



Seleção de espaços para instalação de novos cemitérios na região metropolitana de Fortaleza (R.M.F.) – Ceará

E.G. da Costa

Cia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM – Residência de Fortaleza, zomim@fo.cprm.gov.br

Resumo Este trabalho versa sobre ações a serem tomadas quando da seleção de espaços para instalação de futuros cemitérios na Região Metropolitana de Fortaleza-CE, por meio do estudo dos componentes físicos envolvendo investigações geológicas, geofísicas, hidrogeológicas, geomorfológicas, topográficas, geotécnicas, climatológicas, de solos e vegetação. Faz alerta sobre os riscos de contaminação das águas superficiais e subterrâneas por cemitérios antigos e os possíveis efeitos nocivos aos habitantes de favelas do entorno que venham consumir água captada em fontes de abastecimento, sugerindo critérios de descontaminação por intermédio da injeção de ferro metálico granular na possível pluma contaminada, além de procedimentos a serem seguidos na instalação de futuros cemitérios, que atendam à variável ambiental.

Abstract This monograph aim at contribute to the knowledge on contamination from graveyards of Região Metropolitana de Fortaleza-CE (Brazil), alerting upon its harmful effects to ground waters, fresh-waters and inhabitants of the nearby “favelas” and to drive the elaboration of the city planning for new graveyard installations, through a procedure of geological, geophysical, ground water hydrology, geomorphological, topographical, engineering geological mapping, climatic characteristics and criteria of investigation.

Palavras-chave: contaminação das águas superficiais e subterrâneas, critérios de descontaminação.

INTRODUÇÃO O crescimento das populações urbanas e a ocupação indevida dos espaços vêm comprometendo a qualidade de vida e desafiando planejadores das grandes cidades, principalmente com relação aos grandes espaços requeridos para instalação de novos cemitérios (Costa 1996).

No caso da região Metropolitana de Fortaleza, os cemitérios, além de estarem saturados, acolhem ainda milhares de cadáveres, anualmente. Não se dá a devida atenção à legislação específica sobre a matéria, as agências ambientais dos governos não fiscalizam, e, enquanto isso, o lençol freático torna-se cada vez mais contaminado, comprometendo a retirada de água para consumo humano e sua recuperação.

Embora exista no estado do Ceará, uma legislação que disciplina o uso do solo na Região Metropolitana de Fortaleza - R.M.F. e reja sobre os cuidados ambientais a serem tomados com referência à ocupação urbana de seus espaços, está havendo um ligeiro aumento dos problemas advindos da contaminação dos lençóis freáticos, ocasionados pela instalação incorreta dos cemitérios em espaços não apropriados e pela evidência ultrapassada de suas necrópoles.

Contaminações de solo e água subterrânea, dentro e fora do cemitério, foram constatadas no cemitério São João Batista, instalado próximo ao bairro Pirambu, em Fortaleza, o que, por suposição, poderá estar ocorrendo em outros cemitérios da Região Metropolitana de Fortaleza, ou vir a ocorrer em cemitérios futuramente instalados na região.

Além de que, a presença de cemitérios dentro das cidades (ou aqueles que, eventualmente, venham a ser instalados, devido à expansão urbana) possa, também, provocar impactos psicológicos, paisagísticos, estéticos e urbanísticos.

Como os espaços cemiteriais exigidos pelas grandes metrópoles são maiores (normalmente, com áreas superiores a 10.000 m²) e saturados em curto período, principalmente por tumulação e, secundariamente, por sepultamentos feitos diretamente no solo, há a necessidade de instalação de crescente número de cemitérios, o que representa maiores riscos de contaminação do lençol freático, além da necessidade da avaliação dos impactos ambientais negativos que os mesmos poderão vir a causar.

Neste trabalho aborda-se essa problemática, bem como se avalia a questão da ocupação desordenada do solo e a especulação imobiliária decorrente da urbanização da R.M.F., que representam um dos principais fatores da degradação ambiental na zona litorânea.

Com o intuito de alertar os órgãos públicos e empresas privadas, que lidam com o ramo tocante a cemitérios, da necessidade da observância e incorporação da variável ambiental em seus projetos de seleção de espaços para instalação de novas necrópoles na R.M.F., que levem em conta o impacto negativo sobre o meio ambiente, este trabalho faz uma avaliação da situação ambiental dos cemitérios de Fortaleza. Visa o entendimento de como se vem



produzindo a organização do espaço da Região Metropolitana de Fortaleza, fazendo-os compreender o processo de possível contaminação do aquífero costeiro, a questão social do espaço.

Situação dos Cemitérios Instalados na R.M.F. - vida útil O crescimento da população da Região Metropolitana de Fortaleza (ampliada) tem aumentado nos últimos anos, como pode ser visualizado no Quadro 1:

Anos	População Urbana
1980	1307611
1991	1753334
1994	1909945
1995	2281745
1996	2343866
1997	2409365

Quadro 1. População da R.M.F. nos anos de 1980, 1991, 1994, 1995, 1996 e 1997. Fonte: Costa (2002)

Acredita-se que, para a grande maioria dos cemitérios instalados na R.M.F., não foram dirigidas investigações prévias de geologia, geofísica, geotecnia e hidrogeologia, visto que boa parte deles encontra-se assentada sobre dunas, atualmente em locais inadequados ou próximos a lagoas, como mostrado no quadro 2.

Os cemitérios antigos da R.M.F. apresentam-se, praticamente, sem condições de realizar sepultamentos (saturados), como é o caso do cemitério São João Batista, o mais antigo, instalado em 1865 e a situação do cemitério São Vicente de Paula. No primeiro, é permitindo sepultamento somente por tumulação ou jazigo vertical para pessoas proprietárias. Outros se encontram, igualmente, saturados, tais como: cemitérios Antônio Bezerra, Caucaia, Messejana, Mucuripe e Parangaba. Impactam negativamente o aquífero costeiro, com riscos de contaminação do solo, lagoas (como é o

possível caso do cemitério da Parangaba) e praias. Podem, também, causar impactos psicológico, paisagístico e estético, por se situarem próximo a bairros residenciais (cemitérios São João Batista, São Vicente de Paula e Parangaba).

O cemitério Jardim Metropolitano, localizado no município do Eusébio, possui área superior a 300.000 m², funcionando a cerca de 8 anos. Ali, utilizam-se jazigos de cimento armado, sob forma de colméia e sepultamentos por inumação. O cemitério possui 1 templo ecumênico, 4 capelas (4 velórios), estando em construção (expansão) um crematório e jazigo vertical (gavetas). Não causa, ainda, impacto negativo, já que possui cortina verde e por se encontrar fora da franja de crescimento da Região Metropolitana de Fortaleza.

Legislação No tocante à Legislação pertinente, a antiga constituição do estado do Ceará possuía tópicos conservacionistas (Dispositivos: Art. 129, parágrafo único; Art. 135 e Art. 145). As Leis Orgânicas dos Municípios fazem menções no tocante à proteção ambiental, dos cuidados a serem tomados com referência à instalação de novos cemitérios, ou mesmo em relação à locação, utilização e consumo de água de poços do entorno de cemitérios.

A Lei nº 10.146, de 1 de dezembro de 1977, que redefine o Sistema Estadual de Planejamento, estabeleceu em seu artigo 1º: “As atividades de planejamento, orçamento, modernização administrativa, desenvolvimento regional, urbano e microrregional, defesa do meio ambiente, articulação com os municípios, pesquisas científicas e tecnológicas, informações e estatística para o planejamento, assim como a formulação e acompanhamento das políticas de investimentos e endividamento, serão desempenhadas pelos órgãos da administração direta e entidades da administração indireta, bem como Fundações instituídas pelo Estado, de acordo com o que for estabelecido pelo sistema estadual de planejamento, redefinido por esta lei”.

CEMITÉRIO	SITUAÇÃO	LOCAL/INSTALAÇÃO (TIPO DE MATERIAL)
Antônio Bezerra	Saturado	Antônio Bezerra. Instalado sobre solo areno-argiloso
Caucaia	Saturado	Caucaia. Instalado sobre solo arenoso (duna?)
J. Metropolitano	Instalado há 8 anos	Eusébio. Instalado sobre solo areno-argiloso
Messejana	Saturado	Messejana. Instalado sobre solo arenoso
São Vicente de Paula	Saturado	Mucuripe. Instalado sobre duna/arenito friável
(Novo de) Caucaia	Em implantação	Caucaia. Instalado sobre solo arenoso (duna?)
P. Bom Jardim	Instalado em 7/07/94	Granja Lisboa. Instalado sobre solo areno-argiloso
Parangaba	Saturado	Parangaba. Instalado sobre solo areno-argiloso, próximo as lagoa da Parangaba e Maraponga
Parque da Paz	Instalado há 30 anos	Castelão. Assentado sobre solo areno-argiloso
São João Batista	Saturado (Inst. 1865)	Pirambu. Instalado sobre duna



Quadro 2. Cemitérios da região metropolitana de Fortaleza. Fonte: Costa (2001)

A Lei Estadual nº 10.147, de 01.12.1977, que dispõe sobre o disciplinamento do uso do solo para proteção dos recursos hídricos, diz, textualmente: “Art. 1º - O sistema de Disciplinamento do Uso do Solo para proteção dos mananciais, cursos, reservatórios de água e demais recursos hídricos (8) da Região Metropolitana de Fortaleza - R.M.F. passa a ser regido na forma prevista nessa lei (9). Parágrafo Único - O sistema de disciplinamento do uso do solo”.

A Lei nº 5.530, de 17.12.1981, cria o Código de Posturas do Município de Fortaleza, estabelece, no Art. 528 procedimentos a serem implementados quando da construção de cemitérios em pontos elevados do terreno, e o Art. 529 da citada Lei estabelece que o lençol freático, nos cemitérios, deve ficar a menos de 2,00 metros de profundidade.

JUSTIFICATIVAS

- Já se pode notar uma evidente carência de espaço cemiterial na zona urbana de Fortaleza, diante da ultrapassada vida útil de suas necrópoles;

- Ocorre acelerado crescimento populacional, o que acarretará, futuramente, numa maior demanda por jazigos;

- Há risco iminente de contaminação do solo e do aquífero costeiro pelos cemitérios já instalados, já que os mesmos repousam sobre dunas, como é o caso do cemitério mais antigo da cidade, o Cemitério S. João Batista;

- Os cemitérios representam verdadeiros laboratórios naturais de decomposição da matéria orgânica. A degradação do solo e água subterrânea afeta, principalmente, os mananciais de água potável da zona litorânea, aliada à ocupação indiscriminada, desmatamento, despejo de esgotos e assoreamento de mananciais ou cursos de água. Essas atividades receberam um grande impulso com a construção de infra-estrutura, como estradas (rodovias do Sol Nascente e Sol Poente), complexos de lazer (*Beach Park*), além de eficiente rede hoteleira.

OBJETIVOS Geral Alertar os órgãos públicos e empresas privadas, que lidam com o ramo tocante a cemitérios, da necessidade da observância e incorporação da variável ambiental em seus projetos de seleção de espaços para instalação de novas necrópoles na R.M.F., que levem em conta o impacto dos mesmos sobre o meio ambiente.

Específicos

- ♦ Recomendar estudos que impeçam a instalação de cemitérios sobre áreas de recargas, terrenos inclinados, dunas e paleodunas da R.M.F., de

acordo com a legislação que versa sobre uso e ocupação do solo e obediência às normas conservacionistas;

- ♦ alertar o cidadão, principalmente do morador dos arredores de cemitérios sobre os riscos a que está exposto com relação à utilização de água superficial, água da rede pública danificada (coletada em locais com vazamento na tubulação local ou por meio de ligações clandestinas defeituosas) ou água subterrânea, passíveis de estarem contaminadas por necrochorume;

- ♦ chamar a atenção do órgão público e/ou empresa privada, responsáveis pela escolha de novos locais para futuras instalações de cemitérios, relativamente à necessidade da execução de estudos geológicos, hidrogeológicos e geofísicos preliminares na(s) área(s) escolhida(s);

- ♦ estabelecer, por meio de unidades geoeletricas para caracterização de estratos geoeletricos, a definição de aquíferos e direção de fluxo, além da delimitação de pluma de contaminação de áreas próximas a antigos cemitérios da R.M.F., e

- ♦ sugerir áreas próximas da franja de crescimento da R.M.F. para futuras instalações de cemitérios

METODOLOGIA A metodologia aqui adotada neste trabalho visa apontar caminhos para planejamento de seleção de espaços para instalação de futuros cemitérios na franja de crescimento da R.M.F. A abordagem serve para outros contextos geológicos regionais, pois, além da simplicidade, busca solução satisfatória para outras regiões secas (abaixo de 1.000 mm de precipitação anual) ou mesmo de regiões com maiores índices de precipitação (acima de 1.000 mm anual).

Num primeiro momento, devem-se buscar as informações geológicas, geotécnicas, geofísicas, hidrogeológicas e geográficas, coleta de amostras e confeccionados mapas de serviços. Interpretadas as informações obtidas, serão determinadas, com relação à adequabilidade, quais áreas são mais favoráveis ou que apresentam risco com a ocupação ou futuro risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Num segundo momento, deve-se avaliar e elaborar a alternativa mais adequada para o uso racional do solo e ocupação do espaço. A sequência de estudos pode compreender (ver Anexos 1 a 5):

- mapeamento geológico (confeção de mapa geológico);

- cadastramento de dados;



- estudos topográficos (com confecção de mapa topográfico e mapa de declividade): estudos fisiográficos (formas de relevo, vegetação, etc.);
- estudos hidrogeológicos (possibilidades de inundações, piezometria do(s) aquífero(s), qualidade das águas subterrâneas e superficiais, permeabilidade do solo e da rocha, determinação das profundidades do lençol freático;
- estudos geotécnicos (determinações das espessuras da cobertura e profundidades do substrato rochoso, características geotécnicas do terreno, erodibilidade do terreno classificação geotécnica do solo, etc.);
- estudos geofísicos (determinação do fluxo de água em subsuperfície, determinação/confirmação do topo do substrato rochoso, etc.);
- adequabilidade do terreno ao sepultamento (disposição) de cadáveres, e
- planejamento de ocupação do espaço.

Esses estudos serão apresentados sob forma de mapa(s), em escala 1:2.000, 1:1.000 ou 1:500. Em resumo, após conclusão das investigações geoambientais (geológico-geotécnico-geomorfológico), realização de análises, confecção de mapa preliminar, integração das informações, análise de riscos, planejamento de uso e ocupação do solo, será selecionado o espaço para o futuro cemitério.

Material, métodos e instrumental Os instrumentos de coleta consistirão de trado manual com concha de 4" e hastes diversas (cerca de 10 metros de haste), chaves de grifo, baldinho de 1 litro, sacos plásticos e recipientes apropriados para acondicionamento de solo e água. Além de que, piezômetros, tubos e filtros de 4".

Em locais de disposição de corpos orgânicos mortos, o contaminante, com relação à nocividade, é de caráter passivo. Há necessidade de cuidados no manuseio de amostras de solo e água. Para investigações ou levantamento sanitário, alguns procedimentos devem ser levados em consideração:

- coleta de líquidos, sólidos e gases, para avaliação do risco para o meio;
- investigação/detecção de eventos que venham afetar, futuramente, a saúde pública, e
- conhecimento dos riscos de contaminação de mananciais (da fonte de poluição/contaminação das águas), visando futura tomada de soluções para a área. Nesse caso, após as investigações, precedidas pela montagem de rede de poços de monitoramento visando avaliação da contaminação, urge confeccionar-se mapa de vulnerabilidade potencial do aquífero e posterior tomada de medidas de proteção das águas. Outrossim, cuidado especial deve ser dado

aos resíduos produzidos dentro dos cemitérios e aqueles resultantes das caixas mortuárias (tecidos, madeira), os quais deverão ser incinerados, de preferência, no próprio local.

ASPECTOS GEOAMBIENTAIS Aspectos

geológicos: A região em estudo está inserida no quadro geológico-geotectônico do sistema de Dobramentos Jaguaribano, constituído, em sua maioria, de rochas gnáissico-migmatíticas, do embasamento cristalino, de idade precambriana, e coberturas sedimentares de composição litologicamente diversificada, com grau de maturidade variável e idades terciária e quaternária.

Como componentes mais recentes, no quadro geológico, destacam-se as coberturas sedimentares cenozóicas, representadas pela formação Barreiras, coberturas colúvio-eluviais, paleodunas, dunas móveis e depósitos flúvio-aluvionares e de mangues (Fig. 2).

Com relação à permeabilidade dessas rochas, as gnáissico-megmatíticas revelam-se impermeáveis, enquanto as últimas, geralmente, apresentam boa permeabilidade, exceto aquelas camadas argilosas. Dentro desse contexto, as rochas sedimentares despertam maior interesse das autoridades sanitárias, devido sua maior permeabilidade, malgrado sua maior suscetibilidade à contaminação.

Aspectos geomorfológicos As unidades geomorfológicas que constituem o espaço do território cearense podem ser dividida em várias unidades, agrupadas em quatro domínios (Fig. 2), quais sejam: Domínio das Formas Litorâneas e Pré Litorâneas; Domínio da Depressão Sertaneja e dos Maciços Antigos; Domínio das Bacias Sedimentares (Planalto da Ibiapaba e Chapadas) e Domínio das Planícies Fluviais (Costa 1998).

O domínio das formas pré-litorâneas mostra-se interessante para essa proposta, uma vez que grande parte da R.M.F. assenta-se sobre o mesmo. Entre as formas litorâneas e pré-litorâneas tem-se: planície litorânea; planícies flúvio-marinhas e tabuleiros pré-litorâneos.

A planície litorânea cearense abrange uma estreita faixa de terra com largura média variando de 1,5 a 2,0 km. Ela apresenta um elevado estoque de sedimentos quaternários, modelados pelos processos eólicos, marinhos, fluviais ou combinados, gerando feições praianas.

O relevo da Região Metropolitana de Fortaleza foi dividido por Brandão (1998) nas seguintes unidades geomorfológicas (Fig. 2B): a) planície litorânea (campos de dunas e planícies flúvio-marinhas; b) glaciis pré-litorâneos (tabuleiros pré-litorâneos e planícies fluviais); c) depressão sertaneja (pedimentos conservados e



pedimentos dissecados em colinas) e maciços residuais (cristas e colinas, interflúvios tabulares e grupamentos de *inselbergs*).

Geologia O quadro geológico da Região Metropolitana de Fortaleza possui cerca de 20% constituído por rochas do embasamento cristalino e 80% de litologias cenozóicas da formação Barreiras, coberturas colúvio-eluviais, paleodunas, dunas móveis e depósitos flúvio-aluvionares e de mangues (Fig. 1).

A *Formação Barreiras* está representada por seqüência sedimentar de idade terciária (Mioceno ao Pleistoceno), cujos sedimentos são heterogêneos, predominantemente areno-argilosos pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarela, com freqüente aspecto variegado, grãos mal selecionados, de granulação fina a média, exibindo, localmente, níveis lateríticos e horizontes conglomeráticos, além de uma boa permeabilidade.

Ela se distribui em faixa de largura variável acompanhando a linha de costa, contígua aos sedimentos eólicos antigos e atuais, com afloramentos muito próximos ao litoral e, por vezes, na linha de praia, em falésias, assumindo formas tabulares.

Os espaços onde ocorrem coberturas colúvio-eluviais são adequados para instalação de cemitérios, enquanto afastadas da franja de crescimento da metrópole, por constituírem-se de material areno-argiloso, principalmente em espaços de ocorrências de feições tabulares.

Depósitos de paleodunas (dunas edafizadas): são depósitos formados por areias inconsolidadas trazidas pelo vento. Apresentam-se, às vezes, compactados, e mostram areias bem selecionadas, de granulação fina a média, às vezes micácea com tons amarelados, alaranjados e acinzentados, de composição quartzosa e/ou quartzo-feldspática, distribuídas em faixa de largura estimada 2 a 4 km ao longo da linha de costa, vizinhas às dunas recentes.

No meio do cordão de dunas móveis aparecem as dunas fixas e de idades antigas. As dunas fixas (dunas edafizadas) são menos elevadas e apresentam uma cobertura de vegetação rasteira que impede a ação dos ventos (processos eólicos).

Na porção leste da R.M.F. (Aquiraz), esses sedimentos podem atingir até cerca de 20 km além da linha de costa. Estão assentados discordantemente sobre os sedimentos do Grupo Barreiras e, em parte, são cobertos pelas dunas móveis ou recentes. Correspondem à geração mais antiga de dunas e mostram fixação de revestimento vegetal de fácil identificação no campo. Sua espessura pode variar próximo à costa, na ordem de 15 metros, atingindo proporções mais elevadas.

Depósitos de dunas recentes e dunas móveis correspondem a sedimentos formados a partir da acumulação de sedimentos removidos da face de praia pela deflação eólica, com distribuição em forma de cordão paralelo à linha de costa, esboçado da linha de praia alta, com largura na ordem de 2 a 3 km e espessuras que podem atingir 30 metros. Sua composição compreende areias esbranquiçadas, bem selecionadas, granulação fina a média, quartzosas, com grãos de quartzo foscos e arredondados, encerrando níveis de minerais pesados, sobretudo ilmenita. Apresentam estratificações cruzadas e se caracterizam pela ausência de vegetação e fácil reconhecimento, no campo.

As dunas móveis, no litoral cearense, estendem-se como um cordão contínuo logo após a zona de praia e não apresentam cobertura vegetal, facilitando o trânsito das areias de uma área a outra. Essas dunas móveis podem atingir 50 metros de altura.

Os campos de dunas móveis de toda a R.M.F. caracterizam-se pela ausência de vegetação, podendo se encontrar a presença de flora herbácea, que ameniza os efeitos da dinâmica eólica. O constante fluxo de sedimentos resultante do retrabalhamento de dunas ocasiona o assoreamento de pequenos canais fluviais e impede que alguns cursos de água alcancem livremente o oceano (Brandão 1998).

Os espaços com domínio de dunas recentes e móveis são desaconselháveis para instalações de cemitérios, uma vez que fazem parte do aquífero costeiro, que representa a reserva estratégica de água subterrânea da Região Metropolitana de Fortaleza.

Depósitos Flúvio-Aluviais são constituídos por depósitos mal selecionados de areia, cascalho, silte e argilas, com ou sem matéria orgânica, abrangendo os sedimentos fluviais, lacustres ou estuarinos recentes. Mostram-se ao longo das principais drenagens, provenientes do retrabalhamento das unidades litológicas existentes. Constituem espaços a serem preservados.

Mangues os manguezais nas embocaduras dos rios têm uma grande expressão espacial, apresentando-se parcialmente degradados devido às atividades salineiras, camaroeiras, além da piscicultura.

A fragilidade do equilíbrio ecológico e a importância natural e social dos mangues presume considerar-se esses ambientes como espaços a serem preservados e/ou conservados, não se prestando para a instalação de cemitérios.

A criação do Parque do Cocó, em Fortaleza, tem contribuído de certa forma, para a preservação desse equilíbrio ecológico na região do rio Cocó, que é alvo



de grande especulação imobiliária, principalmente na região mais nobre de Fortaleza (bairros Aldeota e Papicu).

Investigações geofísicas As técnicas geofísicas têm avançado sistematicamente nas últimas décadas e contribuído sobremaneira nos diversos estudos da litosfera. Nas áreas metropolitanas a aplicação da metodologia geofísica oferece maiores detalhes das estruturas geológicas, comparadas com outras metodologias direcionadas à geologia de superfície. Os métodos potenciais (magnetometria e gravimetria), caracterizados por parâmetros estabelecidos pelas suscetibilidades magnéticas e densidades das rochas, permitem reconhecer um quadro regional das propriedades físicas de um segmento litosférico. Os métodos elétricos e elétrico-magnéticos e o SP (*Spontaneous Potencial*) têm contribuído satisfatoriamente nos terrenos sedimentares nos problemas voltados para água e aplicações geológicas, muito solicitados nas áreas metropolitanas.

Na região Metropolitana de Fortaleza tem-se um embasamento com rochas metamórficas, sobrepostas por delgada cobertura de sedimentos terciários e quaternários, além da ocorrência corpos terciários de rochas vulcânicas alcalinas (fonólitos, traquitos, tufo e essexitos).

Os métodos geofísicos (SP, eletromagnético e de eletrorresistividade), a serem empregados na Região Metropolitana de Fortaleza, deverão estar voltados para o estabelecimento de subsídios à solução de problemas de contaminação das águas subterrâneas por pluma de necrochorume de subsuperfície.

Sondagens elétricas verticais mostram profundidades do topo e da base do aquífero. Os caminhamentos eletromagnéticos são empregados para detectar possíveis locais de contaminação. Sondagem elétrica vertical (S.E.V.) e Caminhamentos Eletromagnéticos associados determinam profundidades do nível de água do substrato rochoso, bem como a possível contaminação do aquífero.

Método Eletromagnético O método eletromagnético consiste na transmissão de um campo magnético induzido no terreno para coleta de anomalias eletromagnéticas, determinadas pela apresentação de um novo campo eletromagnético resultante, coletado pelo aparelho (VLF) de uma componente resultante dos campos (induzido e o novo campo registrado). O método serve para monitoramento da água subterrânea, determinando se ela é salgada, salina, salobra ou doce.

Método Elétrico de Eletrorresistividade A eletrorresistividade é um dos mais importantes métodos geofísicos que podem ser utilizados no estudo de águas subterrâneas. Desses métodos geofísicos, alguns deles

fornece dados sobre as condições dos materiais do subsolo, como espessura das camadas, grau de compactação, profundidade do topo rochoso e, também, no caso de se possuir dados geológicos confiáveis para controle, subsidiar informações sobre tipos de rochas existentes em profundidade, possibilitando o mapeamento de feições hidrogeológicas naturais relacionadas aos estratos geoeletricos que caracterizam sedimentos porosos.

Outros métodos geofísicos utilizados em investigações hidrogeológicas podem fornecer informações diretas sobre as propriedades físicas e/ou químicas da água, associadas à presença ou não de substâncias poluentes. As águas subterrâneas contaminadas de origens diversas, pela água salgada de origem marinha, substâncias químicas provenientes de resíduos industriais, rejeitos orgânicos ou líquidos percolados de aterros sanitários, caracterizam-se por apresentar uma maior mineralização e/ou temperatura mais elevada, o que faz aumentar sensivelmente sua condutividade. Todavia, os métodos que medem essa propriedade física da água que se apresentam como os mais adequados para o estudo de sua qualidade, prestam-se, também, para o estudo das feições hidrogeológicas e das condições dos materiais do substrato rochoso.

Vale ressaltar, que a resistividade dos materiais do subsolo é um parâmetro que depende quase que exclusivamente da quantidade e qualidade da água que ocupa seus espaços vazios. Tratando-se de rochas cristalinas, geralmente compactas, elas tendem a apresentar uma resistividade bem mais elevada do que as rochas sedimentares, essas normalmente apresentam alguma porosidade, e podem armazenar maior ou menor quantidade de água de saturação.

Concernente, ainda, às rochas sedimentares, um solo arenoso, quando seco, apresenta uma resistividade muito alta. O mesmo solo, saturado de água, pode apresentar uma resistividade dezenas de vezes menor, e, no caso dessa água de saturação estar salgada, e não doce, essa resistividade será menor ainda.

Não obstante, a água subterrânea contaminada por substâncias químicas, sejam elas de origem orgânica ou inorgânica, mostra uma tendência de uma resistividade menor que a da água não contaminada e, essa diferença será conseqüentemente, tanto maior quanto maior for a quantidade de sais e outras substâncias químicas nela dissolvidas.

Os procedimentos mais utilizados na medida da resistividade dos materiais do subsolo são os da sondagem elétrica, caminhamento eletromagnético e perfilagem geofísica de poços.

Neste trabalho sugere-se o emprego associado dos métodos de eletrorresistividade (linhas de Sondagem



Elétricas por arranjo *Schlumberger*) e caminhamentos eletromagnéticos, utilizados na medida da resistividade dos materiais de subsolo, além de SP.

O método da eletrorresistividade baseia-se na medida da resistividade elétrica da seção geoeletrica, que inclui o solo, a rocha e a água subterrânea. A sondagem elétrica vertical (S.E.V.) consiste na aplicação de uma corrente elétrica à superfície do solo, por meio de dois eletrodos A e B, chamados eletrodos de corrente, onde existirá um fluxo de corrente entre esses eletrodos e na medição da diferença de potencial entre dois diferentes pontos da superfície do solo, chamados eletrodos de potenciais, onde é possível determinar-se o comportamento das linhas de corrente em sub-superfície, face às linhas eqüipotenciais (que unem pontos de mesmo potencial e são perpendiculares às linhas de corrente).

Método SP (Spontaneous Potential) O método SP está baseado na medição do potencial elétrico associado a correntes elétricas naturais que fluem em subsuperfície. As paredes dos materiais por onde a água subterrânea se move, geralmente, retêm os íons negativos, enquanto os íons positivos são levados pelo movimento da água, concentrando-se no final dos poros. Daí resulta uma diferença de potencial entre os extremos dos capilares, que reflete o inverso da topografia do aquífero e seu comportamento de fluxo. O caminhamento elétrico deve ser realizado com corrente contínua, injetado em dois pontos do terreno, estando o eletrodo de referência mantido fora dos cemitérios, com medição de diferença potencial com eletrodos não polarizáveis, com distância de 15 metros, deslocando-se de 30 em 30 metros (Costa 2001).

Seleção de espaços para futura instalação de cemitérios na R.M.F. A instalação de cemitérios constitui tarefa extremamente delicada em face dos altos riscos de contaminação das águas subterrâneas e superficiais e solos, como mencionado anteriormente. Os espaços favoráveis à instalação de obras civis de construção de cemitérios devem-se localizar o mais afastado possível do perímetro urbano, fora da franja de crescimento das cidades, uma vez que esses espaços de destinação final podem representar risco à contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais do entorno.

A instalação de novos cemitérios requer rigorosa observância da legislação em vigor, estudos antecipados da geologia local, alguns parâmetros hidrogeológicos e execução de trabalhos geofísicos, aliados às outras atividades de investigação. Assim sendo, deve-se seguir a metodologia anteriormente proposta.

Os tabuleiros da Formação Barreiras, constituídos por solos areno-argilosos, mais espessos, constituem os espaços mais indicados no âmbito da Região Metropolitana de Fortaleza. Os trechos elevados do terreno, onde são esperados níveis de lençol freático abaixo de 4 metros, são mais adequados para instalação de cemitérios, por se tratarem de espaços onde se espera seja atenuada, controlada, retardada ou impedida a contaminação (Fig. 4).

Uma segunda opção de espaços seriam aqueles onde ocorrem solos areno-argilosos (coberturas colúvio-eluviais), próximos aos tabuleiros (Ver Fig. 3).

São desaconselháveis as regiões alagadiças, aluviões, planícies de inundação de rios, várzeas, dunas, paleodunas, cabeceiras de córregos, espaços próximos a açudes, mangues e trechos com declividade acentuada (acima de 30°).

Espaços selecionados	Localização aproximada	Coordenadas geográficas
1	Penitenciária P. Sarasate	38°30' e 4°10'
2	Idem	38°25' e 4°12'
3	Messejana	38°25' e 3°50'
4	Vila de Capuan	38°15' e 3°45'
5	Jardim Fortaleza	38°10' e 3°50'
6	Tucunduva	38°45' e 3°54'
7	Tucunduva	38°48' e 3°02'
8	Pinhões	38°55' e 3°53'

Espaços Selecionados para futuros cemitérios na R.M.F. (Fig. 4)

CONCLUSÕES Como considerações finais sugerem-se, para cemitérios antigos já instalados, pesquisa e estudos para definição de medidas atenuantes, caso seja constata a contaminação por meio de resultados de análises. Além de que:

- a instalação de poços tubulares ou cacimbões, nas proximidades de cemitérios, para captação de água para uso doméstico, deverá seguir critérios técnicos e obedecer à distância mínima de 100 metros, a partir das paredes daqueles, e os poços, porventura, situados entre essa distância mínima e as paredes, devem ser fechados. Em espaços onde o solo mostre-se de composição arenosa, poços e cacimbões devem ser fechados, diante de suas susceptibilidades à contaminação;

- compromisso de incorporar a variável ambiental na seleção de espaços para instalação de novos cemitérios, por órgãos governamentais ou empresas privadas, é de fundamental importância;

- cremação: urge mudança de cultura da população, para maior aceitação da cremação.



- enterramentos deveriam ser feitos, no âmbito da Região Metropolitana de Fortaleza, em caixas de zinco ou concreto, se realizados em subsuperfície;
- construção de necrópole de alvenaria à semelhança das catacumbas romanas, dessa feita, porém, edificada em superfície, com formato de pavilhão, no qual as gavetas/urnas funerárias seriam construídas empilhadas em diversos andares, sendo os gases e necrochorume coletados e tratados, localmente, e
- implantação de cortina verde, por dentro e ao longo das paredes dos cemitérios antigos e novos, afim se evitem impactos urbanísticos e paisagísticos à cidade e impactos psicológicos a transeuntes.

Os tabuleiros da Formação Barreiras, constituídos por solos areno-argilosos, mais espessos, constituem os espaços mais indicados no âmbito da Região

Metropolitana de Fortaleza. Os trechos elevados do terreno, onde são esperados níveis de lençol freático abaixo de 4 metros, são mais adequados para instalação de cemitérios, por se tratarem de espaços onde se espera seja atenuada, controlada, retardada ou impedida a contaminação.

Uma segunda opção de espaços seriam aqueles onde ocorrem solos areno-argilosos (coberturas colúvio-eluviais), próximos aos tabuleiros (Fig. 3).

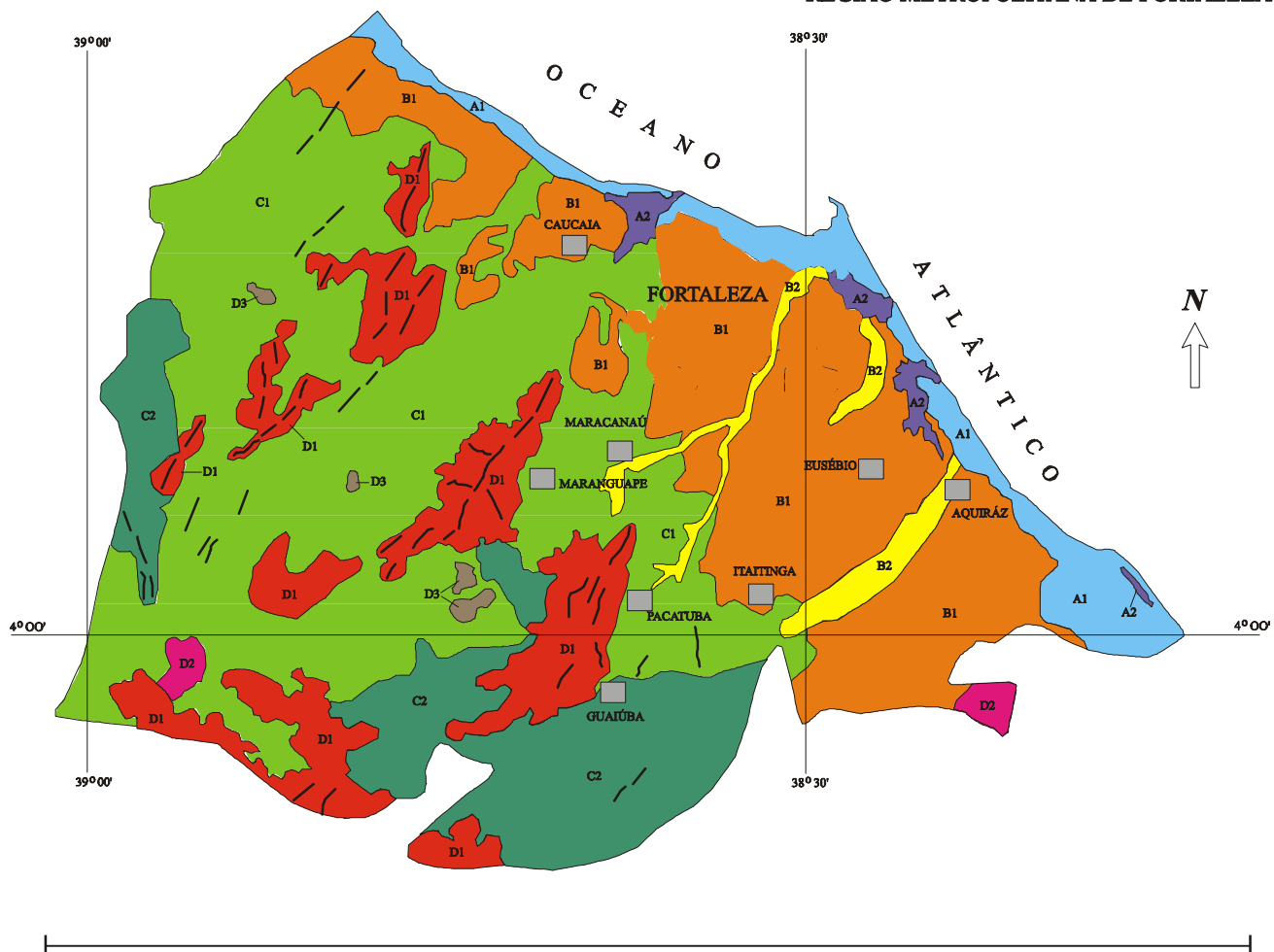
São desaconselháveis as regiões alagadiças, aluviões, planícies de inundação de rios, várzeas, dunas, paleodunas, cabeceiras de córregos, espaços próximos a açudes, mangues e trechos com declividade acentuada (acima de 30°).

Referências

- BRANDÃO R.L. 1995. *Projeto SINFOR: diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da região metropolitana de Fortaleza*. Fortaleza: CPRM, 105 p. il. (Série Ordenamento Territorial, 1).
- BRANDÃO R.L. 1998. *Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza*. Fortaleza: CPRM, 105p. il.
- COSTA A.C.L. 1998. *A Geomorfologia do estado do Ceará*. Fortaleza: UECE,
- COSTA E.G.A. 1996. Destinação dos resíduos urbanos da região metropolitana de Fortaleza. *Revista Econômica do Nordeste*. **27**(2).
- COSTA E.G.A. 2001. *Seleção de espaços para instalação de cemitérios na Região Metropolitana de Fortaleza. Os cemitérios antigos e seus impactos*. 2001. 54 f. Monografia (Especialização na Metodologia do Ensino da Geografia). Departamento de Geografia. Universidade Estadual do Ceará., Fortaleza.
- EHRLICH H.L. 1972. Iron, Oxidation and Reduction – Microbial. In: FAIRBRIDGE R.W. *The encyclopedia of geochemistry and environmental Sciences*. New York: Van Nostrand Reinhold Company. pp.: 610-612.
- FALCÃO JÚNIOR M.A. & SILVA L.C.S. 1995. *SP e eletrorresistividade aplicados ao estudo hidrogeológico de um cemitério*. Belém: Centro de geociências/ UFPA. 6p.
- MARINHO A.M.P. 1998. *Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios: estudo do caso do cemitério S. João Batista, Fortaleza – CE*. Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia). - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 1998.
- MESTRINHO S.S.P. 1998. *Geoquímica e contaminação de águas subterrâneas*. Fortaleza: ABAS/CPRM, 100p.
- OLIVEIRA J.F. 1998. *Contribuição dos métodos geofísicos (magnetometria, gravimetria e eletrorresistividade) à geologia costeira da região metropolitana de Fortaleza*. Dissertação (Mestrado em Geofísica). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 1998.
- PACHECO A., MENDES J.M.B., MARTINS T. 1991. Cemeteries: a potential risk to groundwater. *Water. Scientific, Technology.*, **24**(11):97-104.
- PACHECO A., TORRES S.L. 1993. Cemitérios e meio ambiente: riscos e medidas de proteção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 4. Cuiabá. *Anais...* Cuiabá: [s.n.], 1993.
- PACHECO A. 1986. Os Cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento. *Spam*, **17**:25-30.
- PACHECO A., MENDES J.M.B. 1990. Cemitérios podem contaminar as águas subterrâneas. *Saneamento ambiental*, **6**: 31-33.



REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA



Unidades Geomorfológicas

A - Planície Litorânea

A1 Campos de dunas

A2 Planícies flúvio-marinhas

B - Glacis Pré-Litorâneos

B1 Tabuleiros pré-litorâneos

B2 Planícies fluviais

C - Depressão Sertaneja

C1 Pedimentos conservados

C2 Pedimentos dissecados em colinas

D - Maciços Residuais

D1 Cristas e colinas

D2 Interflúvios tabulares

D3 Grupamentos de inselbergs

Símbolos

— Alinhamento de cristas

■ Sede municipal

5 0 5 10 15 Km
ESCALA

Fonte: Brandão, 1998 (modif.)

Figura 01 - Mapa Geomorfológico da Região Metropolitana de Fortaleza



REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

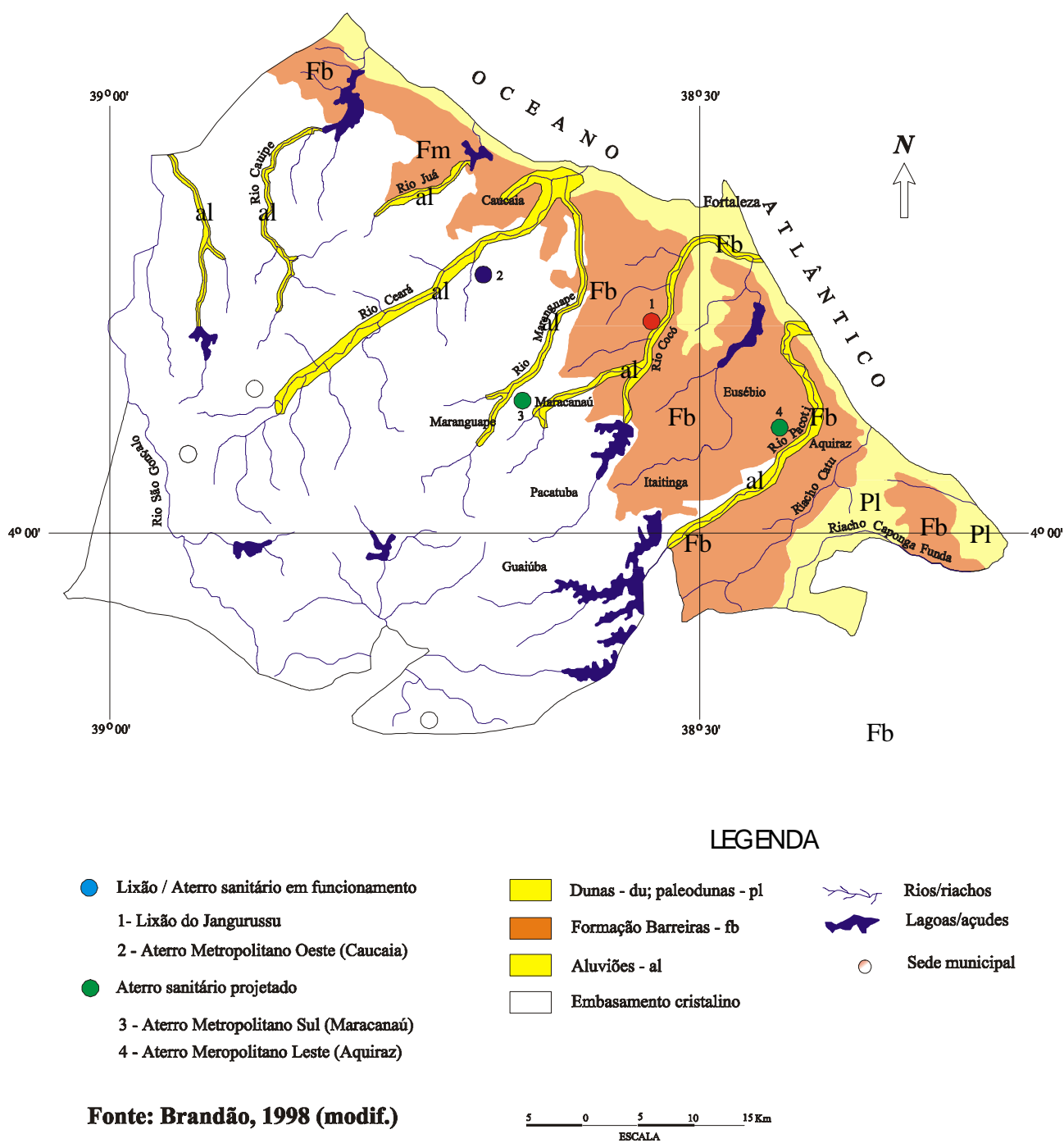


Figura 02 - Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza

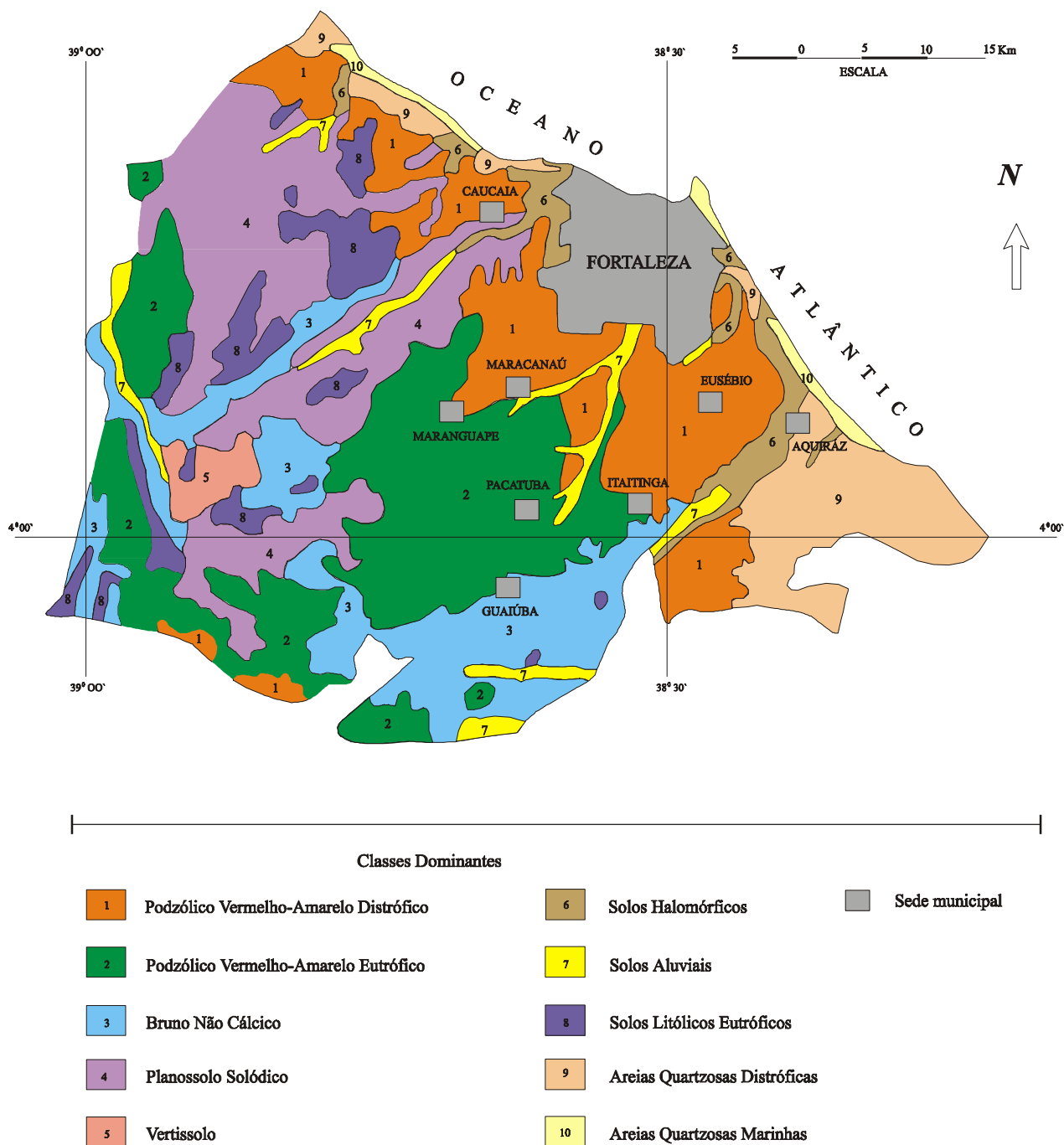


Figura 03 - Mapa de solos da Região Metropolitana de Fortaleza



REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

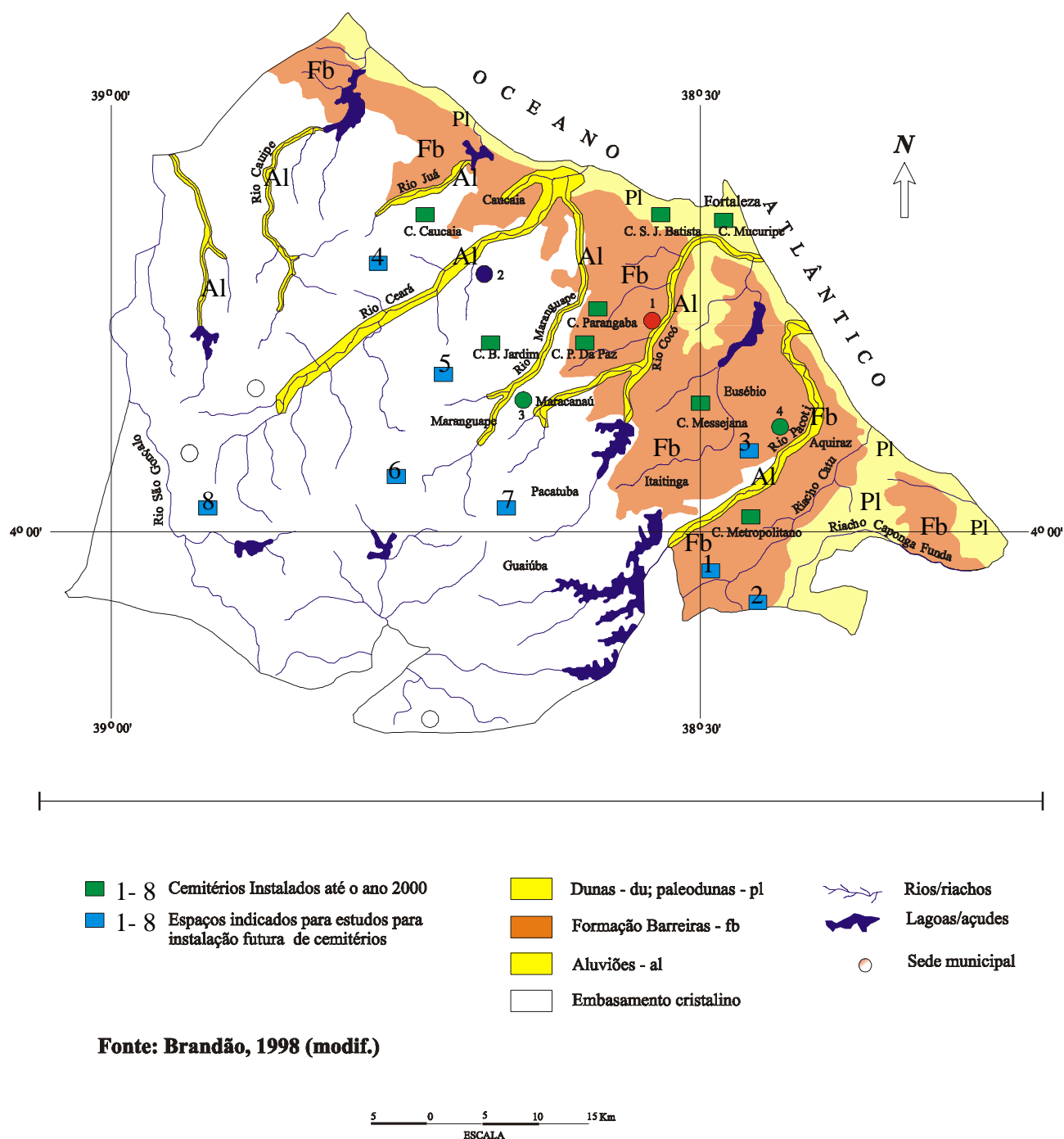
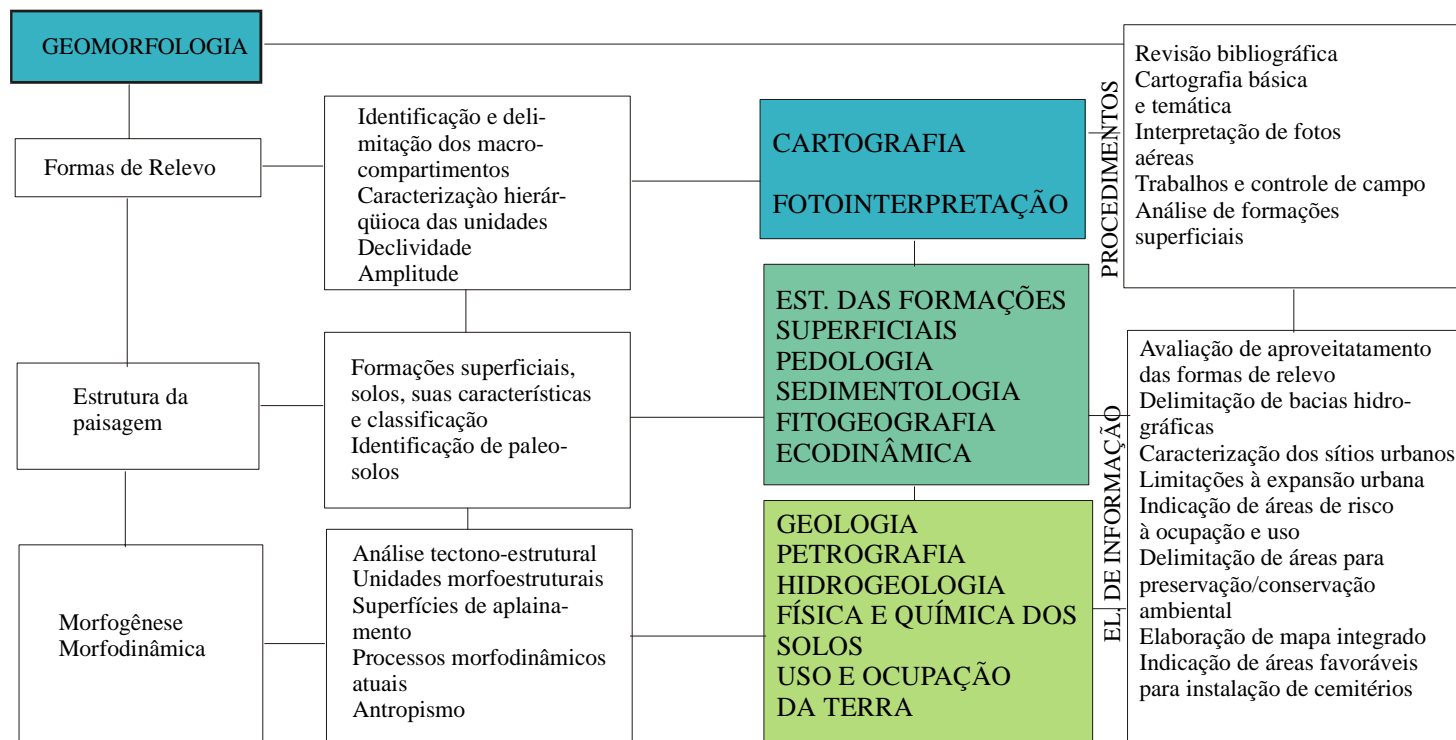


Figura 04 - Mapa de cemitérios da Região Metropolitana de Fortaleza



**FLUXOGRAMA - INVESTIGAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS
INSTALAÇÃO DE CEMITÉRIOS NA R.M.F**

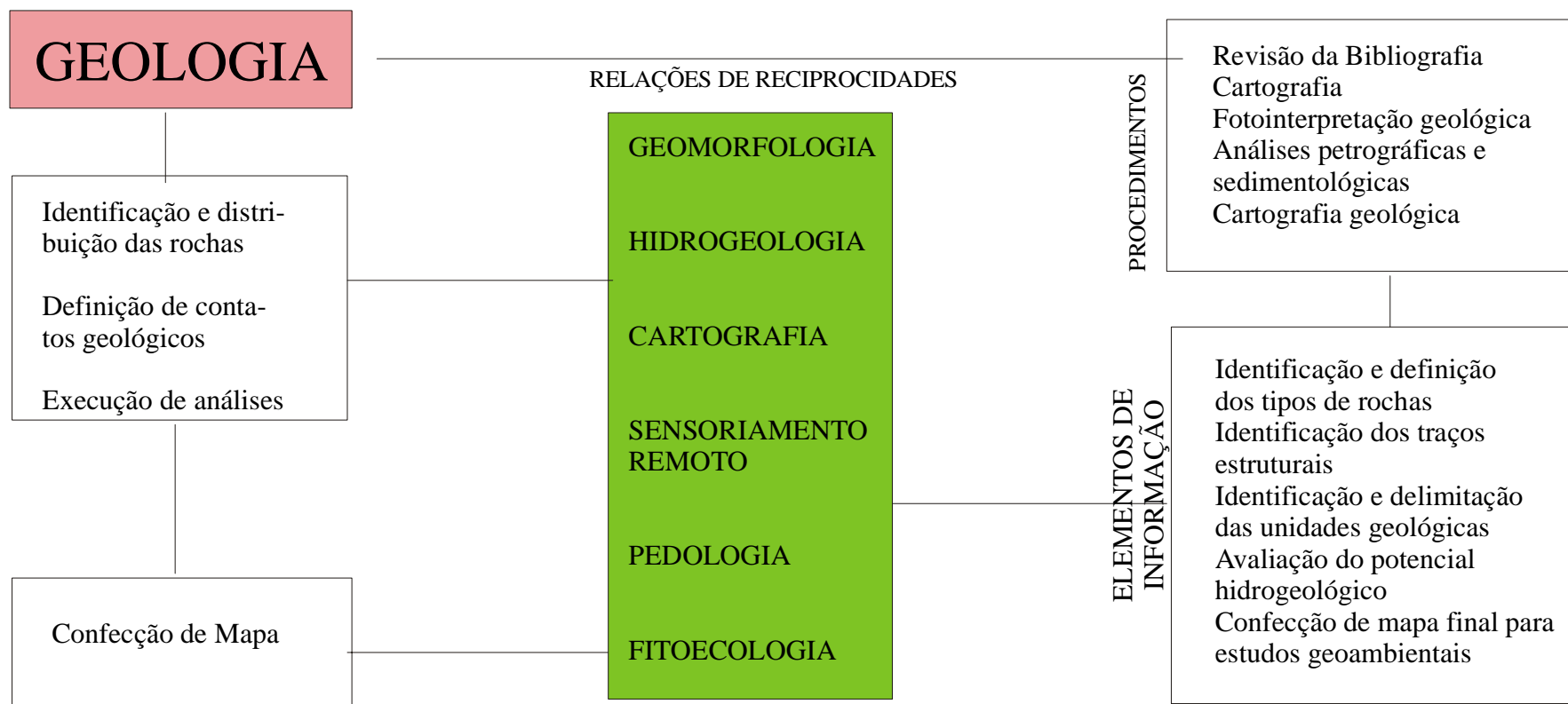


Fonte: Souza, 2000(modif.)

ANEXO 01



FLUXOGRAMA -INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS INSTALAÇÃO DE CEMITÉRIOS NA R.M.F



Fonte: Souza, 2000 (modif.)

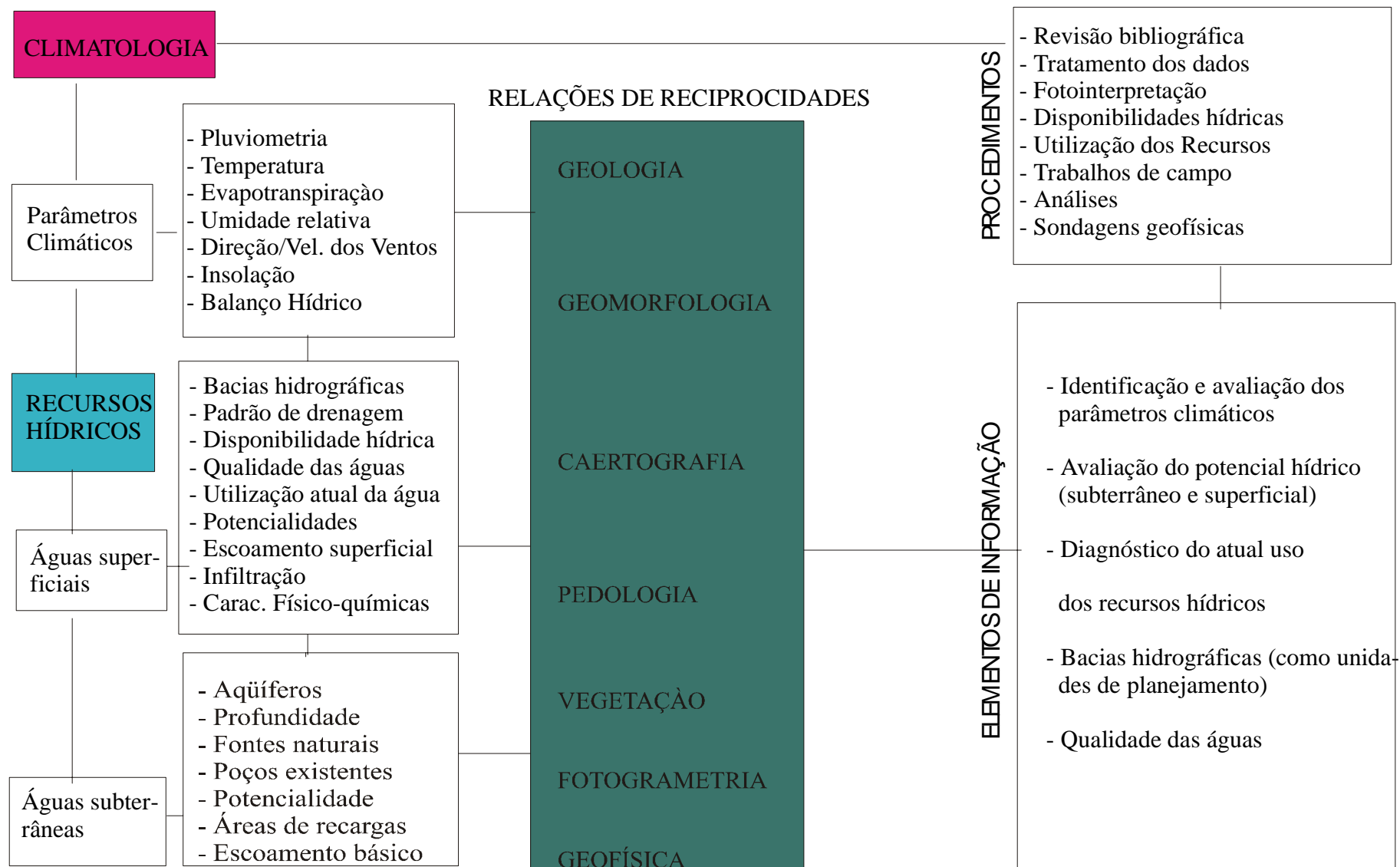
ANEXO 02



FLUXOGRAMA - INVESTIGAÇÕES HIDROCLIMÁTICAS

XLIII Congresso Brasileiro de Geologia
Aracaju, 3 a 8 de setembro de 2006

INSTALAÇÃO DE CENTEIROS NA R. M. F



Fonte: Souza, 2000 (modif.)

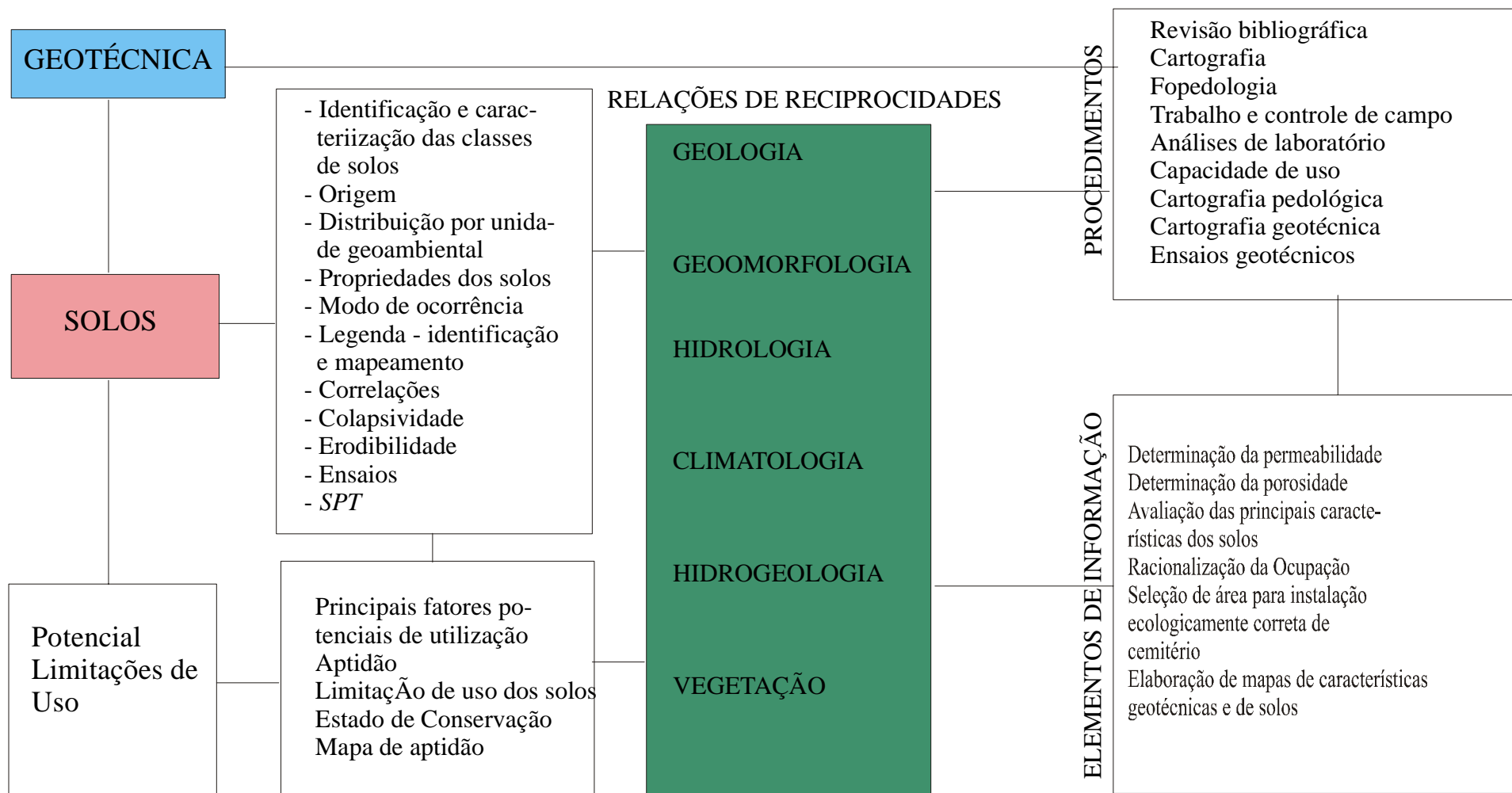
M.G. Silva & W.J.S. Franca-Rocha (org.). *Coletânea de trabalhos completos*. Salvador: SBG, 2008.

ANEXO 03



XLIII Congresso Brasileiro de Geologia
Aracaju, 3 a 8 de Setembro de 2006

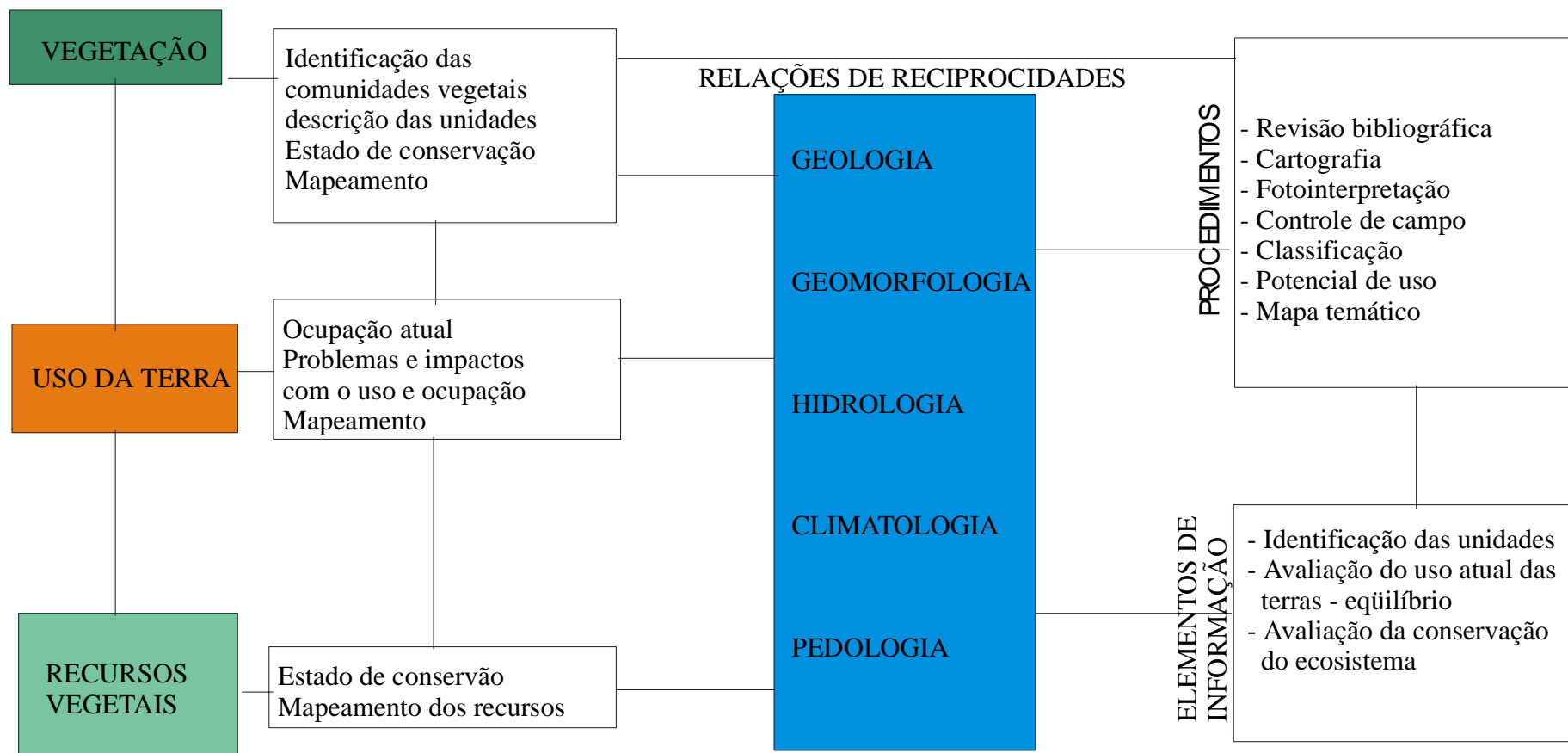
FLUXOGRAMA - INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS E DE SOLO INSTALAÇÃO DE CEMITÉRIOS NA R. M. F



Fonte: Souza, 2000 (modif.)



XLIII Congresso Brasileiro de Geologia
FLUXOGRAMA DE INVESTIGAÇÕES DA VEGETAÇÃO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
INSTALAÇÃO DE CEMITÉRIOS NA R. M. F.



Fonte: Souza, 2000(modif.)

ANEXO 05