Plotter jato de tinta;

- Programa CAD;
- Scanner e
- Máquina fotográfica digital.

4. Atualização da Planta Cadastral da Área-Piloto

4.1 Execução do sobrevôo no Lagamar do Rio Cocó

A escala do trabalho foi definida em 1: 2.000. Deste modo, o vôo foi realizado a 4.000 pés (aproximadamente 1.333m) em relação ao nível médio da área (nível do mar), em uma aeronave monomotor do tipo *Skylane*. A velocidade média da aeronave foi de 150km/h, recobrindo 7 faixas no sentido L-O, que distanciaram entre si lateralmente 400m, mantendo-se as superposições de 30% e 70%. A distância lateral eliminou a possibilidade de buracos, excluindo a necessidade de retornar ao local.

Durante o vôo, realizado às 14h, foram obtidas 32 fotografias para cobrir uma área de 446 hectares, utilizando-se uma máquina fotográfica profissional Canon EOS 400d, com lente de 50mm e foco infinito. Durante a tomada das fotos não foi observada presença significativa de nuvens. As imagens fotográficas foram retocadas no editor de imagens, ajustando as diferentes luminosidades incidentes sobre o terreno.

4.2 Elaboração do Mosaico da Imagem Fotográfica

Inicialmente, foi montado o fotoíndice com a finalidade de identificar possíveis falhas e direcionar a montagem do mosaico de interesse. O mosaico do Lagamar foi organizado utilizando-se as fotografias em meio digital.

Durante a montagem lançou-se foto sobre foto, obedecendo-se as áreas de superposição lateral e longitudinal. Para controlar as distorções, foi utilizada base cartográfica da PROSPEC (1998) como pano de fundo.

A Figura 12 ilustra a sobreposição de fotografias para a formação do mosaico.

4.3 Atualização da Base Cartográfica e Vetorização das Feições de Interesse

Neste trabalho foi realizada a atualização das bases cartográficas com o GPS de precisão. Este equipamento forneceu as coordenadas UTM dos pontos de apoio (sistema

viário, quadras, principais equipamentos, bueiros, riachos e etc.), que foram acrescentados à base cartográfica em meio digital.

Com o painel fotográfico sobreposto à base cartográfica, foi feita a vetorização dos elementos pertinentes ao trabalho, como casas, prédios públicos, igrejas, arruamentos, corpos hídricos e outros.

A Figura 13 demonstra a vetorização feita sobre a imagem fotográfica já trabalhada no editor de imagem e a Figura 14 ilustra a base cartográfica atualizada.

4.4 Formatação do Produto Final e Qualidade do Produto

Nesta etapa realizou-se a reambulação dos dados durante os trabalhos de campo, em que foram verificadas as toponímias de interesse.

A formatação final da atualização da base cartográfica do Lagamar do rio Cocó foi realizada a partir da inserção dos seguintes dados na planta cadastral:

- 1) identificação da planta,
- 2) data e local de elaboração,
- 3) nome do desenhista responsável,
- 4) escala do trabalho,
- 5) mapa de situação e
- 6) malha de coordenadas UTM.

A qualidade do trabalho está relacionada com a precisão da base cartográfica, neste caso a base planimétrica da PROSPEC S/A. (1998), que possui tolerância de até 1m por estar em escala de 1: 2.000. Porém, de modo a complementar a avaliação da qualidade final do produto, utilizou-se o *software ERDAS Imagine* para verificar a acurácia dos pontos e a grandeza dos erros.

Vale ressaltar que a verificação da acurácia teve por finalidade verificar preliminarmente alguns pontos da imagem e da base, sendo necessário um estudo mais detalhado e completo com o produto cartográfico.

A Figura 15 ilustra a localização dos pontos que foram coletados em campo, em um trecho da área de estudo, e inseridos no *software ERDAS Imagine* e a Tabela 2 revela os erros estimados por ponto.

Tabela 02 - Relatório de precisão dos pontos.

Pontos	Eixo X	Eixo Y	Erro médio quadrático*
01	0,718	0,706	1,317
02	0,753	0,728	1,343
03	0,801	0,768	1,405
04	0,704	0,726	1,319
05	0,688	0,715	1,296
06	0,821	0,834	1,423
07	0,832	0,805	1,418
08	0,642	0,687	1,281
09	0,653	0,645	1,275
10	0,689	0,678	1,291
11	0,744	0,704	1,322
12	0,708	0,715	1,316
13	0,804	0,785	1,411
14	0,902	0,884	1,492
15	0,728	0,715	1,332
16	0,715	0,716	1,321
17	0,743	0,726	1,339
18	0,748	0,753	1,348
19	0,832	0,815	1,419
20	0,803	0,773	1,408
21	0,901	0,895	1,496
Média	0,758	0,751	1,361

* Erro Médio Quadrático (ou desvio padrão): $m = \sqrt{\frac{\sum(Y-\hat{Y})^2}{(n-1)}}$. Onde: m= desvio-padrão; Y= cada uma das observações, \hat{Y} = média das "n" observações do erro calculado e n = número de observações.

Fonte: Souza (2007)

5. Caracterização Geoambiental do Lagamar do Rio Cocó

5.1 Aspectos Geológico-Geomorfológicos

A composição geológica da área do Lagamar do rio Cocó data da era Cenozóica do período Quaternário, estando em seu entorno sedimentos inconsolidados definidos estratigraficamente desde o Plioceno até o Holoceno que correspondem à Formação Barreiras e aos depósitos aluvionares.

A Formação Barreiras apresenta-se de forma irregular ao longo da costa, sobrepondo-se discordantemente sobre a superfície de erosão das rochas Pré-Cambrianas. É constituída por sedimentos de composição arenosa, contendo níveis de

argilas, seixos de quartzo e óxidos de ferro, sendo que este último mostra-se na estrutura por coloração que varia de amarelada a avermelhada.

Os sedimentos de mangue pertencem aos depósitos aluvionares e são constituídos essencialmente por argilas (de coloração negra) e matéria orgânica (restos de organismos, carapaças de animais e etc.) (FREIRE, 1989). A composição mineralógica é essencialmente formada por grãos de quartzo, caracterizando-se por areias de coloração clara e creme- esbranquiçada.

O relevo é caracterizado pelo Tabuleiro Pré-Litorâneo e a Planície Flúvio-Marinha. Os Tabuleiros Pré-Litorâneos comportam-se como um *glacis* de acumulação, que se inclina de modo gradativo, do interior para o litoral (LIMA; MORAES; SOUZA, 2000).

Considerando-se o Lagamar do rio Cocó, sabe-se que as planícies Flúvio-Marinhas são áreas de inundação que possuem relevo plano e têm sua dinâmica condicionada ao regime pluviométrico e à oscilação das marés.

5.2 Clima e Recursos Hídricos

A posição geográfica do estado do Ceará insere todo o seu território climaticamente na zona tropical com temperaturas elevadas, chuvas irregulares e forte insolação anual. No Estado vários sistemas atmosféricos atuam nas condições do tempo e do clima, sendo o de maior importância o da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), responsável pelo estabelecimento da quadra chuvosa entre fevereiro e maio (CEARÁ, 1989).

Na maior parte do ano, o Ceará fica sob a ação do Anticiclone do Atlântico Sul, responsável pela estabilidade do tempo, o que resulta no período de estiagem prolongado. Este período é expresso por elevadas temperaturas, amplitudes térmicas diárias altas, baixos índices de nebulosidade, forte insolação, elevadas taxas de evaporação e marcante irregularidade das chuvas no tempo e no espaço, principal característica do regime pluviométrico estadual (CEARÁ, 1989).

Na região litorânea, as temperaturas são amenizadas pelos ventos alísios e brisas marinhas, sendo registradas temperaturas médias anuais situadas entre 26°C e 27°C, não excedendo a 32° C. O tipo climático de Fortaleza é o tropical quente e sub-úmido, sendo os índices pluviométricos em torno de 1000 a 1350mm anuais (SILVA; CAVALCANTE, 2000).

5.3 Solos , Vegetação e Fauna

Os solos predominantes da região estudada são os Solos Indiscriminados de Mangue na área do manguezal e os Argissolos Vermelho-Amarelo que ocorrem, principalmente, na área do Tabuleiro Pré-Litorâneo (PEREIRA, 2001).

Na Tabela 03 podem-se observar as principais unidades paisagísticas da área de estudo e os principais solos identificados, com suas características e limitações de uso.

Tabela 03 – Associações de solos, características dominantes e limitações de uso e ocupação

Unidades Geoambientais	Classes de solos	Características Dominantes	Limitações de Uso
Planície Flúvio-Marinha	Gleissolos	Solos orgânicos, salinos e mal drenados, muito ácidos e parcialmente submersos	Excesso de água, salinização, drenagem ruim e inundações
Tabuleiro Pré-Litorâneo	Argissolo Vermelho-Amarelo	Profundos, textura argilosa, moderadamente ou imperfeitamente drenado, fertilidade baixa	Drenagem moderada

Fonte: Adaptado de LIMA; MORAIS; SOUZA (2000)

A vegetação natural da área sofreu grandes transformações, tendo como causa fundamental a intensa ação antrópica. Os principais tipos de vegetação são os pertencentes à Vegetação Tropical Paludosa de Mangue (SILVA, 1993).

A Vegetação Tropical Paludosa de Mangue caracteriza-se por possuir plantas halófitas, que compreendem cinco espécies principais: o mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), o mangue preto (*Avicennia germinans* e *A. schaueriana*), o mangue branco (*Laguncularia racemosa*) e o mangue botão (*Conocarpus erectus*) (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). Porém, no Lagamar do rio Cocó existe atualmente uma predominância de espécies do mangue preto e mangue vermelho.

Devido à grande diversidade do habitat, a fauna da área é muito diversificada. O manguezal é habitado por diversos animais, desde microorganismos até aves, répteis e mamíferos, ocupando os sedimentos, a água, as raízes e os troncos. A maior parte da fauna do manguezal vem do ambiente marinho: moluscos, caranguejos, siris, camarões e peixes. Da água doce há crustáceos como o pitu e algumas espécies de pescados (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

A Figura 16 ilustra alguns exemplares de mangue preto durante o período chuvoso e a Figura 17 detalha um trecho próximo à Av. Murilo Borges, onde tem grande concentração de lixo e aguapé.

6. Formas de Uso e Ocupação do Solo e Propostas de Medidas Conservacionistas para o Lagamar do Rio Cocó

A bacia hidrográfica do rio Cocó foi sendo transformada progressivamente devido à expansão urbana da cidade de Fortaleza, acarretando em uma conseqüente ocupação dos terrenos que legalmente são considerados como APP's (Áreas de Preservação Permanente). No caso da bacia hidrográfica do rio Cocó, as áreas de preservação envolvem toda a extensão das margens que estão sujeitas à inundação.

A zona estuarina do rio Cocó, região do baixo curso, iniciava-se na área de lagamar e se estendia até a foz, na praia do Caça e Pesca. Todavia, as ações de desmatamento, assoreamento e dragagem do leito resultaram em modificações substanciais na dinâmica natural, interrompendo a penetração dos fluxos das marés até o lagamar.

Além da interrupção do fluxo das marés houve também ocupações e usos inadequados no conjunto e entorno das áreas inundáveis. Assim, por meio do Sensoriamento Remoto e da aplicação de técnicas cartográficas foi possível delimitar as principais feições paisagísticas decorrentes das intervenções espaço-temporais.

A aplicação da fotografia aérea não-métrica de pequeno formato resultou no mapa de uso e ocupação representado na Figura 18, que expõem as informações obtidas através de uma cartografia temática. Essas informações podem ser diretamente aplicadas no diagnóstico de áreas de risco e na indicação de áreas de conservação, preservação e recuperação ambiental, sendo base eficiente para um futuro planejamento do uso e ocupação do Lagamar do rio Cocó.

Desse modo, delimitaram-se as principais unidades da cobertura vegetal do ecossistema manguezal: mangue clímax, mangue em regeneração, salgado e apicum. Quanto às formas de ocupação, são observadas as residências localizadas em área de risco, as áreas residenciais consolidadas e as áreas urbanas não edificadas.

A Figura 19 representa as feições paisagísticas definidas utilizando-se somente os vetores.

A Tabela 04 especifica quantitativamente a distribuição espacial das feições delimitadas, bem como as extensões das águas flúvio-marinhas e a Estação de Tratamento de Esgoto da CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará).

Tabela 04 - Quantificação das feições paisagísticas de uso e ocupação no Lagamar do Cocó (1999).

Tipos de Feições	Área (ha)	Área (%)
Mangue clímax	31.90	7.15
Mangue em regeneração	11.42	2.56
Salgado/areia	12.90	2.89
Apicum	69.17	15.51
Ocupação residencial/área de risco	13.41	3.00
Ocupação residencial/consolidada	207.94	46.62
Área urbana não edificada	46.29	10.39
Leito do rio Cocó	38.77	8.69
Estação de Tratamento de Esgoto	3.15	0.71
Lagoas	11.05	2.48
Total:	446.00	100

Fonte: Souza (2007)

Percebe-se que grande parte da planície flúvio-marinha do Lagamar do rio Cocó foi desmatada, sendo inclusive objeto de exploração de salinas que, posteriormente, foram abandonadas. Atualmente, os terrenos do Lagamar constituem as feições de mangue em regeneração, salgados e apicuns. As ocupações das margens levaram o que na Figura 18 é considerado como “áreas de risco”, uma vez que se encontram sujeitas à inundação durante o período chuvoso (primeiro semestre do ano).

Nesse contexto, as proximidades da Rodovia Br-116, nas margens do Lagamar, constituem os terrenos residenciais com maior risco de inundação. A margem direita estava ocupada em 1999, data do vô, por uma extensa favela chamada “Gato Morto” que foi removida no período entre 2001 e 2002. Na área da favela foram instalados equipamentos de caráter social e esportivo, como quadras poliesportivas, pistas de atletismo e etc., inibindo novas ocupações.

Apesar das ocupações inadequadas, verifica-se que há um potencial de regeneração do manguezal, que só não se desenvolveu plenamente devido à reduzida influência das águas marinhas. Quanto às áreas residências consolidadas, percebe-se que

progressivamente vão se instalando equipamentos e serviços de infraestrutura, que de certa forma melhoram as condições de vida da população.

Apesar da presença da estação de tratamento de esgoto percebe-se, em campo, que ainda há inúmeros focos de lançamento de esgoto no corpo hídrico do Lagamar, comprometendo assim a qualidade ambiental do ecossistema manguezal.

Deste modo, as propostas de manejo sustentável devem englobar o bem-estar social, o desenvolvimento econômico e a conservação da natureza. Assim, o planejamento ambiental é tido como fundamental para a realização de medidas conservacionistas, pois se mostra como uma ferramenta institucional, composta por leis, planos diretores, projetos participativos e instrumentos políticos.

Uma das principais propostas conservacionistas para as comunidades do Lagamar é a educação ambiental, através de um programa interdisciplinar que aponte as principais problemáticas existentes na área e possibilite a construção conjunta de soluções praticáveis. Assim, pode-se trabalhar diretamente com temáticas referentes à disposição incorreta dos resíduos sólidos e à descarga de esgotos *in natura*, utilizando-se como parceiros instituições públicas municipais e estaduais.

Como alternativa de recuperação do ambiente do entorno do Lagamar pode-se citar um programa de arborização urbana, construção de hortas comunitárias nas escolas públicas e promoção de atividades de lazer em áreas apropriadas. Porém, deve-se primeiramente realizar um programa integrado de segurança pública na região, pois se sabe que uma das maiores problemáticas da área é a violência urbana.

Finalmente, é imprescindível a implantação de sistemas de esgotamento sanitário com o tratamento adequado para os efluentes e a coleta de lixo sistemática em todas as residências.

Contudo, vale ressaltar que as propostas de manejo sustentável sugeridas para o Lagamar do Rio Cocó só poderão ser efetivamente executadas, a partir do envolvimento das várias instâncias sociais: instituições acadêmicas, poder público, comunidades locais e organizações sociais engajadas.

7. Conclusão

A presente pesquisa demonstrou que fotografias aéreas de pequeno formato podem ser utilizadas para atualizar plantas cadastrais e realizar estudos ambientais, utilizando-se como área-piloto o Lagamar do rio Cocó.

Os serviços de aerofotogrametria e a obtenção de imagens de satélite por sensores remotos se justificam para o mapeamento de grandes áreas, considerando-se a relação custo X benefício. Entretanto, para mapeamentos de pequenas áreas tornam-se inviáveis financeiramente e as fotografias aéreas de pequeno formato revelam-se como uma alternativa de atualização de plantas cadastrais para pessoas físicas, empresas e gestores de pequenos municípios.

Por outra parte, as fotografias aéreas de pequeno formato podem ser utilizadas na análise ambiental de pequenas áreas, mostrando-se ideal para fundamentar estudos de caso em áreas urbanas ou em setores da zona rural. Uma vez que as ocupações antrópicas e as feições de detalhe podem ser visualizadas com clareza, considerando-se fatos e situações em intervalos temporais recentes.

O presente trabalho recomenda a atualização de produtos cartográficos a partir de fotografias não-métricas de pequeno formato para áreas de até 4.000 hectares. Vale ressaltar que a obtenção do produto cartográfico pode ser realizada somente em regiões de relevo predominantemente plano, que possuam variações de altura (topo X base) das feições morfológicas inferiores a 100m, evitando-se assim grandes distorções nas imagens finais.

Portanto, a atualização da base cadastral utilizando-se a técnica descrita é justificada por possuir qualidade cartográfica, ser acessível financeiramente e ter execução em curto período de tempo. Deste modo, o mapeamento realizado pode ter várias finalidades como ações de planejamento urbano (elaboração de planos diretores), cadastro imobiliário e estudos de impacto ambiental.

Todavia, mesmo vislumbrando as vantagens expostas, deixa-se claro que a técnica em questão tem suas limitações e não se deve confundir-la com aerofotogrametria.

Finalmente, a obtenção de informações cartográficas a partir de fotografias de pequeno formato mostra-se como uma ferramenta prática e viável em relação à realidade de muitos consumidores, no sentido de disponibilizar aos gestores (empresas, municípios e pesquisadores) o apoio visual de áreas de interesse.

8. Referências Bibliográficas

AMORIM, A. **Utilização de câmaras de pequeno formato no cadastro técnico urbano**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

ASSESSORIA AERONÁUTICA ESPECIALIZADA EM AVIÕES. **1974 Cessna Skylane-Impecável**. Disponível em: < [http://www.compreseuaviao.com.br/aeronaves/mono/cessna skylane.html](http://www.compreseuaviao.com.br/aeronaves/mono/cessna%20skylane.html)>. Acesso em: 06 jun. 2007.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. 3.ed. Petrópolis: Vozes, 1977.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo, v. 13, p. 1-21, 1969.

CEARÁ. IPLANCE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará). **Atlas do Ceará**. Fortaleza, 1989. Escala 1: 1500.000.

CHRISTOFOLLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: HUCITEC/EDUSP, 1979.

DISPERATI, A. A. **Obtenção e uso de fotografias aéreas de pequeno formato**. Paraná: Universidade Federal do Paraná, 1991.

_____; AMARAL, R. F.; SCHULER, C. A. B. **Fotografias aéreas de pequeno formato: aplicações ambientais**. Paraná: Unicentro, 2007.

FREIRE, G. S. S. **Etude hydrologique et sedimentologique de l'estuaire du Rio Pacoti**. 1989. Tese de Doutorado (Doutorado em Geologia) - Universidade de Nantes, França, 1989.

LIMA, L. C.; MORAIS, J. O.; SOUZA, M. J. N. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará: bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

LIMA, O. P.; LOCH, C. **O uso de câmaras fotográficas de pequeno formato nos levantamentos cartográficos destinados ao cadastro técnico multifinalitário**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO MULTIFINALITÁRIO, Florianópolis, 1998. Anais do Congresso Brasileiro de Cadastro Multifinalitário. Florianópolis: COBRAC, 1998, p.89 – 97.

LOCH, C. **Elementos básicos da fotogrametria e sua utilização prática**. 3 ed. Florianópolis: UFSC, 1994.

MERCADO LIVRE. **Canon Rebel XTi EOS 400d**. Disponível em: < http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-56733573-canon-rebel-xti-eos-400d-brinde-bolsa-_JM>. Acesso em: 06 jun. 2007.

PEREIRA, R. C. M. **Principais classes de solos do sistema brasileiro de classificação**: notas de aula. Fortaleza: UFC, 2001.

PROSPEC (Geologia, Prospecção e Aerofotogrametria). **Planta cadastral de Fortaleza**. folhas H14; I14, Fortaleza. Fortaleza, 1998. Escala 1: 2.000.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 3 ed. Uberlândia: EDUFU, 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal**: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: Caribbeau Ecological Research, 1995.

SILVA, E. V. **Dinâmica da paisagem**: estudo de ecossistemas do litoral de Huelva (Espanha) e Ceará (Brasil). Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, 1993.

SILVA, J. B. ; CAVALCANTE, T. C. **Atlas escolar, Ceará**: espaço geohistórico e cultural. João Pessoa: Grafset, 2000.

SOTCHAVA, V.B. O estudo dos geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo, n.16, p. 21-26, 1977.

SOUZA, R. C. **Cartografia aplicada à análise geoambiental**: um estudo de caso com fotografias aéreas de pequeno formato no Lagamar do Rio Cocó – Fortaleza – Ceará. 2007. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.