

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**IDENTIFICAÇÃO DE DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NO RESERVATÓRIO SANTA
BÁRBARA, PELOTAS (RS)**

CARINA CRISTIANE KORB

ORIENTADOR(A): PROF. DR^a. DIRCE MARIA ANTUNES SUERTEGARAY

PORTO ALEGRE, MARÇO DE 2006.

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**IDENTIFICAÇÃO DE DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NO RESERVATÓRIO SANTA
BÁRBARA, PELOTAS (RS)**

CARINA CRISTIANE KORB

Orientador(a): Prof. Dr^a. Dirce Maria Antunes Suertegaray

**Banca Examinadora: Prof. Dr. Antonio Manoel dos Santos Oliveira
Prof. Dr. Luís Alberto Basso
Prof. Dr^a. Nina S. V. M. Fujimoto**

**Dissertação de Mestrado
apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia
como requisito para obtenção
do Título de Mestre em
Geografia.**

PORTO ALEGRE, MARÇO DE 2006.

Korb, Carina Cristiane

Identificação de depósitos tecnogênicos no reservatório Santa Bárbara, Pelotas (RS). / Carina Cristiane Korb - Porto Alegre : UFRGS, 2006.

[184 f.] il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS - BR, 2006.

1. Geografia. 2. Depósitos Tecnogênicos. 3. Reservatório Santa Bárbara, Pelotas (RS). 4. Antropização Ambiental. I. Título.

CDU 911.2(816.5)

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências - UFRGS
Renata Cristina Grun CRB10/1113

*Dedico esta Dissertação a toda minha Família,
Aos meus Amigos e
A todos aqueles que acreditam em uma Geografia
Una e Múltipla,
Questionadora, Reflexiva,
Apontando para o caminho das soluções...*

“Com a presença do Homem sobre a Terra, a Natureza está, sempre, sendo redescoberta, desde o fim de sua História Natural e a criação de uma Natureza Social, ao desencantamento do Mundo, com a passagem de uma ordem vital e uma ordem racional. Mas agora, quando o natural cede lugar ao artefato e a racionalidade triunfante se revela através da natureza instrumentalizada, esta, portanto domesticada, nos é apresentada como sobrenatural” (Santos, 1997).

AGRADECIMENTOS

Desejo aqui agradecer a todas as pessoas (não em ordem de importância) que convivi durante o período de Mestrado, pois cada uma delas, de uma forma ou de outra, contribuiu com uma parcela importante para a conclusão desta Dissertação. Em especial quero agradecer:

a minha mãe, Clair Ristow, pelo apoio incondicional!

ao Luciano Porto, pelo companheirismo e também pela sua ajuda em todos os trabalhos de campo. À Dulce Porto Dias e família, pela moradia no início desta caminhada.

a Michelle Aguiar e Alfonso Neto, que se revelaram grandes amigos, agradeço pela troca de conhecimentos.

a CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, através do Programa Institucional de Capacitação Docente e Técnica. À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pela oportunidade oferecida.

ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, na pessoa da amiga Zélia Silva Zaghetto que, no cumprimento de sua função, ajudou-me com os ofícios necessários para os trabalhos de campo e de laboratório.

aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Geografia e, em especial à minha orientadora e amiga, Prof. Dr^a. Dirce Suertegaray, por ter contribuído com todo seu conhecimento, competência e amizade, compartilhando todas as inquietações geográficas da pesquisa, e sempre me mostrando que 'o caminho se faz ao caminhar'.

ao Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, pela disponibilização das imagens orbitais.

ao Centro de Estudos Costeiros da UFRGS, especialmente a Gilberto Santos que, com sua competência e experiência, possibilitou auxílio técnico nos materiais de campo, análises de laboratório e esclarecimentos geológicos.

à José Cristiano, da SEURB/PMPELOTAS, pelo auxílio com materiais locais (acervos de fotografias aéreas, etc). Ao SANEP, pela permissão para realização dos trabalhos na Barragem Santa Bárbara.

ao Centro de Ecologia por ter oportunizado as análises, em laboratório, dos metais pesados.

a Fundação Universidade Federal de Rio Grande (FURG), sobretudo na pessoa do Prof. Gilberto Griep por ter auxiliado na concretização das coletas dos testemunhos geológicos e, ao Prof. João Vieira, por ter emprestado o bote para o campo. Ao Edgar Coutinho, da Frota Oceanográfica pela ajuda na coleta do material geológico.

aos colegas, Eri Bellanca pela confecção das peneiras de PVC e, Clódis Filho, pela ajuda no processo de classificação das imagens.

aos colegas do Núcleo de Estudos Geografia e Ambiente (NEGA), pelos momentos de discussões teóricas, amizade e descontração e, até mesmo, desconstrução. E a JUC7 (Juventude Universitária Católica Casa 7) pela moradia estudantil.

Carina Korb

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	I
SUMÁRIO	III
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE GRÁFICOS	VI
LISTA DE QUADROS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
INTRODUÇÃO	13
1. ÁREA DE ESTUDO: CARACTERÍSTICAS GERAIS	19
1.2 Caracterização do Meio Físico da Bacia de Drenagem do Arroio Santa Bárbara	23
1.3 Do Espaço que antecede ao que sucede à construção do Reservatório Santa Bárbara	30
2. RESERVATÓRIOS E DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS: INSPIRAÇÕES TEÓRICAS	39
2.1 Do espaço geográfico ao ambiente	42
2.2 Tempo Geológico, Tempo Geomorfológico	46
2.3 Concepções Fundamentadoras	50
2.3.1 O Homem como agente geológico	50
2.3.2 Depósitos Tecnogênicos: conceito e classificação	54
2.3.3 Tecnógeno: técnica e transformação da natureza	58

3. O ESTADO DA ARTE DO TECNÓGENO BRASILEIRO	64
4. O USO DO SOLO E DINÂMICA ESPACIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SANTA BÁRBARA	84
4.1. A metodologia utilizada no mapeamento do Uso e Ocupação do Solo	84
4.2. A caracterização das transformações espaço-temporais do Uso e Ocupação do Solo da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara	89
5. OS DEPÓSITOS DO RESERVATÓRIO SANTA BÁRBARA	98
5.1 A Testemunhagem	98
5.2 A análise dos testemunhos: procedimentos operacionais	103
5.2.1 A coloração dos grãos	103
5.2.2 Análise granulométrica	105
5.2.3 Identificação dos artefatos	108
5.2.4 Identificação do teor de Matéria Orgânica (M.O.)	109
5.2.5 A análise de metais pesados	110
5.3 A interpretação dos dados	120
5.3.1 Coloração, Textura e Matéria Orgânica	120
5.3.2 A Concentração de Pb, Cu, Cr e Zn nos sedimentos dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara	135
5.3.2.1 O Fator de Contaminação (FC)	138
5.3.2.2 O Índice de Geoacumulação (Igeo)	142
5.3.2.3 Identificação e Classificação dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara	144
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	146

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151
ANEXOS	165

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Localização da área de estudo.	21
FIGURA 2. Compartimentação geomorfológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.	24
FIGURA 3. Parte da compartimentação geológico-geomorfológica do município de Pelotas (RS).	26
FIGURA 4. Corticeira-do-banhado e bromélias (mata aluvial).	28
FIGURA 5. Aspecto geral da vegetação arbustiva (submontana) na porção superior da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara.	28
FIGURA 6. Vegetação juncácea e mata aluvial, entorno do Reservatório Santa Bárbara.	29
FIGURA 7. Mapa de Uso e Ocupação do solo - 1988 - bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara.	91
FIGURA 8. Mapa de Uso e Ocupação do solo - 2002. Bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara.	92
FIGURA 9. Localização dos testemunhos coletados no reservatório Santa Bárbara.	100
FIGURA 10. Testemunhador a percussão (a esquerda) e retirada do tubo de pvc (a direita).	102
FIGURA 11. Abertura dos tubos de pvc com serra.	103
FIGURA 12. Sedimentos lamosos em provetas para a pipetagem.	107

FIGURA 13. Peneira de pvc confeccionada para a peneiração dos grãos destinados à análise de metais pesados; almofariz e pistilo de borracha. _____	113
FIGURA 14. Amostras destinadas à análise de metais pesados reservadas em sacos plásticos. _____	114
FIGURA 15. Amostras em bombas de teflon, sistema fechado. _____	116
FIGURA 16. Filtragem dos precipitados em balões volumétricos. _____	117
FIGURA 17. Perfil dos testemunhos após a abertura. _____	123
FIGURA 18. Mapa batimétrico – Reservatório Santa Bárbara. _____	124
FIGURA 19. Representação esquemática dos testemunhos descritos. _____	126
FIGURA 20. Aspecto geral da Sanga da Barbuda, corpo receptor de efluentes urbanos e agrícolas, correspondente ao T2. _____	130
FIGURA 21. Floração de <i>microcystis</i> (a) e <i>anabaena</i> (b) nas águas do Reservatório Santa Bárbara. _____	134

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Número de habitantes do município de Pelotas. _____	23
GRÁFICO 2. Número de habitantes do município de Pelotas - Urbana e rural - de 1940 a 2000. _____	94
GRÁFICO 3. Comportamento da precipitação média dos meses de janeiro - Pelotas (RS) - 1978 a 2005. _____	132
GRÁFICO 4. Concentração dos elementos Pb, Cu, Cr e Zn - Depósitos do Reservatório Santa Bárbara, Pelotas (RS). _____	135

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Classificação integrada dos depósitos tecnogênicos, segundo Peloggia (1999). Referências: A) Oliveira, 1990; B) Nolasco, 1998; C) Fanning & Fanning, 1989; D) Osovetskiy, 1996. Fonte: Peloggia, 1999a. _____	57
QUADRO 2. Divisão proposta para o Quaternário, englobando-se o Tecnógeno. Fonte PELOGGIA, 1999b. _____	60
QUADRO 3. Variações das áreas de Classes de Uso e Ocupação do Solo da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara. _____	89
QUADRO 4. Descrição dos pontos realizada no dia da coleta, 29/01/2005. _____	99
QUADRO 5. Relação dos testemunhos e identificação das amostras. _____	104
QUADRO 6. Escala granulométrica de Wentworth _____	105
QUADRO 7. Relação de amostras destinadas à análise da M.O. _____	109
QUADRO 8. Nível de Base Natural (NBN) dos elementos-traço ($\mu\text{g/g}$) _____	118
QUADRO 9. Índice de Geoacumulação (Igeo) de metais pesados (adaptado de Muller, 1979) _____	120

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1. Fator de Contaminação (FC) para metais pesados dos sedimentos dos depósitos da Barragem Santa Bárbara utilizando como *background* os valores de Oliveira (2001). _____ 139
- TABELA 2. Fator de Contaminação (FC) para metais pesados dos sedimentos dos depósitos da Barragem Santa Bárbara utilizando como *background* os valores propostos por U.S.EPA (*apud* Rodrigues, 1997). _____ 140
- TABELA 3. Fator de Contaminação (FC) para metais pesados dos sedimentos dos depósitos da Barragem Santa Bárbara utilizando como *background* os valores propostos por Turekian & Wedephol (1961). _____ 140
- TABELA 4. Índice de Geoacumulação (Igeo) para metais pesados dos sedimentos dos depósitos da Barragem Santa Bárbara utilizando como *background* os valores de Oliveira (2001). _____ 143
- TABELA 5. Índice de Geoacumulação (Igeo) para metais pesados dos sedimentos dos depósitos da Barragem Santa Bárbara utilizando como *background* os valores de U.S.EPA (*apud* Rodrigues, 1997). _____ 143
- TABELA 6. Índice de Geoacumulação (Igeo) para metais pesados dos sedimentos dos depósitos da Barragem Santa Bárbara utilizando como *background* os valores de Turekian & Wedephol (1961). _____ 144

RESUMO

Os depósitos tecnogênicos constituem-se como testemunhos materiais de ambientes antropizados e podem resultar de processos naturais modificados pelas formas de apropriação do espaço como, por exemplo, o assoreamento de corpos d'água produzido pelo Uso e Ocupação do Solo. A originalidade destes depósitos e sua época de ocorrência caracterizam um tempo geológico distinto, definido ainda informalmente por vários autores, de Tecnógeno ou Quinário. O principal objetivo deste trabalho é analisar as influências da ação humana na formação e constituição dos depósitos derivados do assoreamento, no Reservatório Santa Bárbara, localizada no município de Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Para isto, foram feitos dois Mapas de Uso e Ocupação do Solo da bacia hidrográfica deste Reservatório, através de Classificação Supervisionada de imagem orbital, referente a duas épocas (1988, 2002). Esta classificação, através da quantificação de áreas, permitiu verificar mudanças espaço-temporais nas Classes mapeadas. Assim, em 1988, as Classes de Uso (Cobertura Vegetal: Mata e Campo) somavam 9903,6 hectares e, em 2002, 8313,2 hectares; e, as Classes de Ocupação (Área Urbanizada e Agricultura), 3242,3 hectares em 1988 e 4698,9 hectares no ano de 2002. Também foram realizadas análises de laboratório da coluna estratigráfica dos depósitos, a partir da coleta de testemunhos geológicos em áreas recentes de assoreamento, para obtenção da coloração dos grãos, de parâmetros texturais, da concentração de matéria orgânica, identificação de artefatos humanos e concentração de metais pesados (Pb, Cu, Cr, Zn). Os parâmetros texturais, associados à presença de artefatos humanos permitiram, em conjunto, verificar

registros tecnogênicos nos testemunhos e, delimitar fases de menor e maior antropização. A concentração dos metais pesados nos sedimentos, associada aos Mapas de Uso e Ocupação, possibilitou diagnosticar o enriquecimento de, principalmente, Pb e Zn, seguido do Cu e Cr, embora com um Índice de Geoacumulação de Classe 1, ou seja, pouco a moderadamente poluídos. Este parâmetro, associado aos sedimentares, contribui para identificação destes depósitos como tecnogênicos e, do moderado risco que representa à qualidade da água do Reservatório Santa Bárbara. Todos estes elementos tornaram possível a classificação destes depósitos como “*depósitos tecnogênicos induzidos sedimentares estratificados aluviformes de ambiente urbano e também rural*”.

Palavras-chaves: Depósitos tecnogênicos, Tecnógeno, Reservatório, Ambientes antropizados.

ABSTRACT

The technogenic deposits consist as anthropized material certifications e can result in modified natural processes by the appropriation of the space, for example, the siltation of water bodies produced by the use and occupation of the ground. The originality of these deposits and its time of occurrence characterizes a distinct geologic time, informally defined for some authors as Technogene or Quinary. The main objective this work is to analyse the influence of human action in the formation and constitution of the siltation derivated deposits, in Santa Bárbara Reservoir, located in the city of Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil. For this, two Maps of Use and Occupation of the Ground of the river basin of this Reservoir had been made, through Supervised Classification of orbital image referring two times (1988, 2002). This classification, through the quantification of areas, allowed to verify time-space changes in the mapped classes. Thus, in 1988, the Use Classes (Vegetal Covering: Bush and Field) added 9903,6 hectares and, in 2002, 8313,2 hectares; and, the Occupation Classes (Urbanized Area and Agriculture), 3242,3 hectares in 1988 and 4698,9 hectares in the year of 2002. Also analyses of laboratory of the stratigraphic column of the deposits had been carried through, from the collection of geologic certifications in recent areas of siltation, for attainment of the grains coloration, texture parameters, the organic substance concentration, identification of human devices and heavy metal concentration (Pb, Cu, Cr, Zn). The texture parameters, associated to the presence of human devices allowed, in set, to verify technogenic registers in the certifications and, to delimit minor and greater anthropization phases. The concentration of heavy metals in the sediments,

associated to the Use and Occupation Maps, made possible to diagnosis the enrichment of, mainly, Pb and Zn, followed of the Cu and Cr, even so with an Index of geologic acumulation of Class 1, or either, little moderately polluted. This parameter, associated with the sedimentary ones, contributes for identification of these deposits as technogenic and, the moderate risk that represents to the water quality in the Santa Bárbara Reservoir. All these elements allowed the classification of these deposits as *"river formed stratificated sedimentary induced of agricultural and urban environment technogenic deposits"*.

Keywords: Technogenic deposits, Technogene, Reservoir, Environment anthropized.

INTRODUÇÃO

As reflexões sobre a efetividade da relação entre os homens e a natureza nos estudos do Quaternário, surgem em temáticas como, por exemplo, do Tecnógeno e os depósitos tecnogênicos. Trata-se de temas que tiveram início com trabalhos publicados por autores soviéticos como Chemekov (1983) e Ter-Stepanian (1988) e, americanos como Marsh (1864) e Dov Nir (1983) onde estes dois últimos, embora não tratassem especificamente do Tecnógeno, envolvem a qualificação do papel da humanidade como agente geológico.

Segundo Nolasco (2002), no Brasil destacaram-se inicialmente, as idéias de Eschwege que em sua obra *Pluto Brasiliensis*, publicada no mesmo ano da primeira edição dos *Principles of Geology* de Lyell, em 1833, apresenta a primeira descrição de um depósito tecnogênico originado a partir do ciclo da mineração no Estado de Minas Gerais. As abordagens seguem na literatura, com a obra de Euclides da Cunha, *Os Sertões*, publicada no século XIX. E, em meios científicos, encontra-se a publicação de Büllow na década de 1970.

No meio acadêmico brasileiro, a temática desenvolveu-se recentemente, no início dos anos 1990, assumindo importância maior a partir do 1º Encontro Brasileiro do Tecnógeno (1º EBT), realizado em 2005.

Destacam-se no Brasil, segundo Oliveira (2005), as teses acadêmicas de Oliveira (1994), Peloggia (1997), Brannstrom (1998), Cunha (2000) e Nolasco (2002).

Estas concepções têm adquirido magnitude, sobretudo, a partir dos anos sessenta (1960), com o advento do movimento ambientalista e o surgimento de

indícios em escala planetária, de conseqüências da ação humana. Esta temática traz à Geologia, Geomorfologia e, também à Geografia, abordagens diferenciadas no sentido de promover concepções teóricas na qual o homem quanto ente social, passa a ser considerado um agente geológico e geomorfológico em potencial, tendo em vista sua capacidade de não apenas interferir, mas, participar das mudanças ambientais.

As marcas dessa ação ficam registradas sob a forma de depósitos tecnogênicos construídos, induzidos, modificados, retrabalhados ou ainda, remobilizados. Ainda que apresentem semelhanças com os depósitos naturais, são caracterizados como uma classe genética independente, pois não possuem vínculo com os locais nos quais são originados e tem constituição antropogênica (artefatos manufaturados pelo homem moderno, concentração de metais pesados). A presença desses materiais se verifica para além do ambiente urbano, mas também industrial, mineiro, peri-urbanos e rurais (PELOGGIA, 1999a).

De modo a resgatar a temática exposta, este trabalho procura analisar a influência da ação humana na formação e constituição de depósitos derivados do assoreamento no Reservatório Santa Bárbara. Especificamente objetivou-se:

📁 **Realizar** testemunhos geológicos na desembocadura dos afluentes do Reservatório para uma análise vertical da coluna estratigráfica dos depósitos;

📁 **Caracterizar** os depósitos identificados, segundo sua composição e classificação;

📁 **Delimitar** e mapear a cobertura vegetal e ocupação do solo presentes na bacia de captação do Reservatório Santa Bárbara. A intenção com esse

mapeamento é a caracterização das transformações espaço-temporais que ocorreram na bacia no que tange ao uso do solo e à cobertura vegetal tentando indicar possíveis causas no processo de constituição dos depósitos.

Neste estudo tomou-se como fio condutor o conceito de depósitos tecnogênicos. Trata-se de depósitos correlativos aos processos relacionados às formas humanas de “apropriação” do relevo as quais participam de seus processos de agradação (acumulação) e degradação (desgaste).

No caso específico deste estudo, ao tratarmos do processo de agradação, entende-se como depósitos tecnogênicos, o conjunto de material sedimentar depositado, do qual decorre o incipiente processo de assoreamento, no Reservatório Santa Bárbara.

O estudo aqui proposto vem ao encontro das novas abordagens e tendências das Geociências as quais resultam não só dos processos gerais, mas principalmente, do momento histórico presente. Trata-se de um momento em que a preocupação com o ambiente e, com os problemas ambientais decorrentes da aceleração da produção, reflete no fazer científico.

Os Reservatórios, nesse sentido, constituem locais relevantes para estudos, pois, além de serem passíveis de delimitação física, as alterações aí identificadas/estudadas refletem a interação entre a dinâmica natural e de ocupação do entorno.

O Reservatório Santa Bárbara representa o principal manancial do atual sistema de abastecimento do município de Pelotas, Rio Grande do Sul, e

encontra-se em uma área com conflitos de uso, sendo o processo de assoreamento uma possível consequência destes conflitos.

Sua bacia de captação se caracteriza como um local de expansão urbano-industrial (bairros urbanos, ocupações irregulares, distrito industrial), extração de argilas, atividades agropecuárias como, florestamento de eucalipto, orizicultura, pastoreio e em menor escala, fruticultura e hortigranjeiros. Além disso, conforme o II Plano Diretor do município (1980), que atualmente encontra-se em processo de reformulação, este manancial insere-se em uma Zona de Preservação Ambiental sujeito a um regime urbanístico especial de modo a promover a preservação de atributos biofísicos significativos da área.

Áreas de ocupação irregular do terreno e com conflitos de uso associam-se, geralmente, a um saneamento básico deficiente que não consegue suprir a demanda da população quanto à coleta dos esgotos de origem doméstica, além de um sistema de coleta de lixo inexistente. Com isso os dejetos orgânicos e sólidos acabam sendo despejados nos arroios que, por sua vez deposita-se no manancial. Associado a isso se soma a quase inexistente mata ciliar, a exposição do solo aos processos erosivos que irão intensificar o aporte de sedimentos afetando o Reservatório no sentido de promover o seu assoreamento.

A interação entre as dinâmicas naturais e sociais que ocorre em sua bacia de captação participa dos processos que comandam a carga de sedimentos que são carregados ao manancial. Esses por sua vez, ao ser transportados pelos cursos d'água alimentadores do Reservatório, tendem a provocar/intensificar o processo de deposição de material detrítico, desencadeadores do processo de

assoreamento. O registro dessa dinâmica materializa-se qualitativamente, em marcos estratigráficos.

Diante do exposto, se fazem necessários o resgate de concepções geológicas/geomorfológicas consolidadas e sua superação, cujas propostas podem ser realizadas pelas abordagens concebidas aos estudos do Tecnógeno. Portanto, torna-se importante a análise da consideração apreciativa do homem como um ser atuante na sucessão de transformações ambientais considerando processos e resultados decorrentes da e impressos pela prática social na natureza.

Estruturou-se assim esta dissertação em **6** (seis) **capítulos**:

O **primeiro capítulo** versa sobre a localização da área de estudos, às características do meio físico da bacia hidrográfica bem como, apresenta uma descrição das características do espaço anterior à construção do Reservatório.

O **segundo capítulo** refere-se às inspirações teóricas da análise proposta onde são abordados temas que balizam teoricamente este trabalho como concepções de espaço geográfico, ambiente, tempo geológico e geomorfológico, e os conceitos fundamentais para o trabalho. O **terceiro capítulo** traz um histórico sob a forma de Estado da Arte dos estudos sobre o Tecnógeno no Brasil.

No **quarto capítulo** são apresentadas as técnicas utilizadas para a espacialização do uso e ocupação do solo a partir do mapeamento realizado. No **quinto capítulo** encontram-se os procedimentos empregados e os resultados da análise dos depósitos estudados.

E, por fim no **sexto capítulo** encontram-se as considerações finais, elementos conclusivos da análise realizada, 'descobertos' no desenvolvimento do trabalho, em especial no Reservatório Santa Bárbara.

1. ÁREA DE ESTUDO: CARACTERÍSTICAS GERAIS

O Reservatório Santa Bárbara localiza-se no município de Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas UTM 6492000 (Nmáx.) e 6488000 (Nmín.) e, 368000 (Emín.) e 372000 (Emáx.) e, tem uma área de aproximadamente 3,6 Km² (FIG. 1). Foi construída em 1968 através de uma barreira de terra compactada que represa e armazena águas coletadas em sua bacia hidrográfica.

As águas represadas são captadas, tratadas e distribuídas aos reservatórios R7, RT10, R1 e R3T através de 3 (três) linhas de adução abastecendo o Centro, Zona do Porto, Bairro Navegantes, Vila Fátima, Bairro Fragata, Distrito Industrial e Vila Cohab.

A bacia de captação deste Reservatório possui uma área de 17.444 hectares (ha) e abrange parte das áreas urbanas e rurais do município tendo suas principais nascentes situadas no Distrito de Monte Bonito. No entorno do Reservatório encontram-se os bairros Santa Terezinha, Sítio Floresta, Cohab Lindóia e o Distrito Industrial Anacleto Firpo.

Cordeiro (2000), sugere 3 setores principais de contribuição hídrica deste manancial, conforme ilustra a FIG. 1, embora existam outros de pequena extensão oriundos de drenagens urbanas, a saber: Setor do arroio Santa Bárbara, Setor do arroio do Meio e, o Setor da Sanga da Barbuda. O Setor do arroio Santa Bárbara apresenta 4 arroios contribuintes, entre eles, destaca-se o de maior comprimento da bacia hidrográfica, cerca de 10 km, cujas nascentes estão nas áreas mais altas, a aproximadamente 120 m, em terrenos cristalinos. O arroio Santa

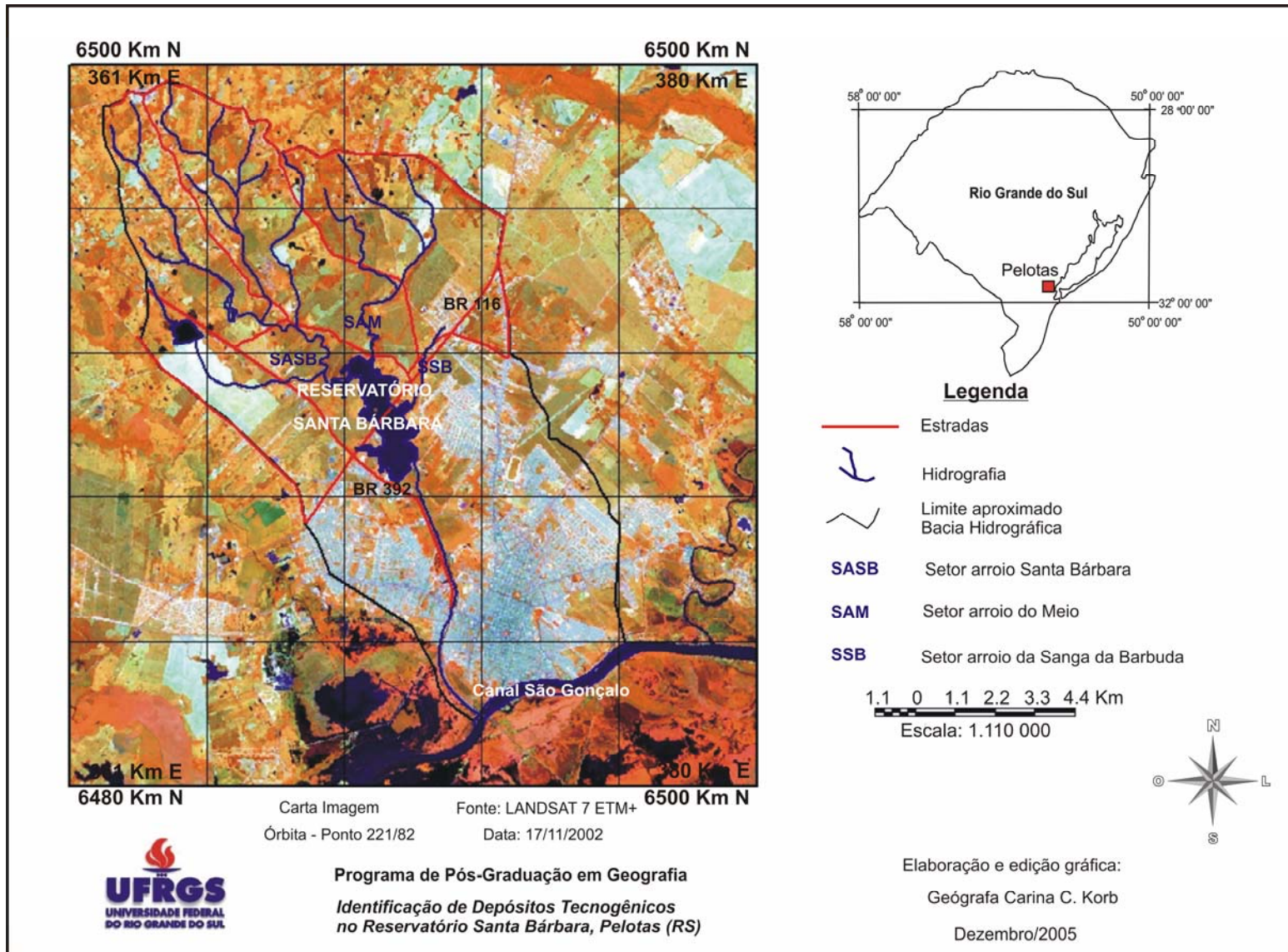
Bárbara se origina nos terrenos sedimentares, pouco acima das lavouras de arroz irrigado, onde suas águas são represadas e, ao longo do curso drena área de ocupações/atividades urbanas situadas nas proximidades da BR 392.

O Setor do arroio do Meio subdivide-se em 3 afluentes principais e suas nascentes encontram-se nas áreas de altura intermediária da bacia, desde o Embasamento Cristalino até a Planície Costeira. Drena terrenos com cultura de arroz irrigado, florestamento, bairro residencial recebendo também, influência de indústrias de conservas situadas nas proximidades.

O Setor da Sanga da Barbuda localiza-se inteiramente nos terrenos sedimentares quaternários e drena as áreas mais modificadas da bacia hidrográfica. É formado, praticamente, pelo próprio arroio a qual recebe contribuições de canais de drenagens urbanas, incluindo rodoviárias e industriais, bem como, contribuições agrícolas.

Os outros canais de contribuição, ligados diretamente ao reservatório, são cursos d'água intermitentes, com aporte direto de áreas urbano-industriais. Fazem parte desses canais, a drenagem urbana dos bairros Três Vendas, Santa Terezinha, Lindóia e, pontos de escoamento advindos do Distrito Industrial. A partir do vertedouro o curso principal do arroio apresenta-se canalizado e retificado, drena os terrenos da área urbana da bacia hidrográfica, até sua foz no Canal São Gonçalo.

FIGURA 1. Localização da área de estudo.

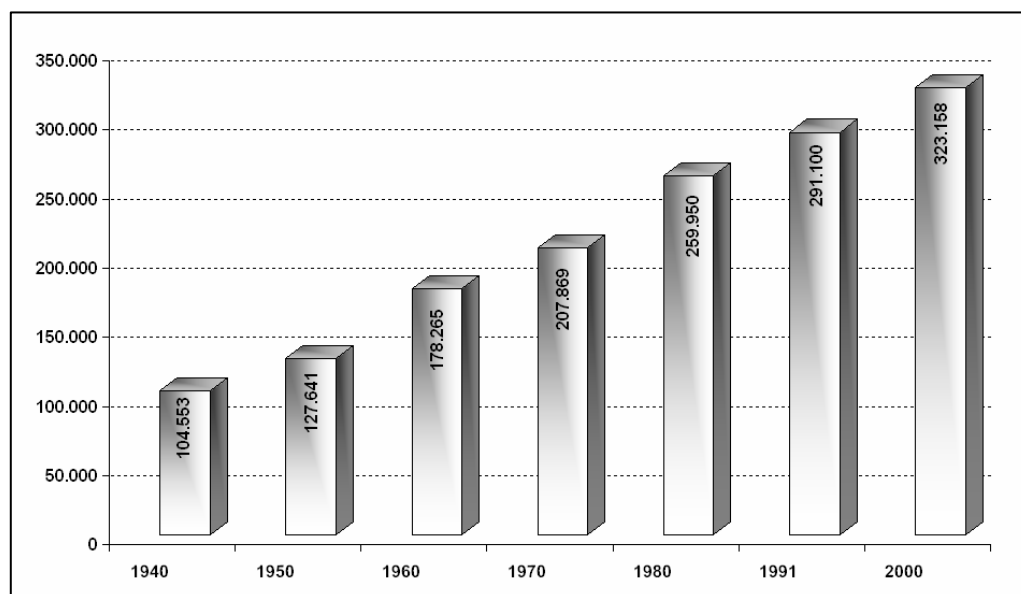


O represamento das águas do canal principal e a construção da estação de tratamento de água associam-se ao contexto de expansão urbano-industrial de Pelotas e representam, assim, vetor qualitativo para inserção de um novo ciclo econômico e mudanças sócio-ambientais, não apenas no espaço físico desta bacia hidrográfica, mas de todo o município de Pelotas: o ciclo da industrialização.

A industrialização é caracterizada pelo predomínio da atividade industrial sobre as outras atividades econômicas e marca o processo de urbanização. No município de Pelotas, estes dois aspectos, desencadearam crescimento no número de habitantes principalmente a partir da década de 1950, e conseqüentemente, necessidades urgentes no que tange ao abastecimento de água tanto para as atividades diárias da população quanto para manutenção e desenvolvimento das principais atividades econômicas, mantidas pelas indústrias. Eis aí a legitimação da necessidade de construção do Reservatório Santa Bárbara.

No que se refere ao crescimento do número de habitantes (hab), segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), GRÁF. 1, na década de 1950 a população de Pelotas era de 127.641 hab. ultrapassando 200.000 hab. na década de 1970, período no qual Pelotas assumia importância econômica no Rio Grande do Sul pela presença de indústrias alimentícias e de beneficiamento de arroz.

GRÁFICO 1. Número de habitantes do município de Pelotas.



Fonte: CENSOS IBGE (1940-2000). Elaboração: Carina C. Korb

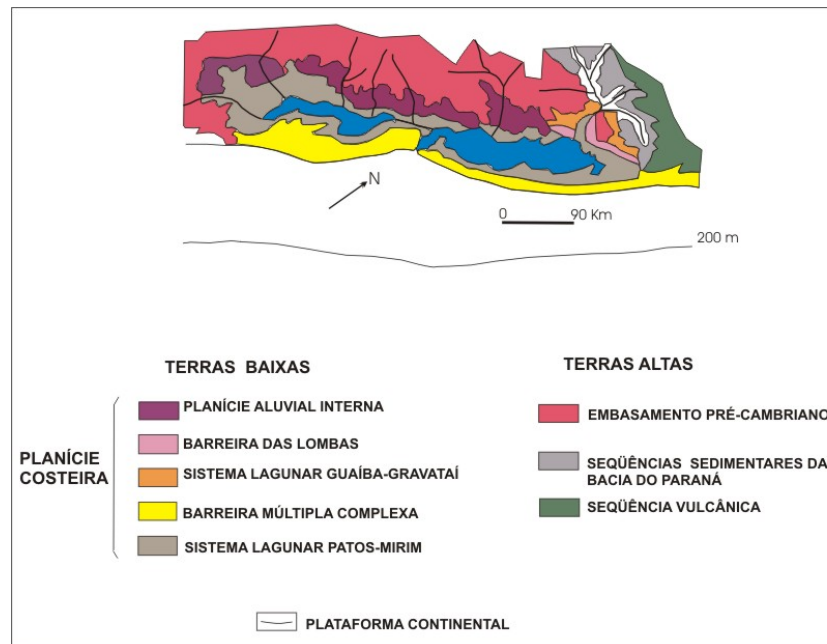
1.2 Caracterização do Meio Físico da Bacia de Drenagem do Arroio Santa Bárbara

- Aspectos geológico-geomorfológicos

Em seus aspectos geológico-geomorfológicos regionais, a bacia de captação do Reservatório Santa Bárbara, localiza-se na faixa de contato entre dois compartimentos estruturais e geomorfológicos, o Embasamento Pré-Cambriano e a Planície Costeira (FIG 2), na sua Porção Média-Sul¹.

¹ Segundo Tagliani (2001), a Porção Média-Sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, forma um triângulo e é constituída pelos municípios de Pelotas, Rio Grande e São José do Norte, cujo centro é ocupado pela porção estuarina da Laguna dos Patos.

FIGURA 2. Compartimentação Geomorfológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.



Fonte: Modificado de Villwock e Tomazelli (1995).

As nascentes da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara encontram-se a uma cota altimétrica de 120 metros, no Embasamento Pré-Cambriano cuja litologia é constituída, basicamente, de rochas granito-metamórficas.

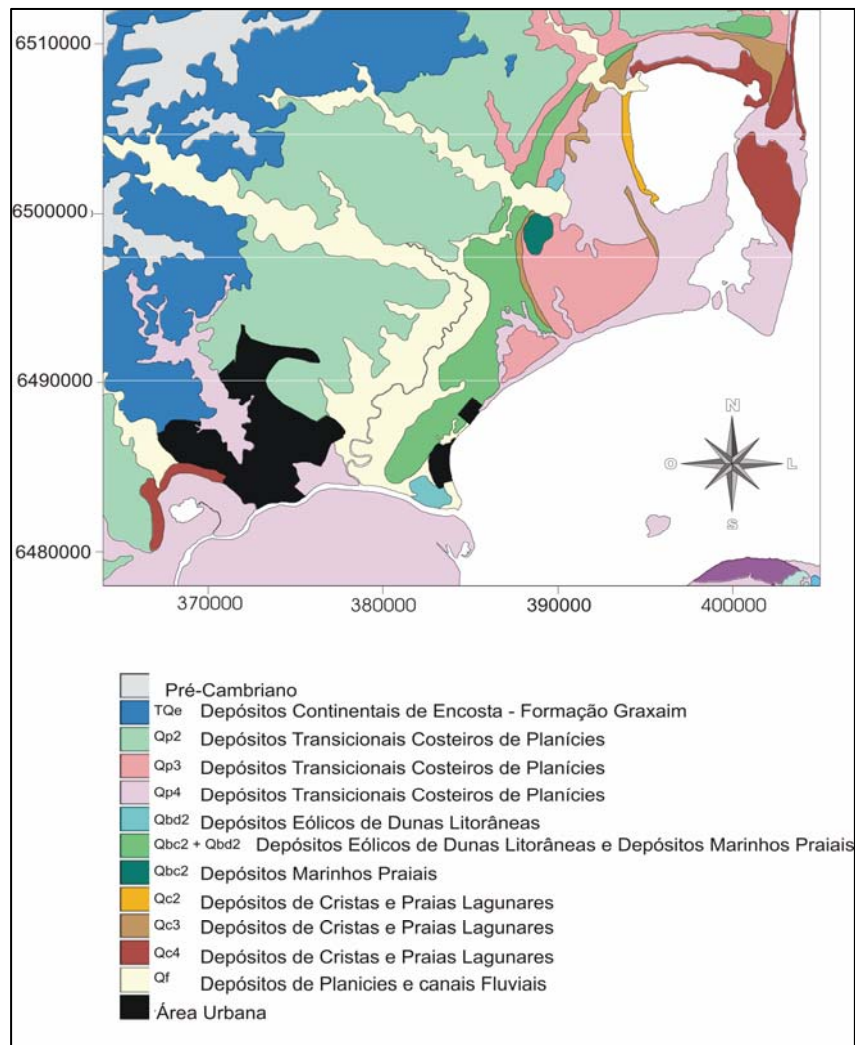
Neste setor, o relevo é caracterizado por coxilhas de topo convexo, onde predomina o solo Podzólico Vermelho-amarelo. São solos profundos, moderadamente a bem drenados, de fertilidade variável e com restrições de uso devido à alta suscetibilidade à erosão laminar (TAGLIANI, 2001). Tal suscetibilidade advém das características pedológicas deste tipo de solo, composto de materiais argilosos e ácidos, onde a diferença de textura entre os horizontes A e B, ocasionada pelo acúmulo de argila neste último, dificulta a infiltração em seu perfil favorecendo os processos erosivos.

Na transição para a Planície Costeira, entre as cotas topográficas que variam de 20 a 60 metros, a drenagem se dá, basicamente, sobre os Depósitos Continentais de Encosta e Depósitos Transicionais Costeiros de Planícies (FIG. 3). Caracterizam-se por uma superfície suavemente plana, rampeada para leste e descontínua em alguns trechos.

Nesta porção, as coxilhas desenvolvidas sobre a borda do Embasamento cedem lugar a terraços dissecados pela drenagem atual, cuja litologia (Formação Graxaim ou Leques Aluviais) constitui-se de aluviões e coluviões pleistocênicos, alimentados pelos materiais originários do Embasamento Pré-Cambriano, retrabalhados em ambiente marinho e lagunar durante o Quaternário.

Nestas terras, com sedimentos transicionais costeiros de antigas planícies lagunares (pleistocênicas), predomina o Planossolo, formado por materiais argilo-arenosos, provenientes tanto de sedimentos aluvionares, como de alteração, e apresenta horizontes impermeáveis. Trata-se de solos favoráveis aos cultivos anuais irrigados devido às condições planas do relevo, apesar das fortes restrições quanto a drenabilidade.

FIGURA 3. Parte da compartimentação Geológico-Geomorfológica do Município de Pelotas (RS).



Fonte: Modificado de Tagliani, 2001. Escala original do Mapa: 1:250.000

O Reservatório Santa Bárbara foi construído sobre sedimentos quaternários, correspondentes aos Depósitos Transicionais Costeiros de Planícies onde as cotas topográficas encontram-se entre 10/20 m, com inclinação para a calha do Canal São Gonçalo, onde está situado o exutório da bacia hidrográfica.

- Aspectos da Vegetação Original

Segundo Tagliani (2001), ocorre na Porção Média-Sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul um mosaico de Formações Herbáceas e Arbustivas.

Há ocorrências esparsas de Savana Gramíneo-lenhosa, ou seja, pastagens subarbustivas compostas por capim-caninha (*Androgon lateralis*), grama-forquilha (*Paspalum notatum*), entre outras. Entre as arbustivas encontradas nesta Formação, destaca-se a vassoura-vermelha (*Dodonaea viscosa*), a carqueja (*Baccharis trimera*), e o alecrim-do-campo (*Hetrotalamus*).

As Formações Arbustivas Naturais de matas aluviais, desenvolvidas sobre depósitos aluvionares Quaternários, encontram-se dispostas nas várzeas de canais fluviais, principalmente no Setor do arroio do Meio, e é composta principalmente de espécies como o branquilha (*Sebastiania klotzschiana*), corticeira-do-banhado (*Erythrina cristagalli*), maricá (*Mimosa bimucronata*), mata-olho (*Pouteria gardneriana*), salgueiro (*Salix humboldtiana*), algumas bromeliáceas, entre outras. Nos lugares alagadiços ocorrem os aguapés (*Eichhornia crassipes*) e chapéu-de-couro (*Echinodorus grandiflorus*) (FIG. 4).

FIGURA 4. Corticeira-do-banhado e bromélias (Mata aluvial).



Foto: Acervo Núcleo de Ciências Naturais (Universidade Católica de Pelotas/UCPEL)

Outras espécies da Formação Arbustiva Natural, definidas de Submontana, são encontradas na porção superior da bacia hidrográfica, em cotas altimétricas de 120 m aproximadamente, sob a forma de capões como, por exemplo, capororoca-vermelha (*Rapanea umbellata*), açoita-cavalo (*Luehea divacarita*), guajuvira (*Patagonula americana*), batinga (*Eugenia rostrifolia*), coqueiro gerivá (*Syagrus romanziffiana*), entre outras (FIG 5).

FIGURA 5. Aspecto Geral da Vegetação Arbustiva (Submontana) na porção superior da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara.



Foto: Acervo do Núcleo de Ciências Naturais (Universidade Católica de Pelotas/UCPEL)

No entorno do Reservatório Santa Bárbara ocorrem Formações Arbustivas Implantadas como, por exemplo, florestamento de eucalipto, estando concentrado, ainda, nas porções superiores da bacia hidrográfica. Ocorrem também, porções de Campos Litorâneos representados, predominantemente, pelas já citadas gramíneas, figueira-do-mato (*Ficus organensis*), gravatá (*Eryngium pandanifolium*), tiririca (*Scirpus giganteus*), e em pontos mais úmidos, por juncos (*Cyperus* spp). A FIG. 6 ilustra a presença da vegetação juncácea encontrada no entorno do Reservatório Santa Bárbara.

FIGURA 6. Vegetação juncácea e Mata Aluvial, entorno do Reservatório Santa Bárbara.



Foto: Acervo do Núcleo de Ciências Naturais (Universidade Católica de Pelotas/UCPEL)

Dentre as Formações Herbáceas Antropizadas destacam-se Policultivos variados, incluindo culturas cíclicas anuais e perenes como, por exemplo, hortifrutigranjeiros, e pecuária leiteira, e Campos utilizados para cultivos de arroz irrigado.

1.3 Do Espaço que antecede ao que sucede à construção do Reservatório Santa Bárbara

O homem, na sua relação com a natureza, organiza e reorganiza o espaço continuamente em função de seus interesses em diferentes temporalidades. Esse constante (re) construir irá se refletir e materializar-se direta ou, indiretamente sobre o suporte físico no qual está assentada determinada sociedade, isto é, em um ambiente físico que comporta as propriedades ecológicas que lhes serve como recurso.

Nesse contexto, a bacia hidrográfica constitui uma unidade ambiental sujeita a repercussão das sucessivas transformações aí implementadas, embora não constituam em si, limites às mesmas.

Segundo Korb (2003), as transformações ambientais no espaço físico da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara resultaram do processo de apropriação do espaço, vetor das transformações ambientais a partir do século XVII, quando da formação do município de Pelotas.

Estas sucessões de transformações foram vetorizadas a partir da distribuição de Sesmarias, política de concessão de terras pela Coroa portuguesa que distribuiu terras tanto nas porções a nascente como a jusante, da respectiva bacia.

Até então, as terras de Pelotas eram ocupadas por indígenas, Tapes e Minuanos, cuja forma de transformação da natureza se fazia através de técnicas mais rudimentares quando comparadas com a atualidade, pois, viviam da caça e da pesca não sendo significativas as mudanças ambientais. Segundo Arriada (1994),

em um estágio mais evoluído das técnicas e como necessidade advinda da sedentarização, chegaram a estabelecer uma pequena produção agrícola, primordialmente milho e bata-doce, despontando a partir de então, a incipiente transformação.

Na conjuntura de concessão de terras, o contexto histórico de incorporação da bacia à esfera produtiva foi materializado, inicialmente, sob o ciclo da pecuária o qual, atrelava-se ao contexto da economia sulina revelada por um caráter subsidiário, abastecedor das áreas de mineração, cafeicultura e cana-de-açúcar no sudeste e nordeste do país. Neste ciclo da pecuária, as charqueadas, representaram um processo incipiente de industrialização local no início do século XIX, tendo em vista que a atividade predominante de fabrico do charque constituía-se transformação da matéria prima em carne seca e salgada.

Neste contexto, as transformações ambientais nas características originais da bacia do arroio Santa Bárbara foram concomitantes a apropriação e uso encontrando-se associadas, inicialmente, a substituição da vegetação original para implantação de terras de cultura e ampliação de pastagens.

Esta situação encontra-se registrada por Lindman (1974) que, ao passar pela região de Pelotas em 1892, descreveu algumas transformações por ele verificadas:

“Na subida predominam as pastagens subarbustivas, com uma flora baixa de ervas e subarbustos com inflorescência vistosa, formação correspondente à das vizinhanças de Porto Alegre...Quando porém chegamos ao meio dos altos da Serra, nos vales fechados por eles ou nas pequenas planícies rodeadas de matas, encontramos a formação campestre de outros tipos. Muitos pelotenses abastados e colonos possuem aqui chácaras, onde cultivam uvas e milho, onde se tira lenha, e os cavalos pastam. As numerosas cercas e as capoeiras ardentes ou já queimadas provavam que a habitação e a lavoura tinha mudado a natureza. Esta mudança tem por fim transformar a mata primitiva (uma mata virgem baixa e

pobre em espécies em comparação com a verdadeira mata virgem do norte do Estado), em terra de cultura. Continuando isso por algum tempo, torna-se difícil a distinção entre o terreno onde houve mata primitivamente e certas partes ao redor que foram campos...Entre os capões de mato e as plantações já prontas, os altos eram ocupados por campos sujos que em parte traziam o cunho da flora ruderal ou dos campos abandonados, e em parte, ao contrário, a flora primitiva e natural destes lugares..."(LINDMAN, 1974: 70).

As áreas planas, contextualizadas pelas feições geomorfológicas da Planície Costeira, foram inicialmente ocupadas por estancieiros que desenvolviam a pecuária extensiva, criando o gado livre e compensando-se de sua reprodução em condições naturais.

Nas 3 primeiras décadas do século XIX, as charqueadas foram a maior fonte de riqueza em muitas cidades do Rio Grande do Sul, sobretudo, em Pelotas. Diante disso, exerceram papel importante na formação do seu núcleo urbano, bem como, de outras cidades onde a atividade do charque se fazia presente.

Outros fatores associam-se a esse papel. Além da geração de riquezas e crescimento populacional, a formação de um núcleo urbano ocorreu concomitantemente à diminuição do comércio de charque e de couro desencadeada pela concorrência com o charque platino, o que acabou por estagnar e posteriormente retroceder a atividade pecuária na região.

Além disso, as condições insalubres oriundas do processo de salgamento das carnes, havia tornado insuportável a presença de moradias próximas às charqueadas. A perspectiva de deslocar-se das proximidades de áreas insalubres e reorganizar a economia local favoreceu o processo de formação do núcleo urbano.

A constituição do núcleo urbano inicial, sob os terraços situados entre o Canal São Gonçalo e o arroio Santa Bárbara, ocorreu na primeira metade do século XIX representando um dos marcos das modificações nas características originais da bacia do arroio Santa Bárbara. Neste período, a retirada da vegetação original existente foi a primeira fase de todo o processo de urbanização com a conseqüente remoção do solo cujo objetivo era facilitar o arruamento e o loteamento.

É neste contexto que a apropriação do espaço e expansão urbana passou a adentrar os limites de terrenos úmidos, os denominados banhados, típicos da Planície Costeira do Estado.

Assim efetivaram-se as transformações geomorfológicas tecnogênicas, cujo objetivo principal era adequar o ambiente às necessidades de ocupação. Muitos banhados e arroios foram aterrados ou tiveram suas áreas drenadas e impermeabilizadas pelas edificações urbanas legitimando a presença da técnica onde 'ritmos e regras humanas' buscavam sobrepor-se às leis e características naturais.

O crescimento urbano na porção jusante do canal principal da bacia, sobre os terraços sedimentares entre o arroio Santa Bárbara e Canal São Gonçalo, desencadeou necessidades urgentes no que tange a salubridade e ao saneamento local. Por isso houve uma preocupação em realizar projetos que visassem melhorias ambientais à cidade, nos quais estava inserida, a canalização, urbanização do arroio Santa Bárbara, drenagem dos banhados que envolviam o curso principal na sua porção jusante, visto que parte de seu curso em direção à foz, cruzava o ambiente urbano de Pelotas. Os projetos de canalização e urbanização do arroio em

1892/1893 apontam para uma degradação ambiental estabelecida e, manifesta concretamente, na saúde da população (KORB *et al* 2002).

Segundo Korb (2003), esta situação é verificável no fato de que as principais causas de óbito no município, de 1891 a 1901, vincularam-se a febre tifóide e tuberculose cujos focos eram, em grande parte, oriundos dos lançamentos das dejeções em fossas abertas, expostas em quintais ou ainda sendo lançadas nos cursos fluviais levando à configuração de um ambiente insalubre para a permanência humana nestas proximidades.

Na primeira metade do século XX, diversas atividades urbanas estavam presentes na área da bacia hidrográfica e a urbanização, juntamente com o aumento da densidade populacional, já se encontrava em processo de expansão. Havia curtumes, fábricas de doces, matadouro, usina elétrica, hospitais, bairros residenciais enfim, o arroio Santa Bárbara tornou-se o corpo hídrico receptor de variada gama de efluentes. Nesta época, também, parte do canal principal do arroio Santa Bárbara, já se encontrava canalizado.

O crescimento da aglomeração urbana de Pelotas em torno dos arroios fez com que a população os concebesse como um local para o despejo dos resíduos produzidos por diversas ações diárias. Estas ações levaram os cursos fluviais a um processo de degradação ambiental intenso.

Esta degradação é apontada nos relatórios técnicos de Lopes (1903). Ao propor obras de saneamento, descreve a situação das águas do arroio Santa Bárbara salientando que, devido ao lançamento de dejetos neste curso fluvial, além

de ser exalado mau cheiro pela matéria orgânica, favorecia a estagnação das águas.

Sobre isto Lopes Neto (1893) havia anteriormente descrito:

“O arroio Santa Bárbara afluente do rio São Gonçalo, corta a parte Oeste da cidade de Pelotas, sinuosamente e com as bruscas curvas, retarda o curso da corrente, e forma assim banhados que cobrem as suas margens, justamente nos pontos mais susceptíveis de aproveitamento e onde crescem vegetações palustres, foco de infecção e de miasmas deletérios.” .
(Lopes Neto, 1893: 06)

A ocorrência de inundações nos anos de 1914 e 1941 fez com que projetos de canalização e urbanização fossem retomados, sendo efetuados na década de 1960. Dessa forma, o principal motivo apontado para a canalização do arroio Santa Bárbara é o fato de nos períodos de precipitação intensa ocorrer inundações em locais onde se desenvolviam inúmeras atividades econômicas do município.

A partir daí, o espaço físico da bacia novamente foi reorganizado através da ocorrência de obras estruturais onde, à jusante o arroio foi retilinizado, enquanto que, à montante foi construído o Reservatório Santa Bárbara, principal ponto de captação de água para o abastecimento urbano. O município teve sua economia reestruturada, territorializaram-se atividades urbano-industriais e agro-pastoris na área da bacia como, por exemplo, beneficiadoras de cereais, fábricas de sabão, indústrias alimentícias, metalúrgicas, entre outras.

Uma das razões para a criação de uma autarquia municipal, o SANEP (Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas) que, na época denominava-se SAEE (Serviço Autônomo de Água e Esgotos), foi o contrato de financiamento das obras da Hidráulica do Arroio Santa Bárbara, no ano de 1966. A partir daí, elaboraram-se os projetos específicos de construção do Reservatório como forma de

aproveitamento das águas para abastecimento cujas obras foram realizadas pelo DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento).

A Estação de Tratamento de Água (ETA) Santa Bárbara foi feita com o objetivo de reforçar o abastecimento de água potável à cidade de Pelotas, aproveitando as águas do Reservatório construído com a canalização do arroio. As obras da primeira etapa foram concluídas em 1968 com uma capacidade de 20.000.000 litros e, em 1985 foi executada a segunda etapa, ampliando sua capacidade para 40.000.000 litros por dia.

Nesta época a organização espacial processada na bacia hidrográfica, sobretudo na porção montante, apresentava o domínio de atividades agropecuárias. A relação com a morfologia da área se apresentava bastante ampla, uma vez que as características do relevo aliada aos fatores sócio-econômicos foram responsáveis pela estrutura fundiária local.

O declínio e constante retrocesso da indústria e comércio do charque, abordados anteriormente, causaram uma brusca diminuição das áreas de criação de gado, dando lugar à implantação e expansão de outra atividade agrícola marcante na região costeira do sul do Rio Grande do Sul, a orizicultura. As características pedológicas – solos mal drenados a úmidos – além das feições geomorfológicas da planície, favoreceram a ampliação de extensas lavouras de arroz, o que propiciou o desenvolvimento de indústrias alimentícias em Pelotas, com destaque ao beneficiamento do arroz.

A orizicultura, na bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara é exercida, ainda hoje, nas porções geomorfológicas correspondentes aos terraços

quaternários. São áreas mais planas, as quais permitem a irrigação das lavouras pelas águas dos cursos fluviais.

Na área central da bacia e, em alguns pontos isolados à montante, sob o Embasamento Pré-Cambriano, o processo de substituição da cobertura vegetal original por florestamento de espécies exóticas como, *Eucalipto* sp. já se encontrava em expansão. Os florestamentos localizados próximos ao manancial na porção central da bacia, em parte foram inundados pela elevação das águas a partir da construção do Reservatório.

Quanto à urbanização, já apresentava naquela época sinais de concentração no entorno do futuro manancial, principalmente, nas proximidades de importantes vias de acesso, como a BR 116 e a Avenida Fernando Osório, esta última, edificada sob um divisor natural da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara.

Estudo realizado por Simon (2003), para um período mais atual das transformações, apontou para as alterações impostas ao Arroio Santa Bárbara em seu curso inferior na área que compreende a densa zona urbana de Pelotas, confirmando ainda, o elevado índice de degradação ambiental e a necessidade de planos de contenção das moradias nas margens do mesmo.

Na zona rural, segundo o autor, as atividades agrícolas delinearam um novo perfil ao espaço geográfico, avançando sobre as formas geomorfológicas do Embasamento, cujos declives são mais acentuados e, de proteção ambiental, como no caso das matas ciliares. A expansão das monoculturas de exportação em áreas de agricultura familiar como, por exemplo, a soja, aliada a orizicultura praticada nas

grandes propriedades, vem acarretando o uso intenso de agroquímicos que, conseqüentemente ao atingir os corpos d'água, tornam possível a degradação de sua qualidade ao mesmo tempo que comprometem o tempo de vida útil do Reservatório Santa Bárbara.

2. RESERVATÓRIOS E DEPÓSITOS TECNOLÓGICOS: INSPIRAÇÕES TEÓRICAS

A unidade geográfica fundamental de identificação dos depósitos tecnológicos, nesta dissertação, é o Reservatório, uma área de captação de águas construída para o qual converge uma rede de drenagem.

Contudo, optou-se por trabalhar com uma escala espacial que vai além do corpo d'água artificial. Escolheu-se como unidade de análise a bacia hidrográfica, tendo em vista que no reconhecimento dos depósitos tecnológicos estão imbricadas as transformações ocorridas na espacialidade desta.

Segundo Guerra (1997), a bacia hidrográfica, ou bacia de drenagem, é um conjunto de terras, as quais são drenadas pelo rio principal e seus afluentes. Define-se assim, por um conjunto de elementos como os divisores, ou interflúvios, pelo curso d'água principal e seu exutório, rede de drenagem ou pela maneira como se dispõe o traçado dos canais fluviais.

Nos últimos anos, a possibilidade de degradação dos recursos hídricos, tem preocupado toda a sociedade e, a bacia hidrográfica passou a ser o lócus de estudo das transformações ambientais.

No espaço físico da bacia hidrográfica, água, sedimentos e materiais dissolvidos são drenados em direção a uma saída comum, em um determinado ponto do canal fluvial. Neste sentido, representa a fonte natural e potencial de materiais os quais chegam aos leitos dos rios e são transportados em direção a outros corpos d'água. Os Reservatórios, enquanto corpos d'água, não podem ser analisados de forma isolada considerando que sua fluidez faz com que toda dinâmica processada na bacia hidrográfica, na qual está inserida, interfira na

qualidade de suas águas o que, por sua vez, afeta a população que dela se abastece.

Para o cumprimento dos objetivos deste trabalho, entendendo-se a formação dos depósitos tecnogênicos como uma das conseqüências da dinâmica que se processa na bacia de drenagem, suscitou-se a compreensão das relações entre cobertura vegetal, assoreamento e poluição dos sedimentos.

A natureza da cobertura vegetal (tipo e densidade) exerce um papel importante na retenção de materiais superficiais das bacias de drenagem. Isso porque pode reduzir a quantidade de energia que chega ao solo durante uma chuva e, dessa forma, minimizar os impactos das gotas, diminuir a formação de crostas no solo, reduzindo não apenas o escoamento superficial, mas os processos erosivos num todo. Ao atenuar estes processos diminui não apenas a possibilidade da deposição contínua ou gradual do material sedimentar carregado pelos cursos d'água ao interior do Reservatório, a que se denomina de assoreamento, mas também a sua poluição e dos rios que, conjuntamente, representam importantes problemas ambientais, tanto em áreas urbanas quanto rurais.

Segundo Basso (1999), o escoamento superficial não apenas transporta as partículas do solo, mas também os nutrientes químicos, a matéria orgânica, sementes e agrotóxicos em direção aos rios e arroios, contribuindo para a poluição e assoreamento dos mesmos.

E, em uma escala conseguinte, a poluição de sedimentos através do enriquecimento de elementos químicos com o conseqüente comprometimento da

qualidade das águas de reservatórios destinados ao abastecimento das atividades humanas.

Nesse sentido, depósitos formados no fundo de vales, rios e, neste caso, em reservatórios, como o assoreamento, contendo sedimentos poluídos por elementos-traço metálicos, representam e constituem importante problema ambiental.

Algumas intervenções podem implicar na remobilização dos poluentes, é o caso de dragagens, bombeamento das águas, disposição dos sedimentos removidos e, quando destinados ao reaproveitamento, como areias para construção civil (Oliveira *et al* , 2005, p. 375).

Estes elementos químicos que ocorrem na natureza, de um modo geral, em pequenas concentrações, da ordem de partes por bilhão (ppb) a partes por milhão (ppm), ocupam as colunas centrais da classificação periódica, e todos eles têm propriedades tóxicas, seja em estado de elementos, seja em estado combinado. Alguns destes, como Zinco, Manganês, Cobre, Cobalto, Molibdênio, são essenciais aos seres vivos, pois atuam nas rotas metabólicas. Outros, como Mercúrio, Chumbo e Cádmio, não têm função biológica definida e apresentam toxicidade a um grande número de organismos, com comprovada ação mutagênica, carcinogênica e, ou teratogênica. Mesmo os elementos-traço essenciais, quando presentes em grandes concentrações podem causar intoxicações crônicas e agudas (TSALEV & ZAPRIANOV, 1983, *apud* ESTEVES, 1988).

Assim, tornou-se importante o entendimento dos aspectos já apontados, para análise das transformações ambientais e, conseqüente formação

de depósitos tecnogênicos, sob a forma de assoreamento, em mananciais. Portanto, para a proposta científica desta problemática ambiental, partiu-se do conceito teórico 'espaço geográfico' como forma de balizamento no estudo destas transformações e suas implicações.

* * *

Neste caminhar, o que é Geografia se tornou uma questão importante para a orientação do estudo proposto e, como esta pode contribuir para a discussão aqui envolvida.

Compreende-se que, a Geografia, ao analisar o 'espaço geográfico' funde os fenômenos sociais e naturais em uma mesma totalidade. Assim, por contemplar a interação dos processos naturais e sociais, na dinâmica do **espaço geográfico** possibilita o olhar **ambiental** sob a formação/constituição dos **depósitos tecnogênicos**. Estes são os conceitos norteadores do trabalho aqui proposto.

2.1 Do espaço geográfico ao ambiente

Milton Santos, reconhecido teórico brasileiro em Geografia, propõe o espaço como objeto da ciência geográfica. A construção conceitual dada por ele concebe uma Geografia de conjunção entre natural e humano e, a partir daí, a expressão do geográfico. Para ele o espaço:

"é formado por um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações, não considerados isoladamente, mas como um quadro único no qual a história se dá. No começo era a natureza selvagem, formada por objetos naturais, que ao longo da história vão sendo substituídos por objetos fabricados, objetos técnicos, mecanizados e, depois cibernéticos, fazendo com que a natureza artificial tenda a funcionar como uma máquina" (SANTOS, 1997: 63).

Segundo Santos (1997), no princípio da história, a natureza era composta por elementos que resultavam de uma dinâmica 'natural'. A 'natureza primeira' ou, 'natural' só existiu até o momento imediatamente anterior àquele no qual o homem se transformou em um ser social, sedentarizando-se, inicialmente. Esse contínuo e progressivo processo de transformação possibilitou a socialização da natureza e, os elementos naturais ao longo do tempo foram sendo substituídos por objetos essencialmente tecnificados.

A natureza neste quadro é entendida como parte deste sistema de objetos, artificializados ou não. É sobre este sistema de objetos que tratamos neste estudo, ao analisar o meio físico, constituinte do espaço, através da identificação dos depósitos tecnogênicos, como registro da transfiguração² da natureza pela sociedade.

Esta concepção de natureza artificial, tecnificada e instrumental expressa na concepção de Santos (1997), aparecem explicitadas em Suertegaray (2000). Para a autora o período técnico no qual vivemos, denominado por Milton Santos de "Técnico-Científico Informacional", não nos permite pensar a natureza como primariamente natural, ou seja, como decorrente de processos originados por sua auto-organização. Os seres humanos, uma vez presentes sobre a superfície da Terra como entes naturais, mas opostos à natureza, têm promovido através de avanços técnicos e, ou das atividades produtivas, profundas mudanças nessa natureza.

² Transfiguração significa a passagem de uma figura para outra. Além disso, ela é, de certa maneira, mesmo que mínima, próxima da possessão (MAFFESOLI, 1995 *apud* SUERTEGARAY, 2000:30).

Neste sentido, o processo de formação/transformação do Espaço Geográfico ocorre a partir de ações mediadas pela técnica, a qual transfigura a natureza em diferentes tempos. “As técnicas são um conjunto de meios instrumentais e sociais, com os quais o homem realiza a sua vida, produz e, ao mesmo tempo, cria espaço” (SANTOS, 1997: 29).

Portanto, o processo de (trans) formação do espaço, possibilita a transfiguração da natureza, o que nos leva a reflexão sobre o surgimento de elementos no ambiente confirmados sob a forma de Depósitos Tecnogênicos qualificando para muitos autores, a passagem para um novo período geológico: o Quinário ou Tecnógeno.

A partir do exposto, surgiu a necessidade de se analisar o Espaço Geográfico numa perspectiva conceitual que não apenas expresse o sistema de objetos, mas também as transfigurações da natureza pela sociedade, ou seja, que represente as conseqüências destas transfigurações: a questão ambiental. Ou ainda, que enfatize “uma dimensão da complexidade organizacional do espaço geográfico” (SUERTEGARAY, 2000: 32): o ambiente.

Partindo desta premissa adotou-se um filtro conceitual sob a concepção de espaço geográfico, dado pelo conceito de ambiente. Neste exercício, concebeu-se a proposta de espaço ‘uno e múltiplo’.

Esta concepção definida por Suertegaray (2000), permite múltiplas conexões, ou seja, expressa diferentes possibilidades de leitura do espaço geográfico, conferindo relação à concepção de Milton Santos, já explicitada anteriormente. Uma das possibilidades de leitura, segundo a autora, ocorre através

do conceito de ambiente. A partir desse conceito tem-se a análise das transfigurações da natureza pela prática social.

O termo ambiente, para Porcher *et al* (1977), dá idéia de inter-relação entre o ser e o contexto material, físico e vivo onde os seres evoluem sugerindo a interdependência dos níveis de vida. Na obra de Suertegaray (2000) entende-se ambiente como homem/sociedade e seu entorno. Nesse sentido, esse termo relaciona as relações que se dão entre os seres humanos e a natureza os quais são concebidos como sujeitos das transformações.

Pensando o ambiente como filtro para se analisar o espaço geográfico (aqui concebido como uno múltiplo) dimensionou-se ao tratar de ambiente, a análise das transfigurações da natureza na gênese e constituição dos depósitos. Buscou-se resgatar um ambiente que privilegiasse uma análise das alterações ambientais como derivações do lugar, a partir da construção da vida em sociedade com a natureza.

Do processo histórico de produção/organização do espaço geográfico bem como, das mudanças ambientais, resultam os depósitos tecnogênicos, como derivações ambientais processadas pelo Homem. Dessa forma, a compreensão do espaço geográfico na sua face ambiental implica conceber que: “a presença do homem concretamente como ser natural e, ao mesmo tempo, como alguém oposto à natureza promoveu/promove profundas transformações na natureza (...)” (SUERTEGARAY, 2000:30).

2.2 Tempo Geológico, Tempo Geomorfológico

Sendo os depósitos tecnogênicos registros geológicos gerados pela atividade humana cuja magnitude vem designar a passagem para um novo período geológico, o Tecnógeno ou Quinário, tornou-se necessário explicitar a noção da escala temporal para a Geologia e Geomorfologia.

A noção de tempo nestas ciências apresenta-se de modo diferenciado tendo em vista o objeto de estudo de cada uma. Para uma melhor e inicial compreensão, na obra de Gould (1991) há uma análise acerca das teorias aceitas pelos geólogos para explicar a descoberta do tempo.

Segundo este autor, para a Geologia o conceito de Tempo remete ao conhecimento de *tempo geológico* ou *tempo profundo*. Tal concepção remonta ao final do século XVIII com o trabalho de James Hutton que vinha contrapor-se às idéias de Burnet, vigorantes por volta de 1680 as quais, dotadas de um dogmatismo teológico, se amparavam em fatos bíblicos para explicar a origem/evolução do planeta Terra.

Gould (1991) afirma também que, as idéias de Thomas Burnet, nas quais se ancoravam as percepções do período, estabeleciam uma relação direta entre ciência e religião. Para Burnet, a Terra não existiria anteriormente à existência do homem possuindo uma idade definida em aproximadamente 7.000 anos.

Segundo Gould (1991), os geólogos representam o tempo profundo de forma dicotômica através de duas metáforas: *seta do tempo* e *ciclo do tempo*. Para a primeira, a história é uma seqüência irreversível de eventos que não se repetem e

para a segunda, os movimentos aparentes são partes de ciclos que se repetem e as diferenças do passado serão as realidades do futuro, o tempo é unidirecional.

James Hutton, em sua obra Teoria da Terra escrita em 1780, introduziu a noção de evolução lenta dos fenômenos ao explicar a formação da Terra através de ciclos sucessivos de erosão/transporte/deposição/consolidação/soerguimento (BERTÊ, 2001).

Sua teoria partia da concepção de que a natureza operava em ciclos repetidos eternamente, continuamente e lentamente. Trata-se de uma visão de tempo como ciclo, no qual a compreensão era de fatos sucessivos que retornam ao ponto inicial. Dessa forma, o conceito de *tempo profundo* tornou-se a partir daí uma simples dedução (BERTÊ, 2001).

Posteriormente, Charles Lyell consolidou a idéia de *tempo profundo* ao aproveitar as teorias de Hutton. Afirmou ele que a atuação lenta e constante de causas comuns poderia produzir todos os fenômenos naturais quando estendida para o *tempo profundo* sendo que, os processos passados não são observáveis, apenas seus efeitos jazem como prova da sua existência na antiguidade (GOULD, 1991).

A construção do *tempo profundo* permitiu, portanto, definir os limites do tempo geológico e do tempo geomorfológico. O geológico está relacionado com a origem (gênese e constituição) da Terra e, o geomorfológico com as formas existentes na superfície terrestre, resultantes de processos endógenos e exógenos (BERTÊ, 2001).

Nesse sentido, encontra-se a afirmação de Suertegaray (2002) onde, para o geógrafo a Geomorfologia constitui uma área de investigação que exige a compreensão da dinâmica terrestre sob uma abordagem evolutiva, histórica. Desse modo, para a Geomorfologia, o tempo considerado corresponde a uma parcela do tempo profundo. A temporalidade geomorfológica restringe-se à *Era Cenozóica* em função de seu objeto de estudo: o relevo, privilegiando o *Período Quaternário* bem como seus eventos característicos, particularmente as glaciações (SUERTEGARAY, 1997).

Para esta autora, a concepção de tempo longo, que enfatiza os estudos relativos à morfogênese do relevo, busca compreender a origem das formas analisando detalhadamente o tempo que escoia, ou seja, o tempo linear, unidirecional, mais do que o tempo que faz: tempo das oscilações, rítmico, de probabilidades.

“O tempo que faz não é mais o tempo das regularidades, da uniformidade dos processos. O tempo que faz é o tempo das irregularidades, dos episódios catastróficos, dos eventos esporádicos, dos ritmos e das variabilidades. É também um tempo que introduz no que fazer da natureza a dimensão antropogênica, não levada em conta quando nos detemos a refletir na ótica do tempo que escoia.” (SUERTEGARAY & NUNES, 2001: 19)

Conforme apontam Suertegaray & Nunes (2001), mais recentemente, o desenvolvimento tecnológico e científico, a compreensão das transformações sociais, econômicas e ambientais vivenciadas no atual período histórico, levou a Geomorfologia (leia-se aqui, geomorfólogos) a darem importância maior à análise de processos morfodinâmicos (tempo curto) em detrimento aos processos morfogenéticos (tempo longo). As pesquisas na área da Geomorfologia passaram

assim, segundo os autores, a ter uma preocupação maior com o entendimento das questões ambientais de cunho pontual.

Esta reflexão sugere que os tempos, tanto históricos quanto geológicos, têm sido suplantados pela sobreposição de vários tempos. Sendo assim a forma geomorfológica resulta da coexistência de tempos, parafraseando Milton Santos quando se refere ao espaço geográfico. Essa sobreposição acaba deixando marcas na paisagem através do surgimento de elementos no ambiente, tendo sido chamados na Geologia e Geomorfologia de depósitos tecnogênicos, formados em um novo tempo geo-histórico, denominado por vários autores de Tecnógeno, ou Quinário.

A espacialidade na qual se propõem os estudos assenta-se sobre os depósitos sedimentares acumulados entre flutuações de climas áridos/úmidos a partir das transgressões e regressões do nível do mar ocorridas no decorrer do Quaternário.

O processo de ocupação da área da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara e, ou apropriação do espaço, ocorreu em meados do século XVIII. A partir daí sucedeu-se uma interação entre os sistemas naturais e sociais. A ação humana, permeada por um conjunto de meios instrumentais e sociais, a 'técnica', passou a alterar o modelado original do terreno, constituindo-se como processo tecnogênico, inscrevendo-se em um mesmo tempo, porém, em uma outra escala, a do tempo histórico. Nesse sentido, no local coexistem dois tempos distintos: o tempo que escoia (profundo) e o tempo que faz (parcela do tempo profundo), sendo o tempo que faz a escala temporal de análise do trabalho proposto.

Nesse sentido dimensiona-se a atuação humana sobre o relevo a partir de uma temporalidade natural acentada na escala geológica e em uma temporalidade humana, a escala histórico-geográfica.

2.3 Concepções Fundamentadoras

A aceitação de um novo período na escala do tempo geológico, o Tecnógeno, designado em função das transformações ambientais dinamizadas pela ação humana, nos remeteu ao esclarecimento de algumas concepções fundamentadoras relativas à temática deste trabalho.

2.3.1 O Homem como agente geológico

Segundo aponta Suertegaray (1997) a consideração do Homem como agente geológico e geomorfológico está associada ao momento presente da história dos homens em sociedade:

“Vivemos num momento da história dos homens em sociedade, que tudo tornou-se ambiental, inclusive o mercado impulsionador do processo de globalização. Não só a sociedade na perspectiva econômica mundializa-se. Totaliza-se também a natureza. A Terra passa a ser entendida como um planeta vivo, a hipótese de Gaia é constantemente referida. Os satélites nos permitem a visualização da Terra em intervalos de tempo curto. Os processos físicos não são mais locais, a terra como um sistema sofre impactos globais. A sociedade de Período Técnico-Científico tem responsabilidade sobre isto – o Planeta degrada-se.” (SUERTEGARAY, 1997: 48)

E é neste contexto que, em nível conceitual a Geomorfologia e também a Geologia, passa a considerar os homens como agentes geomorfológicos e geológicos, respectivamente (SUERTEGARAY, 2002: 48).

Segundo Nolasco (2002), um agente geológico e, em um sentido mais amplo, geomorfológico, caracteriza-se pelo seu papel no aplainamento da superfície (desgaste-transporte-deposição) e pelos registros que deixa, ao longo do tempo, descritos principalmente através da caracterização dos seus ambientes sedimentares.

As teorias, que qualificam o Homem como agente geológico, têm sido reconhecidas por vários autores e, aparecem nos estudos do Quaternário, como em Chemekov (1982). Trata-se de uma qualificação que resulta da comparação entre os processos físicos naturais, com os processos onde a ação humana está envolvida.

Segundo Peloggia (2005), estas considerações aparecem anteriormente na obra de autores como Wilhelm Ludwig Von Eschwege (1777-1855), Eduard Suess (1831-1914) e Charles Lyell (1797-1875).

Conforme destacado pelo autor, Eschwege ao tratar dos métodos de mineração, relata a dificuldade do desenvolvimento desta atividade tendo em vista o recobrimento dos sedimentos ricos do leito, pela lama. Já a contribuição de Suess, nesse sentido, se refere à descrição da cidade de Viena em relação ao sistema de drenagem alpino, à descrição e delineação dos depósitos terciário-quaternários e, o que importa aqui, aos registros gerados pelo homem local. Quanto ao pensamento de Lyell, a ação geológica humana aparece referindo-se à drenagem de lagos e pântanos, desflorestamento extensivo e conseqüências, etc.

Dov Nir (1983), na introdução de seu livro “Man, A Geomorphological Agent” traz a discussão para a representatividade da ação humana sobre o

ambiente fazendo uma revisão de autores do século XIX que, em suas obras, abordam a ação humana como agente de transformação da superfície.

Segundo o autor, os estudos acerca da interferência humana sobre o ambiente foram reconhecidos a partir da obra “Man and Nature” publicada em 1864, por George Perkins Marsh sendo este o primeiro humanista moderno a reconhecer o Homem como fator e não meramente como sujeito na natureza. Ou seja, não apenas como um ser que pratica uma ação, mas também como um que contribui para um resultado. Fez uma importante contribuição da influência destrutiva das clareiras florestais as quais propiciavam a erosão das vertentes, sedimentação nos leitos dos rios e conseqüentemente, inundações desastrosas nos baixos cursos fluviais.

A comparação qualitativa encontra-se extensivamente detalhada em uma das mais importantes publicações sobre o Tecnógeno de autoria de Ter-Stepanian publicada em 1988, onde o autor correlaciona processos naturais x tecnogênicos. Assim, as modificações do relevo, originadas pelas atividades de mineração e construção, seriam comparáveis aos agentes externos responsáveis pela gênese e retrabalhamento das formas geomorfológicas, processos costeiros de erosão e deposição pela ação da corrente de deriva à proteção e variação na distribuição dos depósitos devido a construções portuárias (molhes).

O autor compara também, a sedimentação aos depósitos tecnogênicos, a formação de meandros à modificação de rios, construção de canais, sismos naturais aos sismos induzidos pela construção dos reservatórios de água, a

produção de plutônio em reatores nucleares à síntese de metais pesados e, ainda, a manipulação genética à origem de novas espécies e táxons biológicos.

Em um outro momento, a comparação demanda uma avaliação dos volumes movimentados e das taxas de produção de sedimentos, pois, apesar do período de existência da humanidade ser insignificante em relação à história geológica da Terra, a intensidade dos processos, muitas vezes, se apresenta superior à dos processos naturais. Nesse sentido, Oliveira *et al* (2005) apontam o artigo publicado por Lal (1988) onde o autor estima que os sedimentos lançados pelos rios nos oceanos passaram de 10 bilhões de toneladas por ano, antes das intervenções da humanidade, para um valor entre 25 e 50 bilhões após a introdução da agricultura intensiva, pastagens e outros usos do solo.

E, por último, importa explicitar a particularidade desta ação, a técnica. Através deste conjunto de meios instrumentais e sociais o ente social, com suas distintas relações, concepções e percepções de natureza, de vida, de organização sócio-cultural, se relaciona com a natureza produzindo o espaço geográfico, seu espaço vital e, altera o ambiente, ao mesmo tempo em que se multiplica.

Para Büllow (1972), o crescimento populacional e o aumento de meios técnicos de sobrevivência, são os fatores básicos impulsionadores da atividade geológica humana:

“A população da Terra aumentou em uma proporção até então desconhecida; a Terra foi explorada até seus rincões mais afastados; foram realizados movimentos de terra em grandes escalas e, em toda a parte, a cobertura vegetal foi transformada, limpa, destruída. A mineração e o tráfego aumentaram com tal intensidade que, por si só, constituíram-se em fenômenos novos. Não se trata das conseqüências econômicas imprevistas dessas transformações, mas de como as evoluções inevitáveis influíram no acontecer geológico.” (BÜLLOW, 1972: 25).

Deste modo, ao se apropriar do relevo, constituinte do espaço geográfico, no processo de produção/organização espacial, a sociedade tem se mostrado capaz de alterar as relações processuais morfodinâmicas. Nesse sentido, altera também as paisagens. Portanto, "(...) toda a ação humana permeada pela técnica e, que promova alterações no modelado e dinâmica original do terreno, se constitui também em processo geológico-geomorfológico" (TELLES, 1999: 438).

Salvo engano, deve ser considerado também que, embora o tempo de existência do Homem comparado à história geológica da Terra seja relativamente curto, o que é importante e determinante, neste caso, é sua relação com os processos da contemporaneidade. E, quanto à comparação com a intensidade, magnitude e frequência dos processos, vários estudos que abarcam o Tecnógeno, mesmo aqueles que não fazem referência ao termo, têm esclarecido extensivamente que a ação humana pode em alguns locais/situações superar os equivalentes naturais.

2.3.2 Depósitos Tecnogênicos: conceito e classificação

Depósitos Tecnogênicos constituem-se como materiais superficiais correlativos à participação humana nos processos de alteração da dinâmica superficial, nos quais se encontram artefatos manufaturados pelo homem moderno. Chemekov (1983) define-os como depósitos resultantes da atividade humana.

Para Bertê (2001) depósito tecnogênico:

"é o testemunho material da atividade humana que, ao se apropriar da natureza através de suas relações de produção e do emprego de uma técnica que reflete um momento histórico específico do seu nível de

desenvolvimento, acaba por produzir modificações na fisiografia e fisiologia das paisagens” (BERTÉ, 2001: 15).

Peloggia (1999a) define-os como constituintes de uma classe de formação superficial. A classe de formação superficial possui critérios básicos de definição, propostos por Campy & Macaire (1989 *apud* Peloggia, 1999a) e nos quais se encontra a posição espacial (situação aflorante e sub-aflorante), relação com substrato (autóctone, alóctone), relação com o relevo atual e natureza litológica.

Importante esclarecer que o termo antropogênico não serve para designá-los nem tampouco, antrópico. O primeiro tem sido empregado para qualificar eventos do período Antropogênico e, a expressão antropógeno, é usada, muitas vezes, em substituição ao Quaternário, período marcado pela evolução humana.

Tecnogênico refere-se, então a:

“aquilo(ele) cuja gênese foi (é) tecnológica; ou seja cuja produção, (...) obedeceu a conhecimentos ou princípios científicos, utilizando uma maneira, jeito, habilidade ou processo especial para ser executado. Por definição etimológica, portanto, é uma palavra que remete a uma ação ou característica específica da espécie humana.” (NOLASCO, 2002: 16)

Portanto, o termo tecnogênico inclui a noção de que os processos e materiais resultantes da atividade humana refletem uma ação técnica e, sob este aspecto, torna-se a adoção mais adequada que o termo antropogênico.

Várias pesquisas têm tentado extensivamente classificar os depósitos tecnogênicos. A tentativa inicial de classificação detalhada destes materiais foi apresentada por Chemekov (1983) onde, distinguiu três séries principais de depósitos tecnogênicos: *subaérea*, *subaquosa* e *subterrânea*.

Posteriormente, Oliveira (1990) propôs uma classificação geral dos depósitos tecnogênicos baseando-se em sua gênese, a saber: *construídos* (aterros, corpos de rejeito, resultantes diretos da ação humana), *induzidos* (resultantes de processos naturais modificados ou intensificados pela ação humana como, por exemplo, assoreamento, aluviões modernos), *modificados* (solos alterados tecnogenicamente por efluentes, adubos, etc). Nolasco (1998) introduz nesta classificação a categoria de *retrabalhados* que englobam depósitos tecnogênicos, os quais sofreram a ação de agentes naturais.

No que se refere à caracterização do material que constitui os depósitos, Pelligia (1997) aplica a classificação dos 'solos altamente influenciados pelo homem', proposta por Fanning & Fanning (1989) para depósitos, especificamente do tipo *construídos*.

A classificação de Fanning & Fanning (1989) distingue as seguintes categorias: (1) úrbicos, materiais terrosos que contem artefatos manufaturados pelo homem moderno, freqüentemente em fragmentos, como tijolos, vidro, plástico, metais diversos, etc; (2) gárbicos, que abrangem os materiais detríticos com lixo orgânico de origem humana e que, apesar de conter artefatos em quantidades muito menores que a dos materiais úrbicos, são suficientemente ricos em matéria orgânica para gerar metano em condições anaeróbicas; (3) espólicos, materiais terrosos escavados e redepositados por operações de terraplanagem e depósitos de assoreamento induzidos pela erosão acelerada. São materiais que contêm pouca quantidade de artefatos; (4) dragados, material de assoreamento redepositado.

Recentemente, Peloggia (1999a) partiu destas classificações e, na tentativa de ampliar os vários aspectos abrangidos pelas classificações feitas até então, propôs uma *classificação integrada* (QUADRO 1) que consiste, basicamente, na aplicação de forma seqüencial dos parâmetros gênese – composição – estrutura – forma de ocorrência – ambiente tecnogênico. Tal proposta possibilita uma classificação e caracterização de um modo mais abrangente e, de certa forma, mais flexível, portanto, que a de Chemekov.

Desse modo a classificação passa a ser feita em função dos processos geradores, do material constituinte, localização/expressão no relevo, podendo ser referida a um ambiente deposicional tecnogênico, em particular. Os dois primeiros atributos, segundo o autor, são essenciais e definidores e, os últimos, complementares.

QUADRO 1. Classificação integrada dos depósitos tecnogênicos, segundo Peloggia (1999). Referências: A) Oliveira, 1990; B) Nolasco, 1998; C) Fanning & Fanning, 1989; D) Osovetskiy, 1996.

Parâmetro	Gênese	Composição	Estrutura	Forma de ocorrência	Ambientes
Depósito Tecnogênico (d.t.)	1ª ORDEM Construídos ^A Induzidos ^A Modificados ^A	Úrbicos ^C Gárbicos ^C Espólicos ^C Líticos	Estratificados Em camadas Em células Maciços irregulares	Maciços isolados Lençóis de aterramento Coluviformes Aluviformes	Industriais ^B Mineiros ^B Urbanos ^B periurbanos Rurais ^B
	2ª ORDEM Retrabalhados ^B Remobilizados ^B	Sedimentares Tecnogênicó- aluviais ^D			

Fonte: Peloggia, 1999a.

Segundo o autor, em relação aos depósitos induzidos é necessário distinguir entre aqueles em que a influência humana se deu indiretamente nos processos de erosão, transporte e deposição, possuindo composição próxima da original, com poucos artefatos, daquele no qual a gênese e composição é diretamente tecnogênica. Desse modo, aos primeiros, sugere a adoção do termo *sedimentar*, indicando materiais que possam ter sido depositados por processos sedimentares acelerados ou induzidos ou ainda, análogos à sedimentação natural. Além disso, apresentam características e estruturas usuais de uma sedimentação próxima da natural, apresentando uma pequena quantidade de artefatos.

Já no segundo caso, adota-se o termo tecnogênico-aluvial (Osovetskiy, 1996 *apud* Peloggia 1999a), pois se trata de sedimentos aluviais compostos por partículas naturais e tecnogênicas, ou seja, apresentam artefatos em grandes quantidades.

Este trabalho utiliza, portanto, como fio condutor, o conceito de depósito tecnogênico fundamentado na aceitação do Homem como um agente que influencia direta e indiretamente (gênese) na sua formação ou que estabelece a tecnogênese (tempo) para isto. E ainda, na possibilidade da adoção de uma nova temporalidade que venha expressar esta influência na escala geológica-geomorfológica.

2.3.3 Tecnógeno: técnica e transformação da natureza

Ao considerar o registro das influências dos seres humanos na modelagem da superfície terrestre, o reconhecimento do Homem como um agente geológico-geomorfológico, novos olhares sobre o tempo geológico/geomorfológico

são lançados. Assim, a escala geológica, sistematização temporal da evolução do planeta e fundamental aos estudos temporais em Geomorfologia, passa a ser repensada.

Alguns autores vêm, a partir daí, propor a designação de um novo período/época geológico introduzindo os termos Quinário/Tecnógeno objetivando identificá-lo como o advento da atividade humana no processo de transformação do planeta em sua totalidade.

No entanto, esta denominação ainda se apresenta de forma conflituosa, especialmente para a Geologia que interpreta o tempo profundo, não se permitindo, em quase toda a sua totalidade, aceitar que se possa individualizar na evolução da superfície terrestre um período tão curto como o que compreende o Tecnógeno. Sendo assim, ainda é informal a referência ao termo Tecnógeno, ou Quinário, como um intervalo do tempo geológico.

Na tentativa de propor a possibilidade de aceitação do Tecnógeno como um período geológico formal e unidade cronoestratigráfica, Peloggia (1999b) faz uma revisão de fundamentos históricos do significado das classificações estratigráficas e diferencia os termos Quinário e Tecnógeno. Segundo ele, os períodos geológicos correspondem a porções do tempo histórico da Terra e são definidos a partir dos registros preservados correlativos aos processos geológicos atuantes, classificando-os em unidades cronoestratigráficas e geocronológicas.

As unidades cronoestratigráficas representam o conjunto de estratos formados durante um intervalo de tempo e são reconhecidos a partir de seções de referência, constituindo-se como Sistemas e Séries. Como exemplos, tem-se o Cambriano, Siluriano, Permiano, Carbonífero, Triássico, Cretáceo, Jurássico,

Terciário, Quaternário. Já os intervalos de tempo, são conhecidos como unidades geocronológicas, representando períodos e épocas e, são distingüidas com base no registro litológico (Pleistoceno, Holoceno).

Assim, o termo Quinário pressupõe estatuto de Sistema porque é indicativo de posição estratigráfica com seqüência superior ao Terciário e Quaternário, definidos dessa forma. Já o termo Tecnógeno apresenta menos problemas formais, pois não indica posição seqüencial e possui uma riqueza de referência ao conteúdo ontológico (definição de períodos de tempo baseados nos registros preservados correlativos ao processo e tempo geológicos que os originaram).

A partir disso, o mesmo autor propõe a inclusão do Tecnógeno como Série, representando uma época do Quaternário ou Antropógeno. Este então, constituir-se-ia no Pleistoceno (o Quaternário antigo), no período de transição, o Holoceno (o último pós-glacial, a partir do qual se tem o início da intensificação da ação humana sobre a natureza, com as revoluções Neolítica, Urbana e Industrial) e, finalmente, o Tecnógeno, hoje se efetivando, marcado pelo advento de processos geológicos acelerados e diferenciado em relação aos antecedentes.

Insere-se assim, o Tecnógeno numa seqüência em que se ressalta ao mesmo tempo sua origem a partir do Antropógeno - período marcado pelo aparecimento do Homem - e sua diferenciação frente às épocas anteriores:

QUADRO 2. Divisão proposta para o Quaternário, englobando-se o Tecnógeno.

Quaternário ou Antropógeno	TECNÓGENO	época atual
	HOLOCENO	época de transição
	PLEISTOCENO	época antiga

Fonte Peloggia, 1999b.

Ter-Stepanian (1988) e Peloggia (1999b) designam o Holoceno como um período de transição para o Tecnógeno. Para o primeiro, as modificações impressas pelo homem na natureza geológica, a partir do início da produção agrícola e pastoril - a chamada Revolução Neolítica (a 9 ou 10 mil anos atrás em algumas partes do planeta) e, progressivamente intensificada às modernas e, profundamente transformadas regiões industrializadas, evidencia o Holoceno como uma época de transição entre o Quaternário (Pleistoceno) e o Tecnógeno. O começo dessa época é caracterizado por uma situação totalmente quaternária, e seu fim por uma situação totalmente tecnógena, a qual deve se completar, segundo o autor, no próximo milênio, caracterizando uma mudança muito mais rápida que a dos períodos geológicos anteriores.

Portanto, o argumento decisivo para a entrada de uma nova época geológica no Quaternário, é a capacidade da intervenção humana no ambiente a qual afeta/altera o curso de muitos processos exógenos e alguns endógenos. Processos cujas intensidades podem, em alguns casos, superar em muito os processos naturais equivalentes.

A adoção do termo surgiu para diferenciá-lo do Antropógeno, proposto por Pavlov (1922, *apud* Gerasimov, 1979), em substituição ao Quaternário, cujos eventos ocorridos neste período seriam denominados antropogênicos, mesmo aqueles não resultantes da ação humana. Então, por esta razão, há preferência pelo termo tecnogênico o que destaca, na transformação ambiental, a relação natureza-sociedade dada pela técnica que surgiu na Terra, com a humanidade.

Independentemente das propostas de periodização, importa aqui as reflexões desta nova abordagem. Alguns autores, embora não trabalhem

especificamente com a abordagem tecnogênica e com o conceito de depósito tecnogênico, realizam reflexões interessantes sobre o papel do homem na transformação da natureza através do emprego da técnica, discussão importante para a definição do Tecnógeno.

Gonçalves (1989), por exemplo, aponta para o fato de que a partir do momento em que os homens se organizam socialmente se torna impossível fazer uma separação rígida entre a história da natureza e a história dos homens. Ou seja, a natureza passa a ser produzida socialmente, constituindo-se em uma segunda natureza, transformada.

A sedentarização humana associada ao desenvolvimento da técnica e ao aumento populacional propiciou a inserção de uma força modificadora na natureza. Neste processo as leis naturais não são modificadas historicamente e sim, os entes naturais que mudam suas formas de existência para a forma humanizada.

Christofoletti (1995) reforça esta idéia ao afirmar que o Homem, com sua técnica, pode se tornar um poderoso agente transformador da superfície da Terra, interferindo, através de suas atividades, nas trocas de matéria e energia bem como, na composição dos elementos que integram o geossistema. Para esse autor ainda, a própria dimensão do período holocênico pode ser analisada atualmente como sendo uma história ambiental.

Sendo assim, as técnicas são fenômenos históricos, sendo possível reconhecer o momento de sua origem. A sua grande característica é se tornar universal e há uma tendência do sistema econômico capitalista contribuir para a aceleração deste processo, desencadeando a sua globalização. Sobre isso Santos (1997), reforça dizendo que este processo iniciado com o capitalismo permite falar

em uma idade universal da técnica, da rapidez de difusão de novas técnicas e, valoriza o papel alcançado a partir da Revolução Industrial um dos marcos definitivos da história mundial. A partir deste momento, o homem passara a intensificar a atividade produtiva e a exercer potencial transformação sobre a natureza – um marco das modificações, ponto de partida para a aceleração de alterações consideráveis.

Vive-se nesse sentido, a era de inovações, de rapidez tecnológica, na qual inúmeras pessoas são envolvidas, as quais associadas às inovações tecnológicas, como tendências naturais, colonizam espaços em diferentes tempos reforçando a idéia do *espaço como coexistência de tempos*. Incorporam-se à natureza como paisagem artificial demonstrando que a história das relações entre sociedade e natureza acaba sendo em todos os lugares habitados, a da substituição de um meio natural por um artificializado.

Em função destes aspectos, Suertegaray (1997) afirma que há necessidade da adoção de novas concepções geomorfológicas, e geológicas, as quais venham expressar esta temporalidade da atividade humana como processo de transformação do planeta.

O Tecnógeno ou Quinário seria então definido com sendo:

“o período em que a atividade humana passa a ser qualitativamente diferenciada da atividade biológica na modelagem da Biosfera, desencadeando processos (tecnogênicos) cujas intensidade superam em muito os processos naturais.” (OLIVEIRA, 1990 *apud* PELOGGIA, 1997: 35)

3. O ESTADO DA ARTE DO TECNÓGENO BRASILEIRO

O fato de vivermos um processo de produção de uma nova natureza pela sociedade dinamizando questões ambientais, faz com que as Geociências, desde as décadas de 1960 e 1970, venham preocupar-se com abordagens diferenciadas. Dentre estas, encontram-se as discussões conceituais sobre a forma de apreender a dinâmica social na transformação do relevo/natureza, as quais tomaram corpo teórico na abordagem do Tecnógeno.

Importante enfatizar que, embora estes estudos fundamentem-se em uma ótica geológica e geomorfológica, são desenvolvidos com as devidas preocupações interdisciplinares, ou transdisciplinares, incorporando técnicas de análise tanto das ciências sociais como das ciências da terra.

No Brasil, as primeiras abordagens e estudos nesta perspectiva apareceram na década de 1990 e, recentemente, o 1º Encontro Brasileiro do Tecnógeno (1º EBT/2005) possibilitou reunir vários trabalhos e também certo avanço na temática.

A primeira tentativa de reuni-los, em uma perspectiva temporal, foi apresentada por Lisboa (2004) em sua Dissertação de Mestrado. Posteriormente, Oliveira *et al* (2005) no livro “O Quaternário do Brasil”, destacaram as pesquisas apresentadas na forma de teses acadêmicas.

O entendimento do Homem como um agente geológico-geomorfológico, a substituição de um meio natural, dado a uma sociedade, por um cada vez mais artificializado, as derivações ambientais fruto destas substituições e intervenções, são características pontuais e relevantes do Tecnógeno Brasileiro.

Neste sentido, os autores referidos adiante, ao analisar as transformações ambientais e suas derivações, consideram as características do ambiente anterior à intervenção direta e àquelas alteradas pela ação tecnogênica. Quanto à escala temporal de análise, transitam entre a evolução espacial ao longo do tempo geológico e o tempo geo-histórico dado a partir dos processos de ocupação humana e transformação da natureza. Além disso, os estudos associam-se de diferentes formas, aos níveis da ação transformadora do Homem sobre a natureza, definido por Peloggia & Oliveira (2005), como *Geotecnogênese*³.

A expansão e declínio da agricultura cafeeira (interior de São Paulo/Rio de Janeiro/norte do Paraná), mineração (Bahia/Minas Gerais) e urbanização (São Paulo/Rio de Janeiro/Rio Grande do Sul) são as diferentes formas de apropriação do espaço brasileiro e formação territorial consideradas nos estudos observados, visando uma construção analítica dos processos, formas e materiais tecnogênicos.

Ainda que análises teóricas relevantes à temática e estudos que citam os depósitos tecnogênicos mesmo não sendo especificamente relativos ao Tecnógeno, tenham sido publicadas, detemo-nos aqui a alguns estudos de caso. Pois, muitos deles estão alicerçados nas já apresentadas abordagens teóricas, assumindo importância pelo seu caráter metodológico na abordagem desta recente época do Quaternário.

As alterações na dinâmica superficial com a conseqüente formação de depósitos tecnogênicos originados a partir da expansão e declínio da cafeicultura, sua substituição pelas pastagens e crescimento urbano no sudeste brasileiro, são

³ É definida como o conjunto dos níveis da ação transformadora do Homem sobre o ambiente e envolve (i) as alterações no modo de funcionamento ou fisiologia das paisagens; (ii) a criação de formas de relevo e, (iii) a formação de depósitos tecnogênicos. Fonte: PELOGGIA & OLIVEIRA, 2005.

descritos nos trabalhos de Muratori (1997), Oliveira *et al* (1992), Oliveira & Queiroz Neto (1991), Moura *et al* (1992), Dantas (1995), Ribeiro *et al* (1996), Mello *et al* (2005).

Muratori (1997) descreve a gênese de microdesertos edáficos na neopaisagem do noroeste do Estado do Paraná como registro de um novo período geológico. Nesta região, segundo ela, a intensificação da atuação humana, a partir da década de 1940, dada pela retirada da cobertura florestal e intensa ocupação agrícola através da expansão cafeeira do Estado de São Paulo em direção ao norte do Paraná, passou a acelerar processos modificadores da paisagem existente. Estas modificações, ao determinar condições de desequilíbrio ambiental, provocaram o esgotamento dos solos desencadeando processos erosivos acelerados, formação de depósitos tecnogênicos e processos relativos à pré-desertificação sob a forma de microdesertos edáficos.

Processos tecnogênicos que implicaram na mobilização de materiais superficiais e conseqüente acumulação, ocorridos no Planalto Ocidental Paulista, são descritos por Oliveira *et al* (1992) e Oliveira & Queiroz Neto (1991). No primeiro, os autores trazem o exemplo de Andradina e Bauru, contudo, ambos os trabalhos resultaram da identificação dos processos erosivos neste compartimento geomorfológico os quais revelaram a ocorrência de depósitos tecnogênicos. Estes depósitos tiveram seus horizontes caracterizados e interpretados a partir da análise dos artefatos humanos ali existentes, sendo por fim, apontados como decorrentes, de uma dinâmica tecnogênica associada ao desmatamento, e ao uso do solo por atividades agrícolas.

Segundo os autores, no início do século o meio físico do Planalto passou por transformações espaciais desencadeadas pela eliminação da cobertura vegetal primitiva sendo substituída pela expansão da cultura cafeeira e, posteriormente, pela urbanização. Estas mudanças provocaram a intensificação dos escoamentos superficiais concentrados, o que favoreceu o desenvolvimento da erosão linear nas vertentes sob a forma de voçorocas. A produção de sedimentos, ao superar a capacidade de transporte dos cursos d'água, ficou retida em fundo de vales, constituindo-se como depósitos tecnogênicos com espessuras de 1 a 3 m tendo sido reconhecidos, também, depósitos com até 8 m, testemunhadores das fases de ocupação daquela região.

Neste mesmo ciclo histórico de ocupação do sudeste brasileiro, há o reconhecimento, individualização e caracterização da geotecnogênese no Vale do Rio Paraíba do Sul, interpretados, segundo Oliveira (2005), a partir de um conjunto de pesquisas geomorfológicas, estratigráficas, pedológicas e palinológicas. Estas pesquisas voltam-se à investigação das transformações ambientais ocorridas em padrões de formas em morros e colinas desenvolvidas entre a Serra do Mar e da Mantiqueira.

As primeiras referências encontradas sobre a influência tecnogênica na evolução da paisagem no Médio Vale do Paraíba do Sul datam de 1992. Moura *et al* (1992), ao analisar esta evolução, indicaram fases sucessivas de 'instabilidade' e 'estabilidade' na paisagem, estando essas, relacionadas a mudanças significativas de caráter paleohidrológico/paleoclimático/neotectônicas e, os últimos eventos associam-se a história de ocupação pelo homem, apontadas pelos autores como ação antrópica/tecnogênica.

Para Moura *et al* (1992), os depósitos fluviais mais recentes, preservados em terraços fluviais baixos, apresentaram características faciológicas sugestivas de uma fase evolutiva sob condições climáticas úmidas. As datações destes depósitos apontaram idade bastante recente, aproximadamente 240 anos A.P., variações paleohidrológicas e recentes ajustes na dinâmica fluvial implicando ainda, um condicionamento tecnogênico. Além disso, no domínio das encostas, os depósitos coluviais ricos em matéria orgânica, seriam correspondentes a uma última fase de reajuste topográfico em função da retirada da cobertura florestal na escala histórica, sendo definidos pelos autores, como depósitos tecnogênicos.

A Dissertação de Mestrado de Dantas (1995) objetivou analisar as variações espaço-temporais da estocagem diferencial de sedimentos (natural e antropogênica) na bacia hidrográfica do Rio Bananal (SP/RJ), Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, e áreas adjacentes. Através de perfis estratigráficos e datação por radiocarbono, o autor identificou dois períodos de erosão e sedimentação holocênicos.

O primeiro período, ocorrido há aproximadamente 10.000 – 8.000 A.P. esteve associado a condições de chuvas concentradas de grande intensidade e, o segundo, 200 anos A.P., ao estabelecimento de processos tecnogênicos dados a partir da retirada da cobertura vegetal e sua substituição pelas plantações de café o que alterou a dinâmica dos processos hidrológicos das vertentes.

Baseando-se nestes processos, o autor ao mensurar a magnitude das mudanças ambientais na estocagem de sedimentos através do cálculo de taxas de sedimentação estimou para a bacia do Rio Piracema (sub-bacia do Bananal) a deposição de 97.000 m³/ano correspondente ao período do ciclo do café.

Diferentemente, para o período correspondente a transição Pleistoceno-Holoceno, o autor encontrou taxas de sedimentação que indicaram a deposição de 38.000 m³/ano ocorrida principalmente na parte central das cabeceiras de drenagem, em anfiteatro.

O reconhecimento de indicadores mais precisos sobre as mudanças ambientais associadas às repercussões de interferência tecnogênica de ocupação e uso do solo, ocorridas na região de Bananal (RJ), nas últimas centenas de anos, foi realizada por Ribeiro *et al* (1996).

Estes autores, através da abordagem conceitual de Oliveira (1994) realizaram uma caracterização pedológica de depósitos coluviais tecnogênicos, definidos, anteriormente, por Santos (1990) como horizontes A dos solos atuais, e por Moura & Mello (1991) como Aloformação Carrapato. Reconheceram que a gênese deste depósito está associada às transformações na apropriação do espaço: retirada da cobertura vegetal original, expansão e declínio da cafeicultura.

Os depósitos coluviais tecnogênicos foram reconhecidos a partir de perfis estratigráficos e pedológicos em localidades qualitativamente representativas, quanto a sua ocorrência e preservação. Através da descontinuidade estratigráfica apresentada pelos depósitos, que evidenciou contatos nitidamente erosivos, com camadas texturalmente grosseiras, alinhamentos de grânulos rochosos e fragmentos de carvão e, do baixo desenvolvimento pedogenético das unidades deposicionais tecnogênicas, os autores identificaram a natureza detrítica e alóctone dos materiais, uma das principais características dos depósitos tecnogênicos.

Mello *et al* (2005) apresentaram a identificação e mapeamento das principais transformações verificadas na rede de drenagem bacia do Ribeirão Brandão, município de Volta Redonda (RJ), também situado no Médio Vale do Paraíba do Sul. Os autores buscaram estabelecer padrões morfológicos e de comportamento diferenciados de canais fluviais, a partir da individualização de áreas entulhadas e esvaziadas, de feições erosivas e deposicionais nos segmentos fluviais e suas relações com os processos e intervenções nas áreas contribuintes.

Para tanto, estes autores consideraram a dinâmica natural dos processos evolutivos da rede de drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, já apontados aqui, quando descrito o estudo de Moura *et al* (1992), e os processos desencadeados a partir da intervenção humana na região. Desta intervenção, consideraram, para além dos efeitos do desmatamento, o cultivo do café e, a introdução da pecuária leiteira, as intervenções que surgiram a partir da construção da Rodovia Presidente Dutra (BR-116) e da Companhia Siderúrgica Nacional em Volta Redonda, na década de 1940. Estas duas últimas trouxeram consigo, um acentuado crescimento urbano-industrial nas cidades localizadas neste eixo viário, o que representou vetores significativos das transformações ocorridas ao longo dos vales de rios tributários do Paraíba do Sul.

Nove tipos principais de canais fluviais foram reconhecidos em diferentes feições morfológicas erosivas e deposicionais (relação com os domínios geológico-geomorfológicos): canais assoreados, erosivos, embrejados, florestados, incisos, não – incisos, retificados, impermeabilizados, rochosos.

No que tange às intervenções tecnogênicas desencadeadas pela mineração destaca-se a tese de doutorado de Nolasco (2002). Contudo outros,

também são de relevância: Nolasco (1998, 2001), Sobreira & Lima (2005), Estevam *et al* (2005), Souza (2001), Nolasco & Macedo (2005).

A construção analítica dos depósitos e registros tecnogênicos da Chapada Diamantina, no centro do Estado da Bahia, encontra-se nas publicações de Nolasco (1998, 2001) e posteriormente em sua tese de doutoramento, no ano de 2002, de importância relevante na classificação dos depósitos tecnogênicos.

A importância de sua tese se deve, sobretudo, a interdisciplinaridade metodológica tendo em vista o fato de, em sua proposta de classificação, considerar termos admitidos e reconhecidos pelos garimpeiros. Nota-se aí, a relação com técnicas analíticas concebidas metodologicamente pelas ciências humanas.

A autora identifica depósitos recentes produzidos pela ação garimpeira nas Lavras Diamantina, registros geológicos humanos fruto desta forma de transformação da natureza e os processos tecnogênicos correlativos. Trata-se de aspectos que vêm demonstrar a intensa ação do Homem na transformação da fisiologia e fisiografia da paisagem da Chapada Diamantina, desencadeada a partir da colonização na região a qual foi deflagrada pela atividade garimpeira há 160 anos.

Esta atividade mineradora, segundo a autora, foi realizada predominantemente através de técnicas manuais/tradicionais e, no período de 1986-1996, por dragas. Manteve-se até recentemente, como uma atividade majoritária tendo a exploração de diamantes concentrada, principalmente, nos cursos fluviais e nas encostas.

Estes processos de garimpagem propiciaram a aceleração de processos erosivos/deposicionais o que possibilitou modificações topográficas, perda de cobertura sedimentar e vegetal, mudanças nos padrões fluviais, ampliação e geração de cavernas em rochas areníticas e conglomeráticas bem como, ampliação da área de afloramentos.

Além disso, Nolasco (2002) ressalta que a ação garimpeira, de dragas e tradicional, em pouco mais de um século modificou formas geomorfológicas nas Lavras Diamantina, rebaixando-as, escarpando-as. Desencadeou a ampliação do vale principal que, com forma original em V, adquiriu forma em U através do recuo paralelo das vertentes, desnudação e conseqüente aprofundamento dos rios secundários. Com isto, alteraram-se os padrões de sedimentação nas bacias fluviais reduzindo em alguns pontos, sua energia de transporte de material, potencializando o assoreamento.

Ao descrever os depósitos tecnogênicos provenientes da mineração, afirma que apresentam granulometria variável, composição predominantemente siliciclástica, e alcançam espessuras acima dos 10 m. Tendo em vista a concentração da exploração nos domínios fluviais e de encostas, predominam em vales ou confluência de rios e nas encostas e sopés de serras, por vezes associados aos artefatos de antigas construções (ou suas ruínas).

Neste sentido, classifica os depósitos do sistema sedimentar tecnogênico garimpeiro em: *rabos de corrida*⁴ e *de mangueira*⁵, *montoeiras*⁶,

⁴ Resíduos do beneficiamento inicial nas corridas, do garimpo tradicional.

⁵ Resíduos do capeamento estéril do garimpo de dragas.

⁶ Depósitos em forma de montes, de fragmentos de rocha abandonados no garimpo; geralmente dispostos como cerca próximo a região de trabalho, variam de blocos até calhaus.

*depósitos de preenchimento de corridas*⁷, *canais de adução*⁸. A partir destes estudos, Nolasco & Macedo (2005) propõe chaves de identificação de cicatrizes erosivas e depósitos tecnogênicos em garimpos de diamantes.

A caracterização morfodinâmica e genética dos depósitos tecnogênicos observados ao longo do Parque Municipal da Serra do Periperi (BA), é realizada por Estevam *et al* (2005). Trata-se de uma análise referenciada aos Meios Morfodinâmicos de Tricart (1977) onde os autores relacionam a fragilidade do meio físico à formação dos depósitos tecnogênicos originados a partir da lavra de areia.

A histórica descoberta do ouro no Estado de Minas Gerais, por volta do século XVII, anterior às explorações garimpeiras do espaço baiano, implicou na ocupação dessa porção do território brasileiro, definindo o que é chamado de corrida do ouro cujo auge ocorreu no século seguinte. A partir do século XVIII, as atividades mineradoras se intensificaram. A extração, segundo os autores, teve início nos aluviões e terraços, prosseguindo em direção às encostas geralmente através do desmonte dos depósitos e rochas mais friáveis e, finalmente no maciço rochoso através da lavra subterrânea.

A influência humana nas mudanças da fisiologia/fisiografia da paisagem em Minas Gerais fez-se presente também, sob a forma de garimpo a céu aberto⁹. Realizaram-se, além de grandes desmontes, escavações, transporte de deposição do material removido, abertura de poços, galerias e canais, associado ao desmatamento generalizado da cobertura florestal.

⁷ Corridas: local preparado para lavagem do material retirado da catra (buracos resultantes da retirada de areia e cascalho), são canais de lavagem e peneiramentos, segunda etapa da garimpagem.

⁸ Estruturas e adução maiores, que transferem água a grandes distâncias facilitando o processo de garimpagem em áreas com déficit de água.

⁹ Garimpo em superfície (Nolasco, 2002).

A influência da ação antrópica (ou tecnogênica) na gênese e classificação dos materiais inconsolidados, originados pela exploração de bens minerais (ouro, pirita, bauxita e sulfetos) cuja atividade encontra-se inativa e os rejeitos de minerações ativas de topázio imperial, rochas ornamentais e materiais de construção (quartzito, dolomito, itabiritos dolomíticos) na cidade de Ouro Preto (MG), surge no estudo de Souza (2001).

Importa enfatizar que o grande mérito apresentado neste estudo, refere-se à inclusão dos depósitos tecnogênicos nos trabalhos que envolvem a espacialização destes materiais. Além disso, ultrapassa a escala temporal do ciclo da mineração, associando-se, também, a urbanização.

Segundo a autora, a classificação destes materiais partiu de um mapeamento geotécnico, em escala de 1:10.000, no qual uma das etapas era a elaboração de um mapa que espacializasse os materiais inconsolidados. Além da sua espacialização, os materiais passaram por ensaios de campo e laboratório cujos pontos de amostragens foram definidos por critérios geomorfológicos. No que tange à análise genética e evolutiva, classificaram-se em residuais (saprólito e evoluído) e retrabalhados (colúvio, tálus e aluviões).

Contudo, as texturas e estruturas bem definidas dos depósitos implicaram na inclusão de uma nova classe que englobasse materiais associados à tecnogênese, os quais se relacionam aos rejeitos de mineração, aterros não compactados e depósitos de entulho. Os aterros não compactados constituem-se por diversos tipos de materiais, em geral provenientes das rochas adjacentes e, os de entulhos, compõem-se de modo heterogêneo, com artefatos oriundos da construção civil, fruto da expansão urbana no local.

Na perspectiva de analisar as transformações paisagísticas pela exploração de ouro no século XVIII no Distrito de Passagem de Mariana, município de Mariana (MG), Sobreira (2005) analisa e mapeia uma porção da Serra de Ouro Preto, local no qual se realizaram grandes desmontes na encosta para exploração a céu aberto.

Este trabalho apresenta uma proposta interessante à abordagem metodológica na análise das transformações tecnogênicas, pois além de caracterizar os desmontes, realiza uma quantificação dos volumes de materiais mobilizados das encostas. A partir de fotointerpretação em escala de detalhe, o autor delimitou a área alterada a qual foi lançada em uma base topográfica (1:5.000), obtendo-se assim uma representação tridimensional da área antes e após ser afetada pela ação exploratória. Esta base possibilitou a reconstituição da topografia da encosta anterior aos trabalhos de mineração. O resultado, desta forma, foi uma aproximação do que seria a topografia original da região quando os processos tecnogênicos pela exploração do ouro não haviam se efetivado.

Através de programas computacionais e das bases topográficas geradas, o autor calculou o volume de material escavado a partir da diferença entre as duas superfícies, chegando a um valor aproximado de 5.975.645 m³. A magnitude da mobilização destes materiais indica, segundo ele, que grandes áreas fluviais podem ter sido assoreadas e, nesse sentido, surge a possibilidade de desenvolvimento de outros estudos para efetuar estimativas de desmonte em outras áreas da Serra do Ouro Preto e detectar áreas de deposição correlativas.

Na perspectiva das transformações tecnogênicas em ambientes urbanos destaca-se no Brasil a tese de Peloggia (1997). Além desta, são relevantes

os trabalhos de Cunha (2000), Telles (1999), Lisboa (2004), Viana *et al* (2000), Rossato (2000), Bertê (2001), Neto *et al* (2005).

Uma característica importante de enfatizar na aplicação dos estudos do Tecnógeno em ambientes urbanos é o caráter construtivo da ação humana no processo de apropriação do espaço e prática de suas atividades. Os diversos autores permitiram a constatação de que a cidade é o lugar, por excelência, da materialização das relações entre a sociedade e natureza. E é neste espaço, que podemos citar e encontrar como exemplo concreto dessas relações, os depósitos tecnogênicos.

A tese de Peloggia (1997) representa um avanço teórico na abordagem do Tecnógeno ao analisar a formação de depósitos tecnogênicos de encostas e as transformações morfosedimentares nas várzeas da cidade de São Paulo, caracterizando o Tecnógeno Urbano como fruto de amplas relações na produção da natureza.

O autor, ao tomar como referência as proposições metodológicas de Ab'Saber (1969) para os estudos do Quaternário, possibilitou um avanço no caminhar analítico do Tecnógeno. Em síntese, a ação humana segundo ele, ponto central do Tecnógeno, tem conseqüências que podem ser referidas em três níveis de abordagem, definidos como *geotecnogênese*.

Partindo da história geológica e geomorfológica dos terrenos nos quais se edificou e se expandiu a cidade de São Paulo, o autor aplica os níveis de abordagem da ação humana associando-os as mais graves situações de risco geológico. Estas situações de risco relacionam-se não a maciços naturais, mas as

particularidades referentes à precária ocupação urbana sobre os aterros de bota-fora e coberturas remobilizadas – os depósitos tecnogênicos.

Cunha (2000), analisa os impactos ambientais da ocupação urbana na planície de inundação do Ribeirão Anicuns pela Vila Roriz/Goiânia. Segundo o autor a ocupação modificou a produção de sedimentos e alterou a fisiografia do curso fluvial de modo que em curto intervalo de tempo, 1975 – 1992, profundas modificações ocorreram em seu perfil que estão representadas pelo meandramento, a uma taxa de 4,2 até 6,8 m/ano, evidenciando a ação tecnogênica e, ou sua participação nos processos da dinâmica fluvial.

Neste sentido, reconheceu a presença de depósitos tecnogênicos induzidos e construídos estes últimos, sob a forma de aterros e bota-fora. Segundo ele, os induzidos assumem um volume de 2.906.000 m³ e os construídos somaram 2.480.000 m³, ambos possuindo espessura média de aproximadamente 7 m.

Telles (1999) e Lisboa (2004) realizam uma análise da formação de depósitos tecnogênicos construídos, na linha de costa, sob a forma de aterros. A primeira autora aborda a evolução geomorfológica do pontal de Rio Grande (RS) no confronto de dois tempos, o tempo geológico (tempo que escoia) e o tempo histórico a partir da ocupação humana (tempo que faz).

Na descrição evolutiva do tempo que escoia, o sítio geomorfológico de Rio Grande tem sua gênese associada aos eventos transgressivos e regressivos do nível do mar ocorridos durante o Quaternário, que propiciou a formação de sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira. Nesse processo, se deu a migração dos canais lagunares o que possibilitou o assentamento de feixes de cordões litorâneos.

Estes cordões foram retrabalhados pelo escoamento lagunar, correntes de deriva litorânea e ação eólica, destacando-se assim, um conjunto de feições classificadas por Godolphin (1976) como feições praias, eólicas, lagunares, fluviais e litorâneas emersas.

À emersão desses terrenos foram necessários 400.000 anos de atuação dos processos exógenos que atuaram conformando espessos lençóis de areia, dunas ativas e passivas, cavas ocupadas por banhados e lagoas, terraços lagunares em diferentes níveis de evolução. Esse suporte foi incorporado ao território no século XVIII, iniciando-se a partir de então, uma série de modificações tecnogênicas as quais visavam adequá-lo as necessidades requeridas pela ocupação.

A partir daí, a evolução geomorfológica deste local, confrontou-se com o tempo histórico (tempo que faz), no contexto do povoamento estratégico-militar da Coroa Portuguesa sobre as terras do sul do Brasil. Segundo a autora, na fase inicial de ocupação, as modificações geomorfológicas se deram sob a forma de retirada das areias das dunas para aterrar as margens pantanosas com introdução de espécies vegetais exóticas que serviram de quebra-vento e fixação de areias.

No século seguinte, a necessidade de melhorar o acesso ao porto de Rio Grande (RS) desencadeou uma série de obras que, paulatinamente modificaram o ambiente como a construção dos molhes da barra e a dragagem dos canais. O material originário da dragagem passou a ser lançado sobre lagoas, banhados ampliando-se assim, áreas de terrenos emersos. O avanço da urbanização atrelada à construção de um novo porto e ao estabelecimento de novas indústrias, desencadeou a aceleração de processos geomorfológicos, pois dunas foram

terraplanadas, banhados e lagoas aterrados, arroios canalizados, estabelecendo então, uma nova configuração espacial.

A identificação das mudanças, de natureza tecnogênica, ocorridas na linha de costa do Distrito Sede de Florianópolis em função dos aterros, foi o estudo de Lisboa (2004). Através de um levantamento histórico da apropriação do espaço e conseqüente transfiguração da paisagem, a autora identifica os aterros feitos nos últimos 30 anos, relacionando-os com as políticas públicas de organização espacial e elabora croquis à visualização da linha de costa em diferentes anos.

Na caracterização e compartimentação geológico-geomorfológica da Província Costeira do Estado de Santa Catarina, HORN FILHO (2003) identificou depósitos tecnogênicos construídos representados por aterros e rejeitos industriais.

Depósitos tecnogênicos sob a forma de assoreamento em barragens foram reconhecidos nos estudos de Oliveira (1994), Viana *et al* (2000) e Rossato (2000).

A tese de doutoramento de Oliveira (1994), um dos pioneiros trabalhos do Tecnógeno Brasileiro, representa exemplo de aplicação na abordagem tecnogênica no que diz respeito à análise da produção de sedimentos em bacias hidrográficas e ocorrência de depósitos de assoreamento em reservatórios, correlativos a esta produção, associada ao histórico de uso do solo.

O autor realiza a aplicação do método adotado pelo Manual "*Sedimentation Engineering*", da *American Society of Civil Engineers* (Vanoni 1977 *apud* Oliveira *et al* 2005) utilizado nas determinações de produção de sedimentos, baseado na prospecção de depósitos ocorrentes em fundos de vales. Através da

ocorrência de depósitos tecnogênicos nestes setores de bacias de pequeno porte (20 a 30 Km²) do Rio Capivara, afluyente do Paranapanema (SP), Oliveira (1994) determinou taxas de 2.900 m³/Km²/ano para bacias com uso de solo urbano no período de 1935 a 1962 e, de 600 m³/Km²/ano em bacias com uso agrícola entre os anos de 1967 a 1991 encontrando, nos depósitos e artefatos manufaturados pelo homem moderno. Assim, aplica a abordagem tecnogênica na reconstituição geohistórica e na solução de problemas ambientais.

As influências e conseqüências da ação tecnogênica nos aspectos hidromorfológicos da Represa Mãe d'Água do IPH/UFRGS – Porto Alegre (Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul), foi tema apresentado por Viana *et al* (2000).

Através do reconhecimento dos processos atuantes no Reservatório e na área ocupada à montante dessa, as autoras realizaram testemunhagem e coleta de amostra de sedimento superficial para caracterizar os depósitos e analisar o processo de assoreamento e eutrofização, acelerado nos últimos anos. Segundo as autoras a acelerada apropriação do espaço nas encostas do morro Santana, permitiu a alteração da dinâmica de erosão e deposição no lago com conseqüente modificação em sua hidrodinâmica.

A ocupação intensa e o desmatamento do morro vêm ocasionando uma contínua erosão das encostas cujo material acaba sendo carreado em direção aos corpos d'água, depositando-se no referido corpo d'água o que provoca seu progressivo assoreamento.

Na mesma perspectiva de abordagem e na tentativa de entendimento da aceleração do tempo geomorfológico pelas atividades e ocupação humana, Rossato (2000) analisa a formação de depósitos tecnogênicos no Reservatório Lomba do Sabão (Viamão, RS), associados aos processos de assoreamento. Através do mapeamento da cobertura vegetal, caracterização dos depósitos quanto a sua estrutura e gênese, a autora quantificou a área assoreada explicando a morfogênese dos depósitos reconhecidos. Segundo Rossato (2000), este Reservatório sofreu significativa ação tecnogênica ao longo dos vinte e oito anos estudados (1972-2000). Ações e alterações positivas, como o aumento da área de mata, através, em parte, da regularização da condição do Parque Saint Hilaire como área de preservação permanente, e alterações negativas como o considerável incremento das áreas assoreadas.

Certamente, estas alterações são conseqüências da maciça urbanização que ocorreu neste local, a partir da década de 1970, além de todas as modificações inseridas neste espaço, como a remoção de vegetação para a construção de moradias (muitas delas, irregulares, sem qualquer sistema de saneamento ou tratamento de esgotos domésticos) ou para o desenvolvimento de pequenas atividades agrícolas e de criação de animais. Este conflito de uso acabou propiciando a aceleração de processos naturais como o assoreamento, visto que favoreceu a intensificação de processos de vertente como o escoamento superficial e a erosão, principalmente em episódios de precipitações torrenciais (Rossato, 2000).

A Dissertação de Mestrado de Bertê (2001), tendo como lócus das transformações tecnogênicas o ambiente urbano, procurou investigar a presença

dos depósitos tecnogênicos construídos na forma de aterros urbanos (lixões e aterros sanitários) no Município de Porto Alegre (RS). Na tentativa de reconhecer mais detalhadamente a dinâmica ambiental destes depósitos, a autora elegeu o Aterro Sanitário da Zona Norte caracterizando esse novo elemento da paisagem urbana.

Para o entendimento da gênese, constituição e elementos da dinâmica ambiental, próprios destes depósitos, a autora realizou revisões bibliográficas, experimentos de campo e análises de laboratório. Através dos resultados obtidos, representa uma proposta interessante ao Tecnógeno Brasileiro no sentido de que pôde avaliar a adequação das propostas de uso e ocupação da área do aterro e sugerir o aprimoramento de instrumentos de gestão e planejamento ambientais.

Para além da identificação de depósitos de assoreamento, a Tese de Fujimoto (2001) reconhece algumas feições tecnogênicas e as correlaciona à classificação taxonômica de Ross (1992). Nos cursos fluviais da sub-bacia hidrográfica do arroio Dilúvio, região metropolitana de Porto Alegre (RS), a autora distingue formas em planícies flúvio-tecnogênicas e formas em planícies flúvio-lacustre tecnogênicas. Tais formas são relacionadas ao processo de crescimento urbano na metrópole de Porto Alegre/RS, sobretudo, a partir da construção da Represa Mãe d'Água do IPH/UFRGS.

Por fim, o trabalho de Neto *et al* (2005) analisa as alterações na dinâmica do conjunto de lagoas em Feira de Santana (BA) desencadeadas pela ocupação e também a extração mineral de argilas. Segundo a abundância de água nesta região, tornou-se o atrativo principal às comunidades do interior semi-árido que tem a economia local concentrada na pecuária e comércio.

Esse fenômeno possibilitou, através da migração regional, a rápida ampliação da malha urbana o que desencadeou transformações na dinâmica das lagoas localizadas nas proximidades. Estes corpos d'água foram atingidos, principalmente, por aterros para ocupação, despejos de efluentes domésticos com conseqüente eutrofização, construção de pequenos reservatórios, segmentação e bloqueio de canais de escoamento pela construção de estradas.

Àquelas localizadas em ambiente rural, passaram a sofrer transformações devido a substituição da vegetação natural por pastagens, construção de estradas e extração de argila, areia e rocha utilizadas na construção civil.

4. O USO DO SOLO E DINÂMICA ESPACIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SANTA BÁRBARA

4.1. A metodologia utilizada no mapeamento do Uso e Ocupação do Solo

Inúmeras são as formas de representação das informações espaciais e um dos caminhos se dá através do uso de geotecnologias. Nestas formas de representação espacial, o espaço geográfico define-se de modo absoluto, ou seja, a partir de coordenadas geográficas, postas em um plano cartesiano e nesse sentido, torna-se passível de cartografiação.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), principal modo de sistematização dos dados espaciais a partir do uso das geotecnologias, é definido por Burrough (1986, *apud* Mendes & Cirilo, 2001) como um poderoso conjunto de instrumentos para coletar, armazenar, recuperar e, posteriormente, transformar e representar dados espaciais referenciados para um conjunto de propósitos particulares. A sua principal operação de tratamento de dados georreferenciados reside na capacidade que tem em combinar mapas de maneira rápida e com um alto grau de precisão.

Para estabelecer as correlações necessárias na análise proposta foi preciso buscar recursos que não apenas possibilitassem, mas também, facilitassem a visão evolutiva de dados espaciais.

Diversas são as formas de obtenção de informações da evolução de dados espaciais referentes à cobertura vegetal, ocupação do solo e alterações aí associadas.

Órgãos ambientais têm utilizado informações detalhadas obtidas através da interpretação de fotografias aéreas de grandes escalas, contudo,

problemas sérios se apresentam quando necessitam de uma atualização freqüente destes dados. Entre eles destacam-se as mudanças nas definições das categorias e métodos de coleta de dados, cobertura espaço-temporal incompleta, emprego de sistemas de classificação dos dados incompatíveis com as informações utilizadas e, principalmente, o custo elevado na atualização destas informações.

Desta forma, as imagens de satélites como ferramenta para o estudo, monitoramento e atualização dessas classes espaciais mostram-se como uma alternativa viável e de custo relativamente baixo. Os sensores dos satélites captam constantemente as imagens da Terra sem necessidade de programação prévia, abrangendo extensas áreas, com boas resoluções espaciais e fornecem informações atualizadas passíveis de identificação através de técnicas de análise visuais e de processamento digital.

Sabendo-se que as condições e características encontradas nos depósitos do Reservatório Santa Bárbara são reflexos da dinâmica ambiental que se sucede na bacia hidrográfica, fez-se necessário reconhecer a evolução do Uso e Ocupação do Solo em todo este espaço físico. Para tanto, as imagens de satélite, forma de captura indireta de informações espaciais, se mostraram como uma ferramenta adequada e facilitadora do processo.

Para interpretar essas informações foi necessário individualizar os dados, classificando-os na forma digital. Para esta classificação utilizaram-se ferramentas do geoprocessamento que permitiram gerar um mapa com as classes desejadas.

Definiu-se que o ponto de partida da construção dos mapas de Uso e Ocupação do Solo seria a elaboração e estruturação da base de dados vetoriais. Assim, o espaço geográfico tido como base para espacialização destes temas surgiu a partir da delimitação da bacia hidrográfica cujo traço baseou-se no divisor de águas dessa bacia, contido em cartas topográficas da Divisão de Serviços Geográficos do Exército (DSG) na escala 1:50.000, do ano de 1975. As folhas utilizadas foram: Monte Bonito (SH.22-Y-D-IV-1) e Pelotas (SH. 22-Y-D-IV-3).

Das cartas da DSG, outras informações relevantes para a construção dos mapas puderam ser obtidas, como, a drenagem fluvial, açudes e as estradas.

Visando obter uma precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos fez-se o georreferenciamento das cartas efetuado pelo programa Autocad Map 2004, por esse possuir um módulo especialmente ágil para realizar tal tarefa. Esse georreferenciamento foi realizado mediante a aquisição de pontos de controle, tendo como sistema de referência as cartas topográficas, obtidos via mesa digitalizadora marca Digigraf, modelo Van Gogh, formato A0. Teve-se como parâmetro um arquivo de correspondência de no mínimo 10 pontos, obtendo-se um erro médio de posição de 50 cm para toda a base cartográfica.

Valendo-se da base cartográfica georreferenciada efetuou-se a necessária edição, via mesa digitalizadora, de arquivos vetoriais para a integração dos dados em um ambiente computacional e transformação dos dados gráficos em digitais através do programa de vetorização Autocad Map 2004, já citado anteriormente. Criou-se dessa forma, arquivos vetoriais que se configuraram como base de dados cartográficos às técnicas de processamento digital utilizadas na edição dos mapas propostos.

Para o reconhecimento do Uso e Ocupação do Solo foram definidos dois períodos temporais: 1988 e 2002. Para a interpretação destes elementos espaciais foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT TM 5 e LANDSAT 7, correspondente à órbita 221 e ponto 82, em mídia eletrônica (CD-Rom), adquiridas junto ao CEPSSRM (Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Destas imagens fez-se um recorte espacial correspondente à área da bacia. Todas as operações subseqüentes foram realizadas no ambiente computacional do programa Spring 4.1.1 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por apresentar uma interface interativa e uma base de dados única. A edição gráfica final dos mapas foi feita no programa CorelDraw 11.

Delimitado o recorte espacial da área a ser mapeada criou-se o projeto, que definiu realmente a área física de trabalho. Utilizou-se a projeção cilíndrica UTM (Universal Transversa de Mercator), o elipsóide de referência internacional WGS-84 (World Geodetic System 84) e o retângulo envolvente correspondente às coordenadas 3610000Emínimo, 380000Emáximo, 6480000Nmímimo, 6500000Nmáximo. O passo seguinte após essa rotina, foi a classificação digital do Uso e Ocupação do Solo através de Classificação Supervisionada.

A classificação digital é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Os Classificadores “pixel a pixel” utilizam apenas a informação espectral isoladamente de cada pixel para achar regiões homogêneas. O resultado final deste processo é uma imagem digital

que constitui um mapa de “pixels” classificados, que podem ser representados por símbolos gráficos ou cores.

Na Classificação Supervisionada é preciso ter um conhecimento prévio dos objetos da superfície terrestre a serem classificados. Esse conhecimento deve ser obtido, idealmente, por trabalho de campo, definindo “a priori” as distintas classes e as áreas da imagem que as representam, chamadas de treinamento. Essas áreas podem, então, ser usadas como um padrão de comparação para decidir a qual classes pertencem todos os pixels ou regiões de uma imagem.

Para uma classificação adequada às pretensões do trabalho, foram definidas as seguintes classes:

- Corpos d’água, incluindo os rios ou arroios, lagos, açudes e barragens;
- Mata, incluindo mata ciliar, florestamentos e mata nativa;
- Campo, incluindo as formações de campos limpos e pastagens;
- Agricultura, incluindo áreas com solo exposto revolvido para fins agrícolas e lavouras de arroz;
- Área urbanizada, incluindo aglomerados urbanos de vila e cidade.

No processamento das imagens para classificação foi concebida uma composição colorida falsa-cor com as bandas 3B4R5G. Através da rotina de treinamento, disponível no Spring 4.1.1, se fez amostragens espectrais dos alvos a serem classificados, adotando-se um desempenho médio das amostras de 99,35% e confusão média de 0,25%.

O processamento da imagem foi gerado a partir das assinaturas espectrais, através do método de classificação por Máxima Verossimilhança (MAXVER). O MAXVER é o método de classificação pixel a pixel que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos.

O método estatístico leva em consideração a probabilidade dos pixels da imagem, dentro do intervalo radiométrico, pertencer a uma determinada classe e, em virtude disso, é possível o surgimento de falhas no processo de classificação. Ou seja, diferentes feições mapeadas podem ser confundidas por apresentarem assinatura espectral próxima.

Neste sentido, é observada a importância dos trabalhos de campo associados à classificação da imagem onde a interferência e a prudência do classificador se faz presente. Assim, para cumprir a Classificação Supervisionada foram realizados trabalhos de campo para reconhecer as classes criando-se, em laboratório, uma “máscara” para o alvo correspondente à Área Urbana que apresentava semelhança espectral, para o classificador, com a Classe Agricultura.

4.2. A caracterização das transformações espaço-temporais do Uso e Ocupação do Solo da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara

O procedimento técnico de construção dos mapas de Uso e Ocupação do Solo através da classificação digital e as associações analíticas possibilitaram revelar transformações, em um período de 14 anos, nas classes mapeadas (FIG. 7 e 8, QUADRO 3).

QUADRO 3. Variações das áreas de Classes de Uso e Ocupação do Solo da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara.

Classes	Área em hectares (1988)	Área em hectares (2002)
Corpos d'água	310.6	431.6
Mata	3020.9	3321.8
Campo	6882.7	4991.4
Agricultura	105.9	573.5
Área Urbanizada	3136.4	4125.4

Elaboração: Carina C. Korb.

Em trabalho anterior, Simon (2005) ao contextualizar as transformações espaço-temporais no espaço físico da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara de modo a torná-lo geográfico, afirma que foram acarretadas por uma estrutura fundiária local. Essa estrutura propiciou a transfiguração das características naturais da bacia através da implantação de lavouras e florestas, represamento de canais fluviais para construção de reservatórios de captação de água, tanto para a agricultura quanto para consumo humano e ainda, do crescimento urbano, acelerado principalmente a partir das décadas de 1960 e 1970.

As áreas com solo exposto, revolvido para fins agrícolas, como lavouras de arroz e hortigranjeiros inseridos na Classe Agricultura (Ambientes Construídos) somavam em 1988 uma área de 105.9 hectares e, em 2002, 573.5. Juntamente com as demais classes, avançou sobre áreas de campo onde em 1988 era de 6882.7 hectares e em 2002, 4991.4 hectares.

FIGURA 7. Mapa de Uso e Ocupação do Solo - 1988 - Bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara.

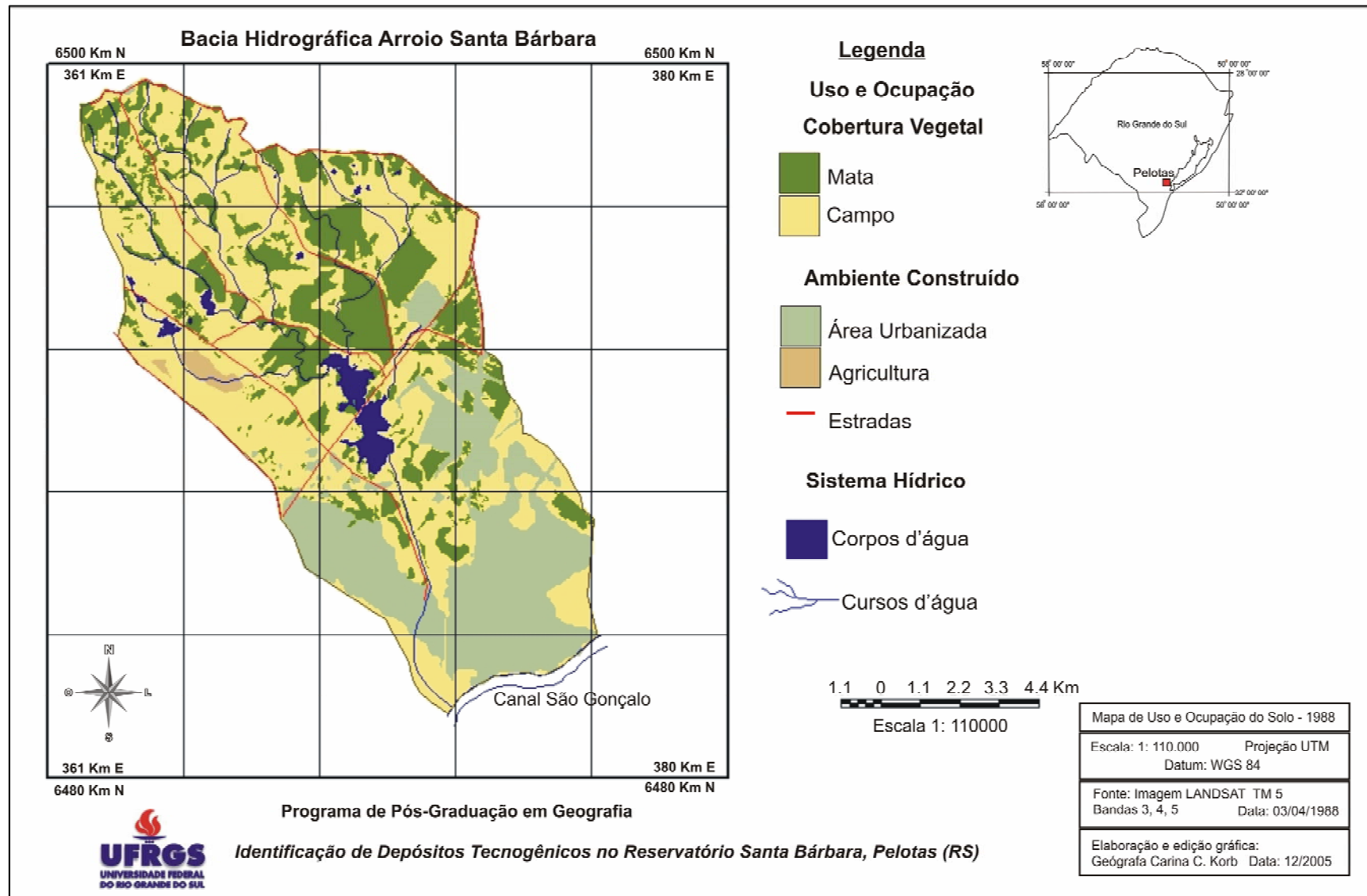
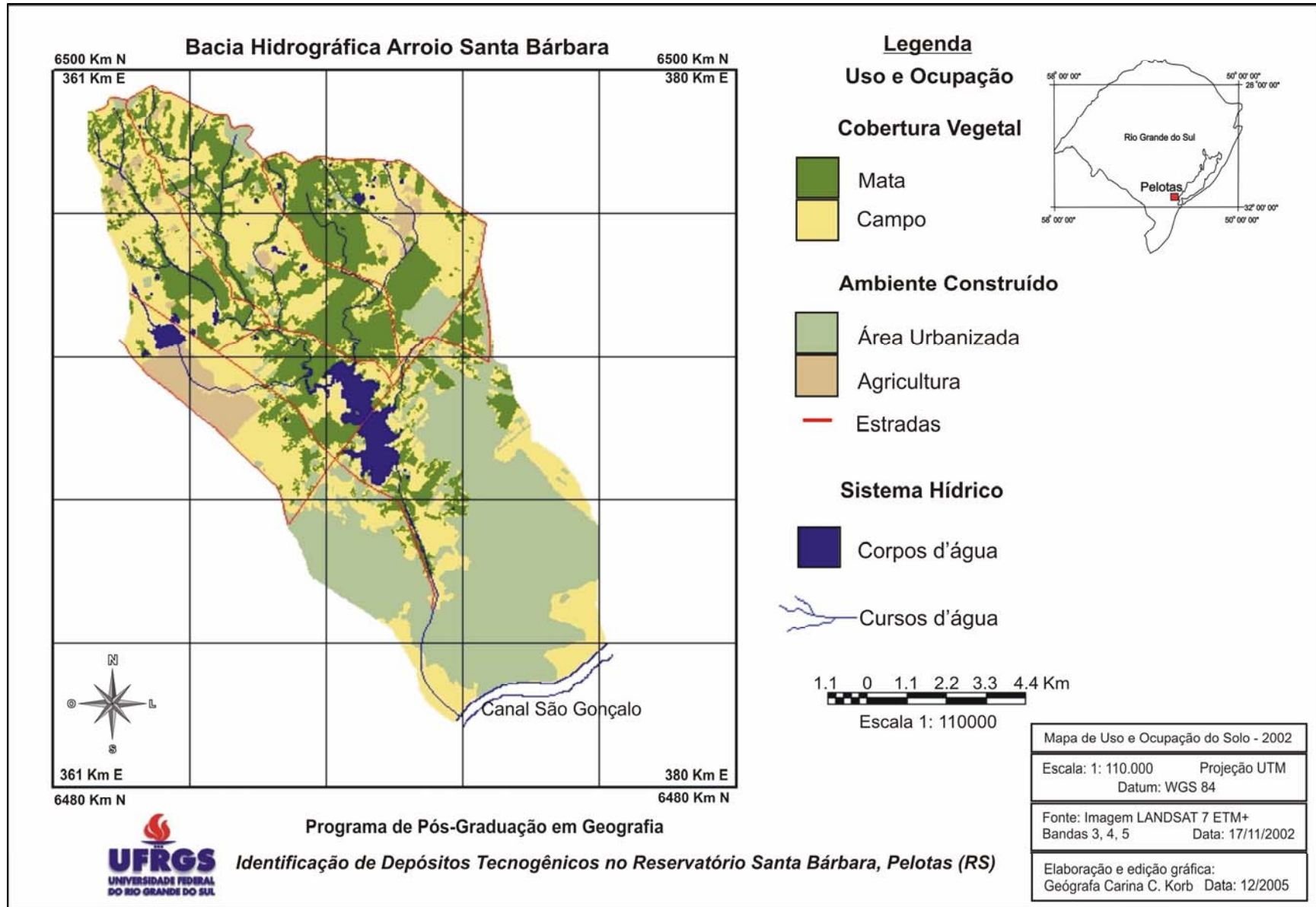


FIGURA 8. Mapa de Uso e Ocupação do Solo - 2002. Bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara.

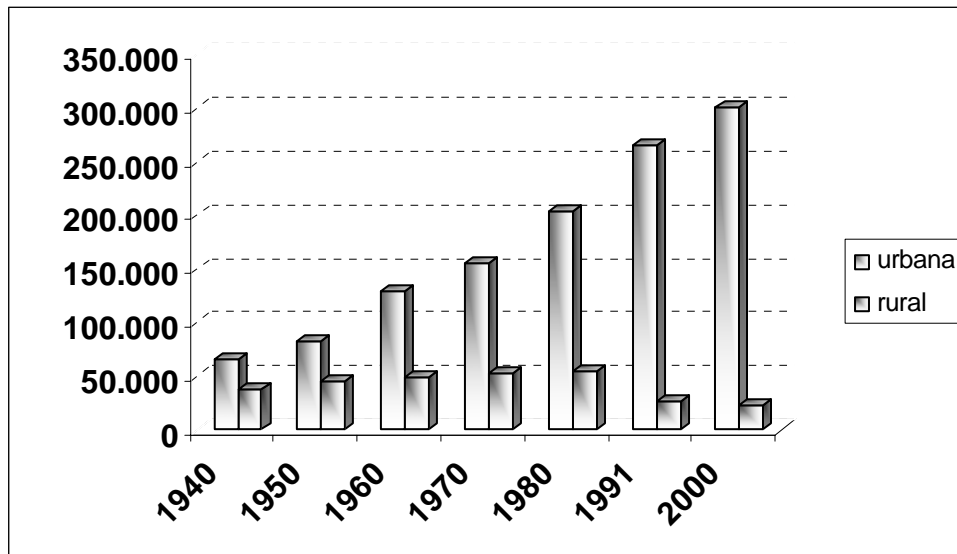


Dois locais na bacia hidrográfica em sua porção mediana, um a NW e outro a NE, correspondem ao cultivo de arroz desenvolvido em pequenos e médios estabelecimentos rurais. É preciso explicitar que a variação de suas áreas espaciais, conforme podem ser visualizadas nos mapas de 1988 e 2002, possivelmente encontram-se associadas às datas das imagens orbitais utilizadas na classificação digital. O mapa de 1988 elaborado com imagem do mês de abril (período da colheita) apresenta a cultura do arroz com uma porção menor quando comparada ao mapa de 2002, cuja imagem corresponde ao mês de novembro (período de preparo do solo com maior exposição) justificando o comportamento espectral e áreas obtidas.

Outros pontuais aumentos de áreas desta Classe mapeada associam-se a expansão de culturas respectivas a hortifrutigranjeiros que se desenvolveram com o crescimento do número de indústrias alimentícias, quando da implantação do sítio industrial no município, no transcorrer das décadas de 1980 e 1990.

O aumento, ainda que contraditório, da Classe Agricultura e da Área Urbanizada contextualiza-se às transformações ocorridas na estrutura agrária brasileira a partir da década de 70 que se refletiu, também, na área rural de vários municípios situados ao sul do território do Rio Grande do Sul, dentre os quais, Pelotas. Neste período, o declínio da pecuária pela falência de vários frigoríficos e ascensão da orizicultura associada à modernização agrícola, exerceram forte influência sobre a intensificação do êxodo rural e conseqüente decréscimo da população camponesa, GRÁF. 2., que acabou por se deslocar para o centro urbano em busca de trabalho.

GRÁFICO 2. Número de habitantes do município de Pelotas - Urbana e rural - de 1940 a 2000.



Fonte: Censos IBGE (1940-2000). Elaboração: Carina C. Korb

Com a instalação do parque industrial de Pelotas na década de 1980, com indústrias alimentícias, beneficiamento de arroz e, outras, a população rural decresceu acentuadamente, conforme revela o censo realizado em 1991, ilustrados no GRÁF. 2, e, em contrapartida desencadeou-se a expansão da urbanização com aumento do número de habitantes e de núcleos populacionais no espaço físico da bacia hidrográfica.

Esta expansão urbana, experimentada pelo município de Pelotas acabou por se refletir na bacia hidrográfica formadora do Reservatório Santa Bárbara modificando características originais o que possivelmente pode estar contribuindo, desde então, para a degradação da qualidade das águas dos arroios contribuintes e, conseqüentemente, do manancial em questão. Em razão da precariedade do planejamento, com relação à ocupação do solo, pela pontual inexistência de um sistema de esgotamento sanitário e falta de programas de

educação sanitária e ambiental que abranja toda a população, além da multiplicidade de atividades na região, em um misto de urbana e rural, o tempo de vida útil e a qualidade das águas do Reservatório Santa Bárbara, vem apresentando um crescente comprometimento.

O processo de urbanização de Pelotas teve um papel muito importante na dinâmica ambiental processada na área em estudo. Este crescimento das áreas urbanas de 3136,4 hectares em 1988 para 4125,4 hectares em 2002, que pode ser perfeitamente visualizado ao compararem-se os mapas das duas épocas em questão veio acompanhado de pontuais ocupações irregulares, retirada/substituição da cobertura vegetal desencadeando o assoreamento do Reservatório Santa Bárbara e de cursos fluviais que nele desembocam.

No entanto, o mapeamento da área suscitou questões bastante interessantes que a princípio parecem contraditórias, como o aumento da área de mata que se expandiu sobre áreas de campo, simultaneamente ao aumento das áreas urbanas e agrícolas, como fica claro na comparação dos mapas de uso do solo e ocupação da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara de 1988 e 2002 (FIG. 7 e 8).

A necessidade de expansão das áreas urbanas, em virtude do inchaço da cidade, levou a população mais pobre a deslocar-se para as zonas periféricas, onde as terras custavam menos e com a possibilidade de ocupar áreas desabitadas no espaço físico da bacia. Mas esta ocupação incorreu em pontuais ações irregulares, posto que se deu sob locais próximos às áreas de mata ciliar, que pelo artigo 2º do Código Florestal Brasileiro devem ser preservadas, assim como as áreas do entorno dos corpos d'água, neste caso, o Reservatório.

O aumento da área de mata na bacia de captação do Reservatório Santa Bárbara, de 3020,9 hectares em 1988 para 3321,8 hectares em 2002 deveria então, de acordo com a interpretação mais usual, aumentar a proteção do solo, diminuindo os impactos das chuvas e reduzindo sua erosividade, resultando num decréscimo de processos erosivos pelo escoamento superficial, o que evitaria o assoreamento no manancial. Não obstante, é importante salientar que, com base na análise das imagens utilizadas, este aumento da área de mata se deu com a expansão do plantio de espécies exóticas (diferença clara quando se analisam as texturas das matas), como o eucalipto e, em menor escala, gêneros de pinus.

Estes florestamentos comerciais encontram-se desde as áreas mais altas da bacia hidrográfica, constituídas pelo Embasamento Pré-Cambriano, até a Planície Costeira. Segundo Cordeiro (2000), ocorrem pela demanda da mineração de argila nas 5 olarias existentes na bacia em questão as quais, se utilizam da madeira como combustível no processo de fabricação de cerâmicas.

Os campos tiveram, em geral, uma retração de sua área. Em 1988 somava 6882,7 hectares e em 2002, 4991,4 hectares. Esta retração, principalmente na porção NW/SE, onde houve o avanço das matas e área urbana, respectivamente. Em pontos específicos do espaço em estudo, notou-se a justaposição das áreas cobertas por gramíneas e mata, o que pode ser justificado por algumas atividades de criação de gado e outros animais, desenvolvidas pelos moradores locais.

O sistema hídrico mapeado apresentou em geral, aumento da área dos corpos de água somando em 1988 310,6 hectares e em 2002 431,6 hectares. Esta variação da lâmina d'água pode estar associada às taxas de precipitação dos meses

respectivos às imagens utilizadas (1988=03/04/88, 2002=17/11/02) e, aos meses anteriores a estas.

Dados obtidos no 8º DISME (8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre) revelam precipitação média mensal, em março e abril de 1988, de 33,8 mm e 75,6 mm, respectivamente. Como a imagem utilizada deste ano tem data referente ao início do mês, é possível que a baixa precipitação do mês de março tenha influenciado nas áreas obtidas desta Classe mapeada.

Para a data da imagem de 2002, encontrou-se média de precipitação mensal para o município de Pelotas e área total dos corpos de água mais elevadas que as de 1988. O valor encontrado para o mês de novembro foi de 118,6 mm e ao mês anterior, outubro, 193,1 mm o que explicita a área obtida nesta Classe.

5. OS DEPÓSITOS DO RESERVATÓRIO SANTA BÁRBARA

5.1 A Testemunhagem

A impossibilidade de, na prática, analisar a 'formação sedimentar' inteira, nos obrigou a trabalhar com amostras. Segundo Suguio (1973), nessas operações, freqüentemente, tem-se que recorrer à teoria da amostragem, que é um estudo das relações existentes entre uma população e as amostras dela extraídas.

As amostras, fragmentos ou exemplares representativos de algo, estatisticamente representam um subconjunto de uma população por meio do qual são estabelecidas e/ou estimadas as propriedades e características dessa população. Assim sendo, os pontos de coleta devem ser estabelecidos de modo que as amostras sejam representativas do ambiente e do objetivo da análise.

Para a identificação dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara optou-se pela coleta de amostras subsuperficiais. Este tipo de amostra consiste na coleta de material que está abaixo da interface sedimento/água e apresentam características que foram determinadas pelos processos deposicionais que atuaram e atuam.

Foram realizadas cinco amostras pontuais, em locais cobertos pela lâmina d'água, na desembocadura dos afluentes, que abrangem as áreas assoreadas mais recentes do manancial. A desembocadura dos afluentes como locais para tomada das amostras subsuperficiais foram selecionados por ser um ponto representativo e qualitativo do aporte de material sedimentar que chega ao manancial. A técnica adotada foi a testemunhagem. A coleta foi realizada no período estacional de verão, em 29 de janeiro de 2005, entre as 10 e 14 horas.

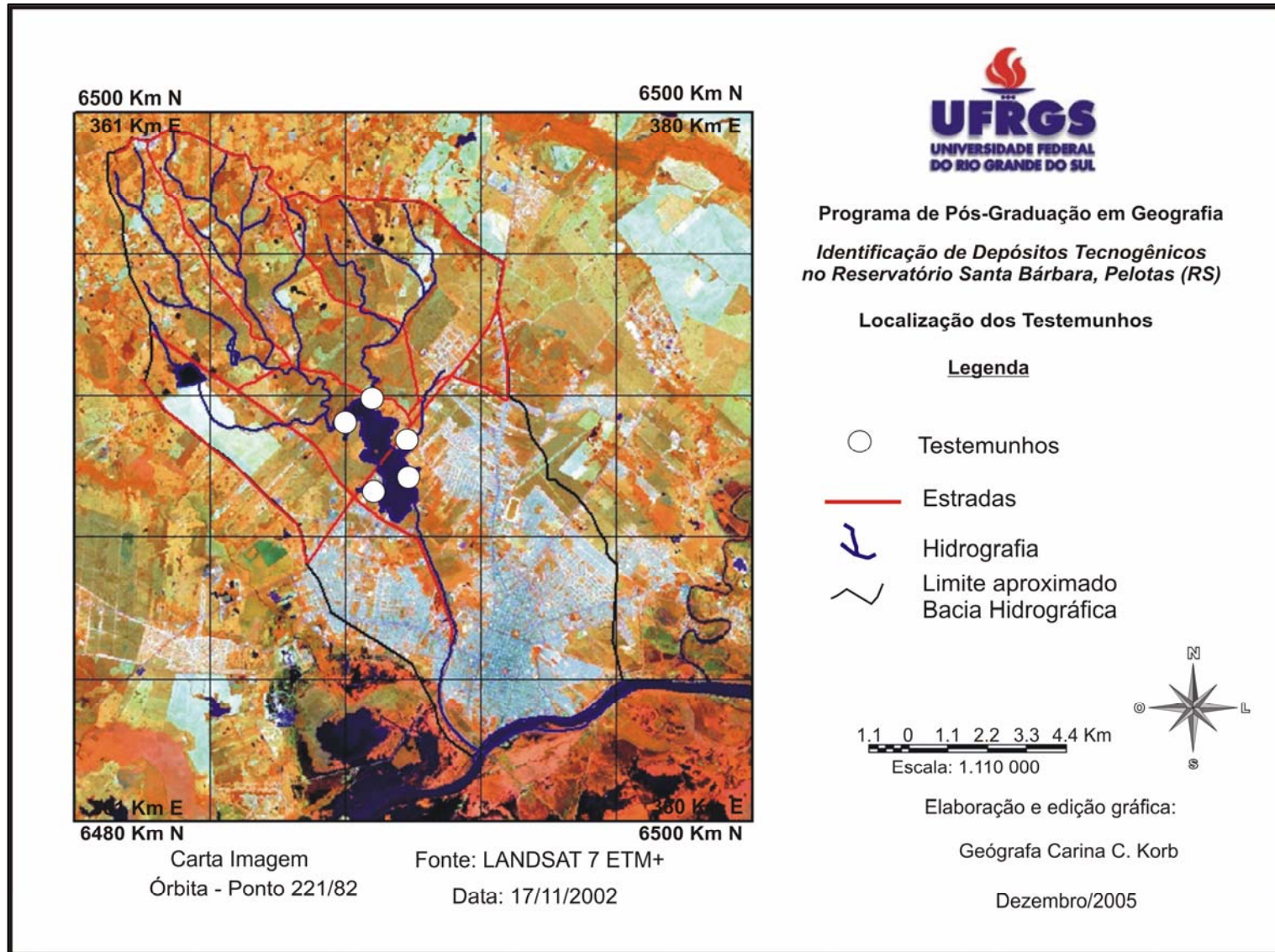
Suguio (1973) aponta para o fato de que além de observações gerais, feitas da análise do material coletado, existem outras específicas, realizadas em campo no momento da amostragem como, por exemplo, o georreferenciamento da amostra, características do ponto de amostragem, tipo e profundidade da amostra. O QUADRO 4 descreve algumas características apontadas em campo e a FIG. 9 ilustra a localização dos pontos amostrados.

QUADRO 4. Descrição dos pontos realizada no dia da coleta, 29/01/2005.

Testemunho	Profundidade de lâmina d'água (m)	Coordenadas UTM	Descrição do ponto
T1	0,40	369565 6489219	<u>Setor de drenagem urbana.</u> Presença do Distrito Industrial no entorno; aproxim. ^{te} 300 m da BR 116.
T2	0,30	370447 6490585	<u>Setor da Sanga da Barbuda.</u> Próximo a BR 116 e à urbanização. Recebe drenagem urbana do Bairro Sítio Floresta.
T3	0,40	368689 6491716	<u>Setor do Arroio Santa Bárbara.</u> Presença de florestamento de eucalipto no entorno.
T4	0,40	369396 6491952	<u>Setor do Arroio do Meio.</u> Próximo a florestamento de eucalipto, pastagens e ocupações urbanas.
T5	0,30	370585 6489924	<u>Setor de drenagem urbana.</u> Florestamento de eucalipto no entorno, recebe drenagem de ocupações urbanas e área de pastagem.

Elaboração: Carina C. Korb.

FIGURA 9. Localização dos testemunhos coletados no Reservatório Santa Bárbara



Há vários equipamentos para obtenção do tipo de amostras coletadas. Contudo, foi necessário escolher o mais adequado ao tipo de sedimento coletado, ao volume de amostra necessário, a necessidade de preservar as estruturas internas do sedimento e, as análises a serem realizadas em laboratório. Nesse sentido, optou-se por um amostrador no qual não houvesse contato com tipos específicos de material, tendo em vista a análise de metais pesados que seria realizado posteriormente, no laboratório.

A coleta dos testemunhos geológicos foi realizada com os seguintes materiais e métodos:

- Bote de alumínio, cedido pela Frota Oceanográfica da FURG (Fundação Universidade Federal do Rio Grande), para facilitar o acesso aos locais;
- Régua de alumínio, para medir a profundidade da lâmina d'água nos locais de amostragem;
- Tubos de PVC 'soldados' de marca Tigre com 50 mm de diâmetro e 1,5 m de comprimento cada;
- GPS GARMIN 95 "Global Position System" – Sistema de Posicionamento Global – com 5 m de precisão, Datum WGS-84, para o georreferenciamento dos testemunhos;
- Testemunhador a Percussão, cedido pelo CECO/UFRGS (Centro de Estudos Geológicos Costeiros e Oceânicos/Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

Os tubos de PVC foram inseridos verticalmente nos depósitos de fundo/substrato do Reservatório com a utilização de uma braçadeira de aço que é a ele fortemente fixada, conforme consta na FIG. 10. A braçadeira oferece suporte

para incidir força sobre ela, a partir de repetidos movimentos de impacto, com o uso de um batente, até o ponto onde se encontrou mais resistência do depósito à penetração. A retirada do tubo é feita com o mesmo equipamento, com auxílio da braçadeira, e com movimentos circulares.

FIGURA 10. Testemunhador a percussão (a esquerda) e retirada do tubo de PVC (a direita).



Foto: Carina C. Korb. 29/01/05.

Feito as amostragens, os testemunhos coletados foram levados ao Laboratório de Sedimentologia do CECO/UFRGS, mantidas em posição de horizontalidade para evitar a mistura do material, até sua abertura, descrição e, interpretação. Na seqüência, passaram por um processo de abertura longitudinal com a utilização de uma serra que atinge somente o PVC, FIG. 11 e, com um fio de nylon passado do topo à base, os testemunhos foram separados em duas parcelas para retirada das amostras.

FIGURA 11. Abertura dos tubos de PVC com serra.



Foto: Carina C. Korb. 03/03/05.

Para atingir os objetivos propostos de caracterização e classificação dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara, estas amostras foram submetidas à identificação da coloração dos grãos, análise granulométrica, identificação de artefatos tecnogênicos, teor de matéria orgânica e metais pesados.

5.2 A análise dos testemunhos: procedimentos operacionais

5.2.1 A coloração dos grãos

O prosseguimento que se seguiu após a abertura dos tubos com a serra foi a medição da espessura do depósito coletado com uma trena, graduada em centímetros, e com um estilete definiram-se as diferenças representativas de uma mudança de características dos sedimentos, no que tange aos limites texturais e de coloração do perfil. A variação do perfil foi identificada tomando-se como referência *Rock Color Chart* onde os códigos identificam a alteração dos materiais.

Este sistema apresenta 115 cores e se utiliza de 3 (três) parâmetros: comprimento de onda, luminosidade e saturação. Cada cor possui um código, do tipo 10 R 5/2. O primeiro elemento (10 R) define o comprimento de onda da luz (por exemplo, vermelho). O segundo termo (5/) corresponde à luminosidade, ou seja, a quantidade de preto em relação ao branco. E, o terceiro número (2) refere-se à saturação, baseada na quantidade relativa da cor pura em relação ao cinza. Para diminuir o erro de determinação deve-se aproximar a amostra o mais próximo possível do guia.

A variação na litologia e coloração dos grãos identificados da base em direção ao topo foram de extrema importância, pois permitiu a seleção de **18 (dezoito) amostras dos 5 (cinco) testemunhos** coletados (QUADRO 5).

QUADRO 5. Relação dos testemunhos e identificação das amostras.

Testemunho (T)	IDENTIFICAÇÃO/ESPESSURA AMOSTRA (da esquerda para a direita, sentido base-topo)				TOTAL AMOSTRA (18)
T 1	T1A1 (0 a 0,07 m)	T1A2 (0,07 a 0,30 m)	T1A3 (0,30 a 0,37 m)	T1A4 (0,37 a 0,40 m)	04
T 2	T2A1 (0 a 0,11 m)	T2A2 (0,11 a 0,23 m)	T2A3 (0,23 a 0,35 m)		03
T 3	T3A1 (0 a 0,14 m)	T3A2 (0,14 a 0,28 m)	T3A3 (0,28 a 0,57 m)	T3A4 (0,57 a 0,71 m)	04
T 4	T4A1 (0 a 0,085 cm)	T4A2 (0,145 a 0,25 m)	T4A3 (0,28 a 0,32 m)		03
T 5	T5A1 (0 a 0,12 m)	T5A2 (0,15 a 0,43 m)	T5A3 (0,43 a 0,52 m)	T5A4 (0,60 a 0,72 m)	04

Elaboração: Carina C. Korb.

5.2.2 Análise granulométrica

Uma vez selecionadas e identificadas as amostras, procedeu-se a sua secagem em estufa a aproximadamente 60°C. Seco, este material sofreu uma desagregação preliminar com o auxílio de almofariz¹⁰ e pistilo com proteção de borracha, para evitar a ruptura dos grãos. Após serem desagregadas, as amostras foram quarteadas, reduzindo-as em uma alíquota representativa da amostra total. Esta porção foi, então, pesada em uma balança eletrônica com precisão de quatro casas decimais.

A análise granulométrica das amostras foi efetuada mediante procedimento mecânico: método do peneiramento para partículas maiores que 0,062 mm (<4Ø) de diâmetro e o método de pipetagem, para partículas menores que 0,062 mm (>4Ø).

Primeiramente realizou-se a separação das partículas finas e grosseiras de cada amostra. A separação dos sedimentos lamosos dos arenosos é realizada sobre a malha de 0,062 mm. Essa peneira, segundo a classificação de Wentworth (1922), divide o material arenoso do lamoso (silte e argila) (QUADRO 6).

QUADRO 6. Escala granulométrica de Wentworth

Diâmetro (mm)	Escala (phi) Ø	Wentworth
2	- 1	Grânulo
1	0	Areia muito grossa
0.5	1	Areia grossa
0.25	2	Areia média
0.125	3	Areia fina
0.062	4	Areia muito fina
0.0039	8	Silte
0.0002	12	Argila

Fonte: Modificado de Suguio (1973).

¹⁰ Almofariz é o frasco de cerâmica no qual a amostra é colocada, e pistilo com proteção de borracha é o desagregador, ambos utilizados para decompor amostras de sedimentos.

Esse procedimento consiste na lavagem de cada amostra com água destilada, de modo a desagregar as argilas, pois, possuem alta força de coesão. Os sedimentos arenosos retidos na peneira foram recuperados para a peneiragem e o material fino, ao passar pela malha, foi retido em provetas de 1000 ml adicionados a 50 ml de antifloculante (pirofosfato de sódio – $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), de modo a impedir a floculação das argilas e facilitar a pipetagem.

O Método da Pipetagem, baseado na Lei de Stokes¹¹, é utilizado para analisar a concentração de finos. Conforme Suguio (1973), esse método é baseado nas mudanças de concentração de partículas em uma suspensão originalmente uniforme, pela tomada de várias amostras com uma pipeta (em intervalos de tempo definidos), em profundidade que corresponde à do material que acabara de decantar. Nesse estudo realizou-se uma única pipetagem tendo em vista a necessidade de obtenção da concentração total dos grãos de tamanho silte e argila (FIG. 12).

¹¹ A Lei de Stokes se baseia no fato das partículas sedimentares decantarem com velocidade constante, quando a resistência do fluido iguala-se a força da gravidade atuante sobre a partícula.

FIGURA 12. Sedimentos lamosos em provetas para a pipetagem.
Da esquerda para a direita, amostras 1 a 18.



Foto: Carina C. Korb. 09/03/05

Após homogeneizar as amostras e cronometrar o tempo de decantação de 2h e 48 min – tempo de assentamento do silte - retirou-se 20 ml de amostra que foi levada à estufa para secagem a 60° C. Quando seco, este material foi novamente pesado, e a diferença entre o peso do copo vazio e cheio totaliza a quantidade de argila da amostra.

A fração grosseira ($F > 0,062$ mm) retida na malha foi levada à estufa e seca a 80° C para peneiragem.

A peneiragem consiste na determinação da granulometria em função do menor diâmetro das partículas através da passagem de uma amostra de peso conhecido através de um conjunto de peneiras com malhas de aberturas diferentes. As peneiras são dispostas em grano-decrescência, ou seja, a malha de maior abertura em cima e as de menor abertura embaixo.

Inicialmente o material foi pesado (Peso inicial dos grosseiros) para passagem no jogo de peneiras com abertura de malha, em mm, em intervalos inteiros (4.00 - >seixo; 2.00- >grânulos; 1.00 - >areia muito grossa; 0.50 - >areia grossa; 0.250 - >areia média; 0.125 - >areia fina e 0.062 - >areia muito fina). A quantidade de amostra retida nas peneiras foi pesada, obtendo-se o peso final dos grosseiros e, posteriormente, transformada em porcentagem do peso total peneirado. Os dados obtidos foram plotados no programa de análise estatística Panicom/SAG para obtenção de parâmetros texturais com base no diagrama de Shepard (1954).

5.2.3 Identificação dos artefatos

Para essa etapa do trabalho fez-se uma adaptação do procedimento utilizado na identificação granulométrica dos sedimentos, técnica já realizada no trabalho de Rossato (2000) e Swennen & Van der Sluys (1998). Foram utilizados os seguintes materiais: peneiras de granulometria granodecrescente (4 a 0,062 mm); lupa binocular e, placa de Petri.

Cada alíquota da amostra contida nas peneiras, no momento da peneiragem, foi colocada na placa de Petri e levada à análise em lupa binocular para reconhecer a existência de detritos sob a forma de artefatos manufaturados pelo Homem moderno, como fragmentos de tijolos, vidro, concreto, plástico, pregos, asfalto.

5.2.4 Identificação do teor de Matéria Orgânica (M.O.)

A importância da análise da matéria orgânica presente nos sedimentos lacustres ou, de Represas, reside, dentre outros aspectos no fato da relação existente entre o seu teor e o processo de eutrofização. Além disso, a matéria orgânica desempenha um importante papel no meio aquático, através da formação de complexos estáveis com os elementos metálicos (Agemian & Chau, 1976; *apud* Rodrigues, 1997). Sob condições oxidantes, a matéria orgânica presente nos sedimentos pode ser degradada, levando à liberação de traços metálicos solúveis (Tessier *et al*, 1979; *apud* Rodrigues, 1997).

A determinação do teor de matéria orgânica foi realizada pelo método proposto por Wetzel (1975) que consiste em eliminar a matéria orgânica (M.O.) das frações de silte e argila de cada amostra retirada dos testemunhos.

De posse dos resultados da granulometria selecionaram-se as amostras destinadas à análise da matéria orgânica (QUADRO 7). Aquelas que apresentaram percentual de lama (silte e argila) acima de 15% foram individualizadas em frações de aproximadamente 2 gramas.

QUADRO 7. Relação de amostras destinadas à análise da M.O

AMOSTRAS / Total: 15 Sentido base - topo				
TESTEMUNHO 1	T1A1	T1A3		
TESTEMUNHO 2	T2A1	T2A2	T2A3	
TESTEMUNHO 3	T3A1	T3A2	T3A3	T3A4
TESTEMUNHO 4	T4A2	T4A3		
TESTEMUNHO 5	T5A1	T5A2	T5A3	T5A4

Elaboração: Carina C. Korb.

O recipiente nos quais foram colocadas (cadinho) foi previamente, e posteriormente, pesado (sem e com o material queimado). O cadinho foi levado à mufla por um tempo de 4 (quatro) horas à uma temperatura de 550° (Quinhentos e cinquenta graus centígrados). A diferença entre o peso do cadinho com material antes da queima diminuído do peso do cadinho com material após a queima equivale a matéria orgânica que entrou em combustão. Obteve-se o percentual de M.O. a partir da multiplicação desta diferença à 100 e pela razão com o peso inicial da amostra antes da queima:

$$D \times 100 / P_i = M.O$$

Onde:

D = Diferença obtida entre o peso do cadinho com material antes da queima diminuído do peso do cadinho com material após a queima;

P_i = Valor inicial da amostra antes da queima

M.O = Percentual de matéria orgânica

5.2.5 A análise de metais pesados

Os sedimentos são carreadores e fontes potenciais de contaminantes nos sistemas aquáticos. Portanto, a análise de poluentes nos sedimentos é uma ferramenta muito importante para o estudo da poluição de origem antropogênica, pois alguns destes poluentes podem ser adsorvidos pelo material em suspensão ou pelas partículas de granulometria mais fina associadas aos sedimentos de fundo.

A análise de metais pesados neste trabalho, não teve como objetivo realizar uma caracterização geoquímica específica da área, e sim diagnosticar a

contribuição antropogênica na acumulação de metais pesados nos depósitos do Reservatório Santa Bárbara. Conforme afirma Oliveira *et al* (2005), outras propostas neste sentido já foram aplicadas, como por exemplo, nos Estados Unidos e na Europa, com estudos de Rhoads & Cahill (1999) e, Swennen & Van der Sluys (1998) mostrando a aplicação da análise de metais pesados nos depósitos com características antropogênicas.

As características dos sedimentos de fundo, de ambientes aquáticos, alterados pelo homem, também têm sido estudadas por autores como Guerra (2000); Franzen (2001); Soares (2002); que identificaram modificações na concentração de elementos-traço em sedimentos depositados recentemente, explicadas pelas emissões de origem antropogênica durante a deposição.

A limitação de custos tornou necessário optar pela identificação da concentração dos metais em todas as amostras de 2 (dois) testemunhos, sentido Base-Topo e, nas amostras de Topo de outros 3 (três) testemunhos. Apesar disto esta opção permitiu a análise da concentração dos metais ao longo de toda coluna (sentido base-topo) de dois testemunhos e a concentração nas amostras de topo de todos os cinco. Estas últimas puderam então, ter seus valores comparados.

Foram selecionadas todas as amostras dos testemunhos 1 (T1) e 4 (T4), por apresentarem ocupações diferenciadas, no entorno dos afluentes que desembocam no manancial. O T1, por exemplo, está próximo do Distrito Industrial e, o T4 sofre atuação tecnogênica urbana e agrícola.

Segundo Förstner & Müller (1974) *apud* Esteves (1988), o chumbo, cobre, cromo estão entre os elementos-traço mais tóxicos à maioria dos organismos,

incluindo o Homem, juntamente com o mercúrio, cádmio e níquel. Com isso, neste trabalho optou-se pela identificação do Cobre, Cromo, Chumbo e, Zinco.

Para esta etapa do trabalho, as amostras foram previamente preparadas no Laboratório de Sedimentologia do CECO/UFRGS, acondicionadas em sacos plásticos, mantidas resfriadas e, posteriormente analisadas no Centro de Ecologia do Instituto de Biociências desta instituição.

Trabalhos sobre transporte e acumulação de metais nos sedimentos em ambientes aquáticos, segundo Rodrigues (1997), indicam que as maiores concentrações de metais pesados ocorrem nas frações mais finas, seja na superfície ou nas diferentes camadas que recobrem as partículas. Por apresentarem maior área específica, as partículas menores favorecem processos que se desenvolvem na interface sedimento/água, como adsorção, interação com a matéria orgânica e precipitação de metais.

Em ambientes onde existe uma variação granulométrica considerável, é impossível a comparação entre diferentes locais sem uma correção para eliminar o efeito do tamanho das partículas. Admitindo que a maioria das partículas de sedimento provenha da ação do intemperismo sobre as rochas, as frações grosseiras seriam relativamente pobres em elementos-traço metálicos e atuariam como diluentes, resultando em concentrações metálicas muito mais baixas nos locais de granulometria maior (Förstner & Wittman, 1981 *apud* Rodrigues, 1997).

Dessa forma, previamente à determinação dos metais, as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente e posteriormente passaram por um

tratamento para correção do efeito do tamanho do grão. Para tanto, foi feita peneiração a úmido para obtenção da fração silte/argila ($< 0,062$ mm), pois:

1. os elementos-traço estão associados principalmente às partículas de silte e argila;
2. esta fração é a mais semelhante à granulometria do material carregado em suspensão, correspondente a mais importante forma de transporte para os sedimentos em ambiente aquático;
3. a peneiragem não altera as concentrações dos metais por remobilização (FÖRSTNER, 1989 *apud* Rodrigues, 1997).

Para esta etapa do trabalho foi necessário confeccionar peneiras de PVC, material de característica inerte, com malha de nylon 0,062 mm para evitar a contaminação das amostras destinadas à identificação dos metais. Em laboratório, foram previamente limpas e enxaguadas com solução diluída de ácido nítrico concentrado a 50%. A FIG. 13 ilustra uma das três peneiras confeccionadas.

FIGURA 13. Peneira de PVC confeccionada para a peneiração dos grãos destinados à análise de metais pesados; almofariz e pistilo de borracha.



Foto: Carina C. Korb 30/06/05.

Após a peneiração, as amostras foram secas em estufa a 40°C, durante um período médio de 48 a 72 hrs. Posteriormente, foram moídas com almofariz e pistilo de borracha, acondicionadas em sacos plásticos (material inerte) os quais foram vedados com fita teflon, e preservadas a 4°C até a digestão para análise de metais totais. Os testemunhos/amostras que foram submetidos ao reconhecimento de metais pesados encontram-se na FIG. 14.

FIGURA 14. Amostras destinadas à análise de metais pesados reservadas em sacos plásticos.

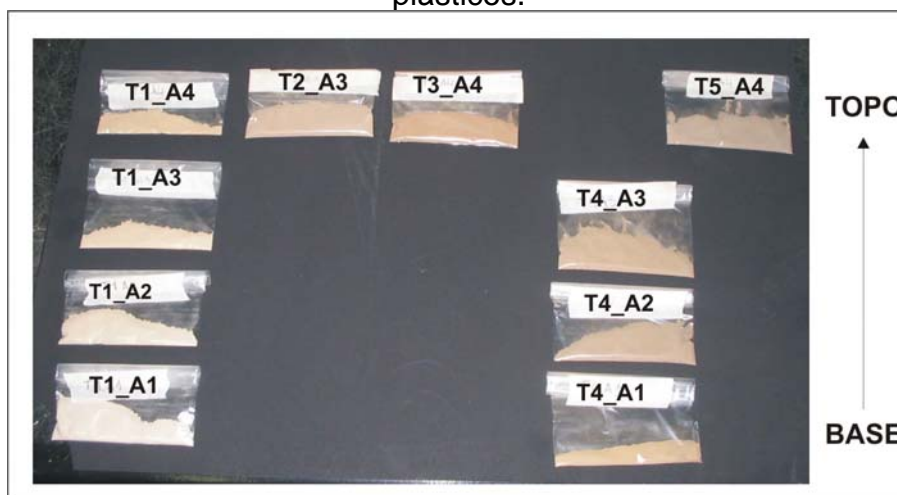


Foto: Carina C. Korb 30/06/05.

Na determinação de metais totais estão englobados tanto os elementos ligados à matriz cristalina, característicos de uma contribuição natural, quanto aqueles fracamente ligados e potencialmente disponíveis para o meio aquático. A determinação de metais totais permite a avaliação do nível de background natural, o grau de contaminação nos sedimentos e a possível formação de estoques de metais de origem antropogênica. A extração total apesar de não permitir a avaliação do risco potencial de liberação dos metais, fornece uma informação mais completa quando não se dispõe de maior quantidade de análises (GUERRA, 2000).

Para a determinação de metais totais realizou-se a solubilização das amostras com emprego de ácido nítrico e fluorídrico, em sistema fechado, sob aquecimento em estufa, completando a dissolução em frasco aberto.

Nesta etapa do trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Vasos de controle de pressão (copos de teflon e bombas de pressão) previamente lavados com ácido nítrico concentrado a 50%;
- Balança analítica, com 4 casas decimais, previamente calibrada;
- Água tridestilada;
- Ácido nítrico (HNO_3);
- Ácido fluorídrico (HF);
- Balão volumétrico e funil (lavados com ácido nítrico concentrado a 50%);
- Papel filtro quantitativo (papel de filtragem lenta, usado na filtragem de precipitados finos).

No processamento das análises foram pesadas na balança analítica 0,5 g da fração fina do sedimento (silte+argila), previamente seca e pulverizada. O material pesado foi colocado em copos de teflon para digestão inicial com 2 ml de água tridestilada, 9 ml de ácido nítrico (HNO_3) e 3 ml de ácido fluorídrico (HF). O ataque ácido com HNO_3 solubiliza os metais presentes na matriz cristalina do sedimento, pois para a posterior leitura, é necessário que estejam em solução. E, o HF dissolve a sílica que pode interferir na leitura dos metais.

Após o ataque ácido os copos foram fechados em bombas de teflon, FIG. 15, e posteriormente colocados na estufa a 150°C, durante 4 hrs.

FIGURA 15. Amostras em bombas de teflon, sistema fechado.



Foto: Carina C. Korb, 26/09/05.

Após 4 horas em estufa a 150°C, os copos foram retirados e abertos. As amostras que apresentaram partículas sedimentares decantadas no fundo do copo retornaram a estufa por mais duas horas de digestão para dissolução total. Na seqüência do procedimento, as amostras foram filtradas em papel filtro quantitativo, para filtragem dos precipitados finos, FIG. 16, colocados em balões volumétricos de 100 ml, completando-se o volume total com água deionizada. A solução assim obtida foi transferida para um frasco de polietileno e mantida em refrigeração até o momento da leitura.

Nesta leitura foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica (EEA/Chama Ar-Acetileno). Nesta técnica os elementos presentes nas amostras previamente digeridas são excitados e produzem um espectro característico de emissão, diferenciando-se. As linhas espectrais apresentam uma variação de intensidade proporcional à concentração do elemento, o que permite uma análise

quantitativa. Os limites de detecção da técnica adotada para os metais Pb, Cu, Cr, Zn foram, respectivamente, 5.00; 0.600; 2.00 e 0.500.

FIGURA 16. Filtragem dos precipitados em balões volumétricos.



Foto: Carina C. Korb, 26/09/05.

Utilizando-se dos dados obtidos a partir da identificação da concentração total dos metais nas amostras identificou-se o grau da poluição antropogênica dos sedimentos coletados no Reservatório Santa Bárbara.

Para poder-se discriminar a contaminação e avaliar o nível de poluição, natural ou antrópica, por metais pesados nos sedimentos foi necessário reconhecer níveis naturais, ou o que se denomina de *background*, de cada elemento no ambiente, correspondente a assinatura geoquímica dos elementos presentes naturalmente nas rochas do local.

Os sedimentos do Reservatório Santa Bárbara são provenientes do Embasamento Pré-Cambriano. Oliveira (2001) propôs valores médios de dados geoquímicos para as rochas deste embasamento granítico, porém, para as suítes intrusivas localizadas na sua porção norte, próximo a Porto Alegre.

Na ausência de valores médios referentes às suítes que se localizam na região de Pelotas, e especificamente na bacia hidrográfica alimentadora do manancial, optou-se utilizar como *background* a média mundial dos sedimentos proposto por Turekian & Wedephol (1961), a concentração do Folhelho Padrão que, também é uma média mundial definido pela U.S.EPA (United States Environmental Protection Agency) e, os valores médios de dados geoquímicos das rochas do embasamento proposto por Oliveira (2001) (QUADRO 8), todos utilizados nos estudos de Franzen (2001) e Soares (2002).

A utilização da média mundial e do Folhelho como padrão de referência, justifica-se pelo fato destas rochas apresentarem composição química e mineralógica aproximadamente semelhante à fração granulométrica analisada nos sedimentos dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara (menor que 0,062 mm).

Quanto a utilização dos valores de Oliveira (2001), a justificativa provém do fato destes dados associarem-se a estrutura geológica local, o Embasamento Pré-Cambriano.

QUADRO 8. Nível de Base Natural (NBN) dos elementos-traço ($\mu\text{g/g}$)

NBN	Cr	Cu	Pb	Zn
EPA apud Rodrigues (1997)	90	39	23	120
Turekian & Wedephol (1961)	90	33	19	95
Oliveira (2001)	34,56	5,25	25,07	46,81

Fonte: Soares (2002).

Dentre os diferentes tipos de índices/indicadores de contaminação/poluição de metais pesados nos sedimentos encontrados na

literatura, optou-se pela aplicação do Fator de Contaminação (FC) e o Índice de Geacumulação (Igeo), para avaliar a contribuição antropogênica nos sedimentos dos depósitos. O FC define o enriquecimento de um metal no sedimento em relação a sua concentração natural e, o Igeo permite reconhecer graus de poluição.

- Fator de Contaminação (FC):

é definido a partir de uma divisão numérica entre os teores metálicos de cada elemento pelo *background* específico de cada metal. É definido pela seguinte equação:

$$FC = Me_s / NBN_{Me}$$

Onde:

Me_s = Concentração do elemento no sedimento

NBN = *Background*, ou nível de base natural, do elemento.

Se os valores de FC apresentarem-se superiores a 1, pode-se interpretar a existência de enriquecimento do metal específico.

- Índice de Geoacumulação (Igeo):

conceitualmente, o Igeo é um indicador de poluição causada por metais pesados no ambiente aquático e foi estabelecido por Muller (1979) com base nos sedimentos do Rio Reno:

$$Igeo = \log_2 C_n / (1,5 \cdot B_n)$$

Onde:

C_n = Concentração do elemento 'n' na fração granulométrica < 0,062 mm

B_n = *Background* geoquímico do elemento

1,5 = Fator de correção usado para minimizar variações do *background* causadas por diferenças litológicas.

O Igeo é agrupado em uma escala de sete intervalos (0 a 6) os quais representam graus de poluição crescentes (QUADRO 9), e o valor mais elevado reflete um enriquecimento superior ao *background* de aproximadamente 100 vezes.

QUADRO 9. Índice de Geoacumulação (Igeo) de metais pesados (adaptado de Muller, 1979)

Intensidade de poluição	Acumulação no sedimento (Igeo)	Classe Igeo
Muito fortemente poluído	> 5	6
Forte a muito fortemente poluído	4 – 5	5
Fortemente poluído	3 – 4	4
Moderado a fortemente poluído	2 – 3	3
Moderadamente poluído	1 – 2	2
Pouco a moderadamente poluído	0 – 1	1
Praticamente não poluído	< 0	0

Fonte: Soares (2002)

5.3 A interpretação dos dados

5.3.1 Coloração, Textura e Matéria Orgânica

A técnica de utilização do testemunhador a percussão na coleta do material apresentou-se satisfatória diante das características da superfície de fundo.

Quanto a profundidade de penetração dos tubos, houve variação entre os testemunhos onde T1, T2, T3, T4, T5 apresentaram as diferentes e respectivas

espessuras, 0,40; 0,35; 0,71; 0,32; 0,72 m. É provável que esta variação tenha ocorrido devido às pontuais diferenças litológicas do fundo as quais não permitiram maior penetração dos tubos.

Após a abertura dos testemunhos, em laboratório, verificou-se que o material, na sua maioria, apresentou estruturas gradativas, horizontal ao plano basal, sob a forma de estratos, diferenciando-se em 13 tonalidades distintas (FIG. 17).

Segundo Suguio (1973) as estruturas gradativas ou gradacionais caracterizam-se principalmente, pela passagem gradual de componentes granulares, tanto de sedimentos grosseiros para finos, como o contrário, de finos para grosseiros. Os depósitos analisados apresentaram alternância gradual, de modo não uniforme, tanto de cores quanto de texturas e, artefatos.

Estas alternâncias em cada um dos testemunhos, possivelmente, encontram-se associadas, dentre tantos outros fatores, a variações na velocidade da corrente dos arroios que desembocam no manancial, a morfologia de fundo do Reservatório, na constituição físico-química e concentração de matéria orgânica dos sedimentos e, nas características dos processos que levaram ao transporte e deposição destes materiais.

As isóbatas (FIG. 18) dos pontos onde foram coletados os testemunhos revelam que no fundo do reservatório, próximo das desembocaduras dos afluentes, há variação das profundidades o que influencia no fluxo deposicional dos materiais e, possivelmente, justifica as variações texturais encontradas.

Considerando a coloração dos grãos, foram encontradas tonalidades que gradam de um cinza a uma cor castanha e, os testemunhos 1 e 3 apresentaram mosqueamento indicando oxidação de grãos.

FIGURA 17. Perfil dos testemunhos após a abertura.

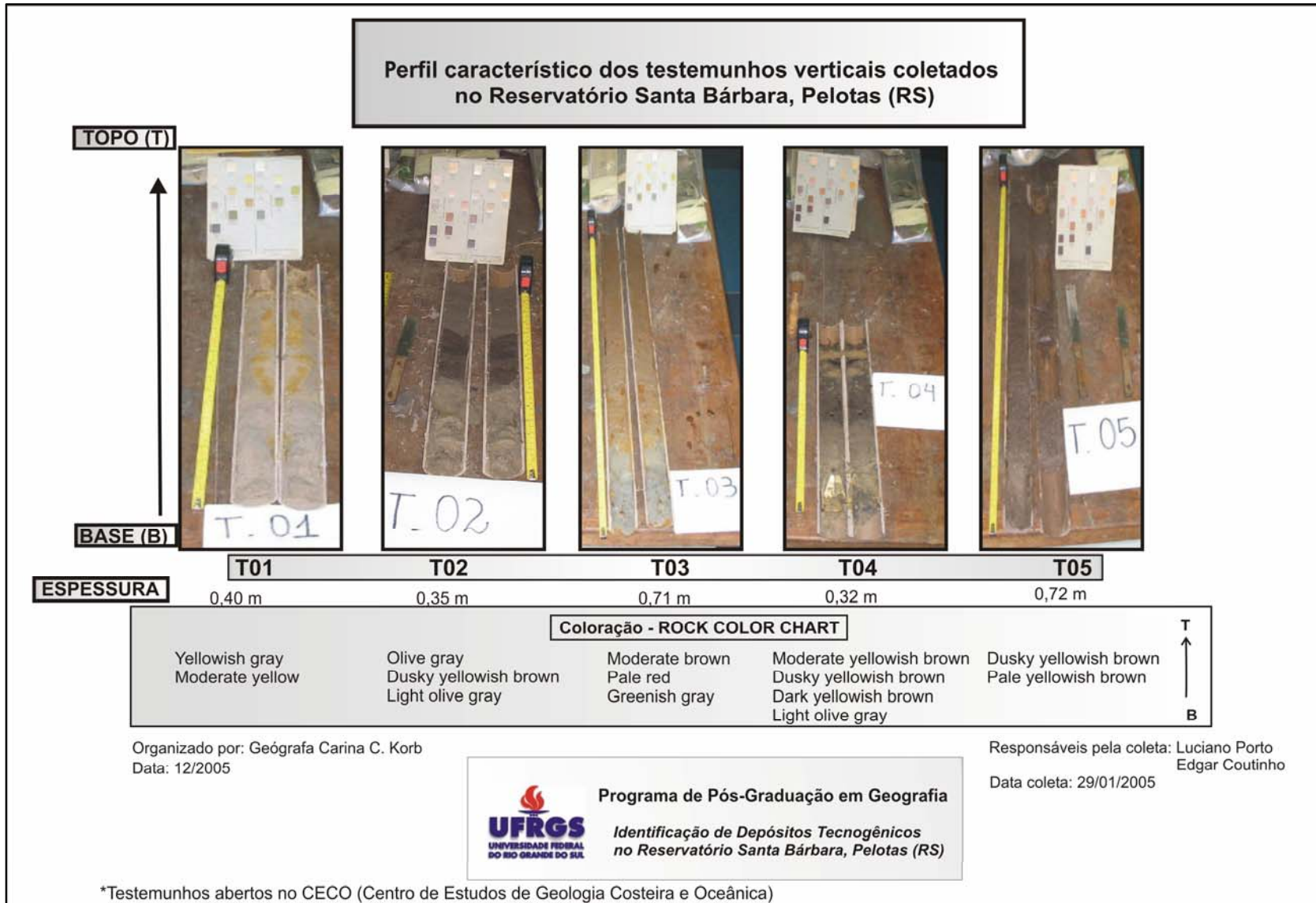
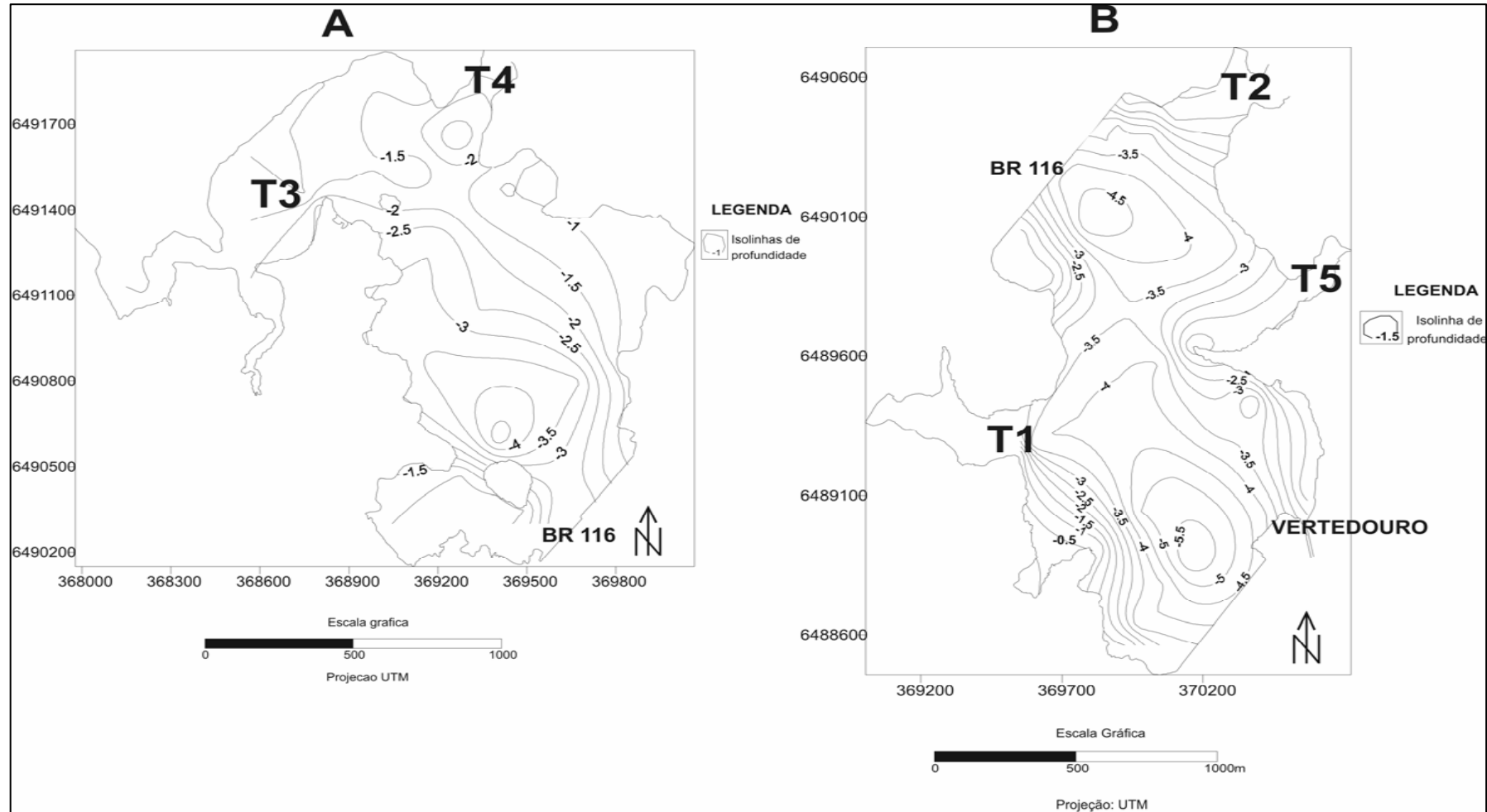


FIGURA 18. Mapa Batimétrico – Reservatório Santa Bárbara.



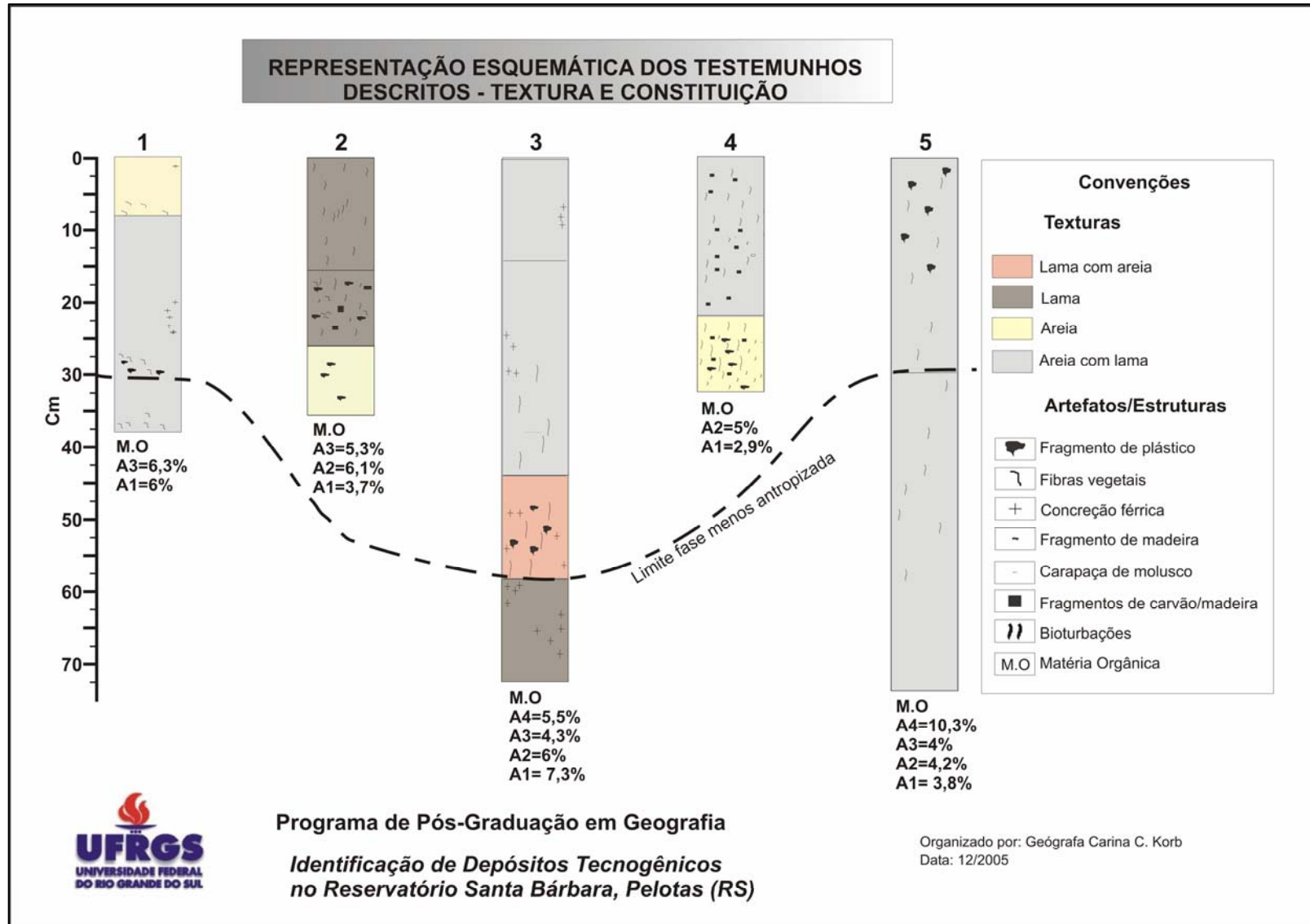
Fonte: Modificado de Korb (2003). A: Porção à montante, segmentada pela BR 116. B: Porção jusante, do vertedouro.

Sobre estas tonalidades encontradas, Suguio (1973) afirma que a presença das cores escuras/cinzentas indica condições de preservação da matéria orgânica. Segundo o autor ainda, além da matéria orgânica, a coloração dos sedimentos pode estar associada, também, pela sua constituição mineralógica, granulométrica e estado de oxidação. Nesse sentido, as cores escuras/cinzentas encontradas relacionam-se aos teores de matéria orgânica, presença de minerais oxidados e às retrações da lâmina d'água que possibilitou a oxidação de elementos férricos dos sedimentos.

No que tange aos aspectos texturais os testemunhos diferenciaram-se entre si. Observou-se que nos estratos de cada um dos cinco, está o registro de uma alternância de fases de calma de decantação do material fino e períodos de maior capacitação dos cursos d'água para transportar o material grosseiro. Este registro delimita ao mesmo tempo, fases de maior e/ou menor antropização, caracterizadas sob texturas que gradam de lama, lama com areia, areia com lama e areia, pela presença de artefatos humanos e concentração de material orgânico. A FIG. 19 ilustra a representação esquemática dos testemunhos descritos com detalhe para as fases reconhecidas, texturas e, constituição.

Ao partir-se do questionamento de qual a espessura que se identifica o registro de uma antropização e, ou, tecnogênese nos testemunhos, percebeu-se, pelas características apresentadas que, nos T2 e T4, a presença tecnogênica se faz em todo o estrato, da base ao topo. Contudo, nos T1 e T5 esta característica se faz presente, aproximadamente, a partir de 0,32 cm.

FIGURA 19. Representação esquemática dos testemunhos descritos.



Contudo, é importante enfatizar que este limite de antropização definido não teve a pretensão de datação do depósito sendo reconhecido aqui, quanto registro tecnogênico o que possibilitou uma análise qualitativa.

No T3, coletado na desembocadura do principal contribuinte do manancial, o arroio Santa Bárbara, a interface entre uma fase próxima da natural e outra representativa da tecnogênese foi nitidamente percebida a 0,57 m da espessura do depósito. A partir deste testemunho traçou-se uma 'linha' que limitou a fase de menor/maior antropização.

Assim, o T3 como um divisor central, representou o ponto de partida para a interpretação das características de todos os outros, pois é o que mais se caracterizou com um comportamento linear de sedimentação seja pela espessura ou composição. Apresentou no seu estrato basal textura lamosa, com concreções férricas, percentual 7,3% de M.O., presença de bioturbações e, ausência de artefatos tecnogênicos. A partir de 0,65 cm de espessura deste pacote surgem artefatos manufaturados pelo homem moderno, como plásticos, demonstrando a ruptura, do ponto de vista da constituição, entre diferentes fases de sedimentação (natural/antropizada).

Estas características, em conjunto à presença de lama na base são indicativas de um período de águas mais calmas ou de um entorno mais preservado, sem episódios de precipitações intensas, o que possibilitou a deposição de grãos menores, característico de depósito de fundo de lago, sob uma situação natural, sem ou incipiente interferência antrópica. Os episódios posteriores onde, as características texturais gradam em direção ao topo para lama com areia seguido de areia com lama, mostram a intensificação da erosão e um maior transporte de

material grosseiro, o que favoreceu o rápido soterramento desta lama e, ao mesmo tempo, constituíram obstáculos às novas deposições, levando aos possíveis desvios nos fluxos de água de fundo e continuidade destas deposições mais à jusante. Esta provável interpretação poderá ser corroborada em trabalhos futuros, através de testemunhagem em outros pontos das desembocaduras dos arroios.

As características lineares de sedimentação apresentadas pelo T3 comprovam a importância da cobertura vegetal na proteção do solo, especialmente a relevância da manutenção da mata ciliar e, conseqüentemente, o seu papel como obstáculo para processos de assoreamento. Isto porque este testemunho constitui o único retirado de local com significativa presença de mata (nativa, ciliar, florestamento), no setor sudoeste do Reservatório, na desembocadura do arroio Santa Bárbara onde o aumento desta classe, retaguarda deste ponto amostrado, pode ser visualizado nos mapas de Uso e Ocupação do Solo dos anos de 1988 e 2002.

A análise textural do T1, testemunho representativo de umas das extremidades das desembocaduras fluviais em análise possibilitou caracterizá-lo com uma textura areno-lamosa em sua base e, no topo, arenosa com a presença de areia grossa mostrando que a tecnogênese naquele setor do Reservatório se intensificou e propiciou a deposição dos sedimentos de maior granulometria. A ruptura entre 'natural' e antrópico ocorreu pela presença de artefatos no T1, em aproximadamente 0,32 m da espessura e aumento na concentração de M.O. de 6% a 6,3%.

A intensificação dos processos de transporte de materiais grosseiros revelados pela característica textural do testemunho, possivelmente está associada

às dinâmicas de escoamento superficial que, é intrinsecamente ligada à expansão de ambientes construídos nas proximidades deste ponto de coleta. O reconhecimento destes ambientes nas proximidades deste ponto de amostragem através do mapeamento, onde é visível a evolução da área urbana relativa a um período de 14 anos, e saídas de campo realizadas, revelou pontos com exposição de materiais superficiais originados pela substituição da cobertura vegetal em áreas construídas. Estes materiais, ao sofrer remobilização pelo escoamento superficial possivelmente, depositam-se no manancial, o que explicita a heterogênea composição textural encontrada.

Em outra extremidade da representação esquemática das fases identificadas, o T5 apresentou homogeneidade textural em todo o estrato, caracterizando-se como areia com lama. A superfície de ruptura das fases foi encontrada a aproximadamente 0,32 m onde, a partir daí, se tem evidências tecnogênicas pelo aumento da concentração de M.O. de 3,8% a 10,3% e, presença de plásticos. Uma concentração alta de material orgânico, possivelmente justifica-se pela deposição da matéria fecal e águas servidas trazida pelo arroio contribuinte que drena área urbanizada. Estas concentrações de M.O. possivelmente, também estão associadas a presença da pecuária de pequena escala exercida pela população que vive nas proximidades.

Constituição e comportamento textural diferenciado e heterogêneo ocorreram nos testemunhos T2 e T4 ao apresentarem em todo o estrato características de antropização. O T2 caracterizou-se com uma textura arenosa na base com percentuais de M.O. em torno de 3,7% ao passo que no topo, textura lamosa com 5,3% de M.O. A espessura do pacote de lama presente neste

testemunho indica um período contínuo de despejos de esgotos, provenientes das habitações à montante, diretamente nos cursos d'água e, através destes, no Reservatório. O mapeamento de Uso e Ocupação do Solo demonstrou aumento da ocupação urbana no entorno deste afluente cujo testemunho foi coletado na desembocadura. Trata-se da Sanga da Barbuda que, ao drenar o bairro urbano Sítio Floresta, trecho da BR 116 e, ainda áreas de agricultura, sofre direta atuação tecnogênica, situação passível de visualização na FIG. 20 onde nota-se acúmulo de depósitos tecnogênicos nas margens do afluente que drena em direção ao manancial.

FIGURA 20. Aspecto geral da Sanga da Barbuda, corpo receptor de efluentes urbanos e agrícolas, correspondente ao T2.



Foto: Carina C. Korb. 12/09/05.

O T4 coletado no Setor do Arroio do Meio apresentou caráter tecnogênico desde a base ao topo, com texturas areia e areia com lama, respectivamente. Este caráter também se encontra associado ao aumento da concentração de material orgânico que, variou de 2,9% a 5% (base-topo).

No entanto, foi através da análise realizada com uma lupa binocular que se encontraram evidências mais significativas da influência antrópica neste testemunho. A investigação com lupa apontou a força tecnogênica como de grande atuação, uma vez que em todas as amostras foi possível encontrar resquícios de artefatos humanos, tais como plástico e carvão, esse último justificado pelo uso do Reservatório para atividades de lazer pela população, que frequenta principalmente este ponto pois, apresenta facilidade de acesso. Em meio a estes materiais foi possível encontrar restos de vegetais e carapaças de moluscos, possivelmente abundantes pela proximidade de áreas com cobertura vegetal (mata, campo).

Um aspecto importante de abordar, no que diz respeito a variação na concentração de M.O. é a possibilidade dos valores obtidos estarem associados às variações na vazão, no volume do reservatório e, nas retrações da lâmina de água. Estas variáveis físicas, por sua vez, possuem estreita relação com os índices pluviométricos.

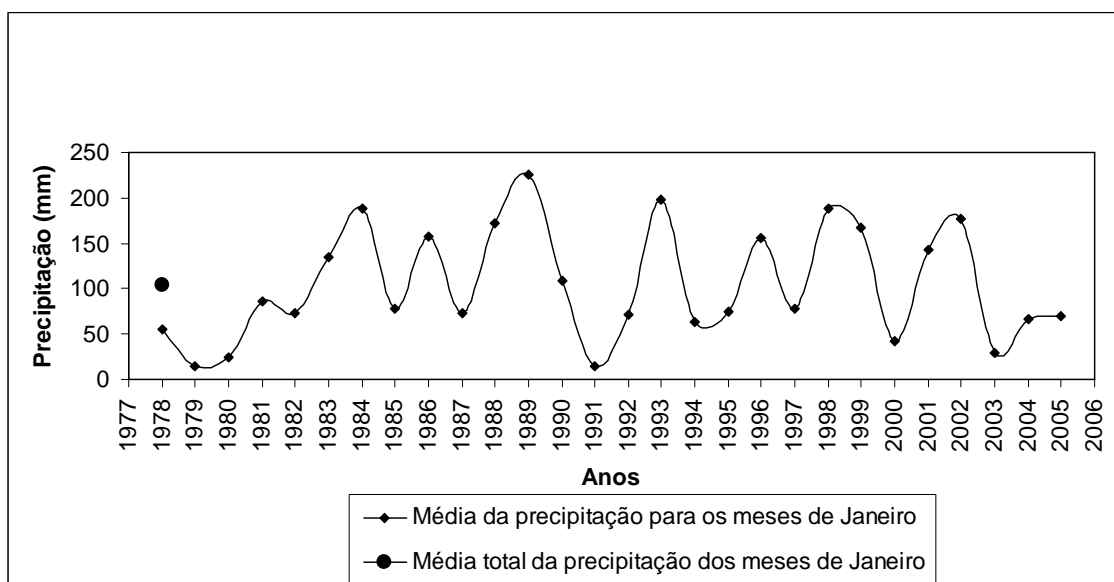
Ainda que dados de vazão e volume do reservatório sejam importantes, neste trabalho não se optou pela sua obtenção na data da amostragem pelo fato de que explicitariam apenas as características das amostras de topo e não, de toda coluna sedimentar dos testemunhos.

Os testemunhos foram coletados no período estacional de verão, em 29 de janeiro de 2005. Neste mês as águas do reservatório chegaram a apresentar-se abaixo do nível do vertedouro, o que representa retração da lâmina de água e diminuição de seu volume.

Devido à ausência de dados meteorológicos de precipitação do município de Pelotas, referentes aos anos de 1974/ 75/ 76/ 77/ 78 e 1990/ 93, não foi possível a construção de uma série temporal de precipitação normal dos respectivos dados, o que é feito para um período de 30 anos. Com isso foram utilizadas as médias mensais de precipitação existentes para compor uma análise qualitativa.

Com base em dados meteorológicos de precipitação do município de Pelotas verifica-se no GRÁF. 3. que a precipitação no mês/ano da coleta esteve abaixo da média do mês de janeiro, correspondente ao período 1978 - 2005. A média da precipitação para este mês, entre estes anos, é de 104,7 mm, contudo, o índice em 2005 foi de 70,4 mm.

GRÁFICO 3. Comportamento da precipitação média dos meses de janeiro - Pelotas (RS) - 1978 a 2005.



Fonte: 8º DISME (8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre). Elaboração: Carina C. Korb

Em períodos de baixa precipitação, quando as águas do Reservatório têm seu nível rebaixado, acentua-se a acumulação do material em suspensão, inclusive a matéria orgânica ao sedimento. Entretanto, em períodos de condições de águas mais altas, com maior vazão e volume, é favorecida a mobilização e transporte deste material, provocando uma distribuição heterogênea de matéria orgânica na camada de material depositado e até mesmo sua redistribuição como deposição lateral em bancos próximo às margens e desembocaduras de arroios.

Assim, a concentração da matéria orgânica identificada inclui fontes naturais como detritos orgânicos, vegetação marginal, organismos da coluna d'água e de fundo, restos da vegetação soterrada, quando do enchimento do reservatório, criação de animais, além de fontes antropogênicas, ou tecnogênicas, como efluentes domésticos e industriais.

Quanto a influência da criação de animais no aporte de carga orgânica pode-se dizer que, mesmo não sendo lançados diretamente nas águas do Reservatório, alguns animais como as aves, são responsáveis por importante produção de fósforo e nitrogênio, seguido de outros tipos de rebanhos.

Estes elementos, indicadores de nutrientes na água, muitas vezes constituem o alimento de algumas espécies de algas (principalmente o fósforo) e sua presença em maiores quantidades levam a uma proliferação significativa destes organismos na água. Quando há uma oscilação na quantidade destes elementos, isto se reflete nos organismos vivos que aparecem no manancial que, também se encontram relacionados à sazonalidade. Daí a existência de períodos com predomínio de uma ou outra espécie.

A floração de cianobactérias tóxicas nas águas deste importante manancial do município de Pelotas representa um sério problema à saúde pública. A presença de odor e sabor característico das águas servidas à população é um grande indicativo da presença destes organismos.

A primeira publicação relacionando o odor e sabor das águas do Reservatório Santa Bárbara às florações de algas tóxicas foi de Baltar e Ladeira (1983) que encontraram os gêneros de *Anabaena* e *Microcystis*, indicadoras de contribuição por fósforo e nitrogênio, as quais podem produzir reações tóxicas. Encontraram também gêneros de *Chlamidomonas* e *Trachelomonas*, indicadores de contribuição cloacal.

Microcystis (A) e *Anabaena* (B) foram as duas espécies reconhecidas em campo (FIG. 21) em períodos sazonais diferentes.

FIGURA 21. Floração de *Microcystis* (A) e *Anabaena* (B) nas águas do Reservatório Santa Bárbara.

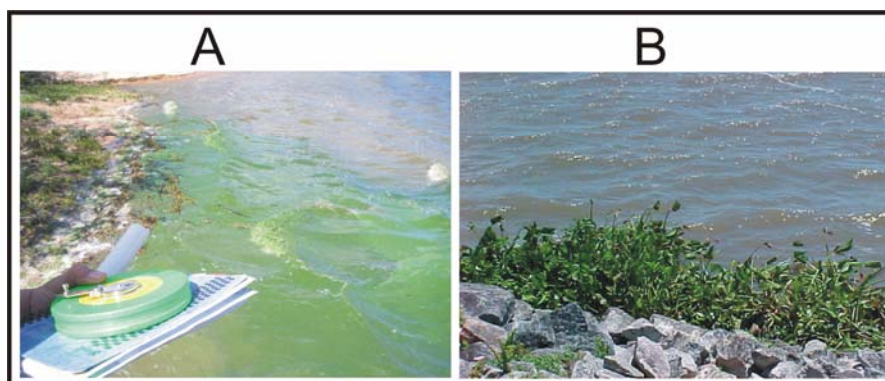


Foto: Carina C. Korb. (A) 12/09/2005; (B) 29/01/2005

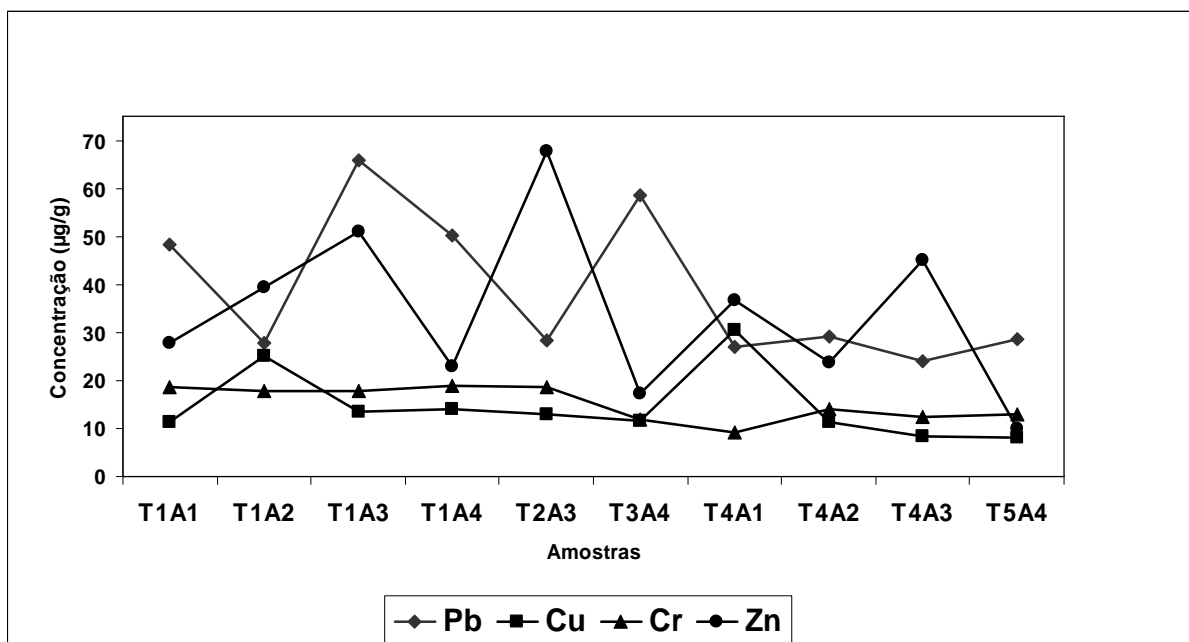
Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 1995) as formações de cianobactérias desenvolvidas em lagos e reservatórios, utilizados para o

abastecimento, podem produzir toxinas. Àquelas encontradas no Reservatório e ilustradas na Fig. 22, segundo a OMS, produzem hepatotoxinas e, uma vez ingeridas podem produzir a morte por choque circulatório e hemorragia hepática nas 24 horas seguintes a sua ingestão.

5.3.2 A Concentração de Pb, Cu, Cr e Zn nos sedimentos dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara

A técnica de reconhecimento da concentração dos metais pesados em sedimentos apresentou-se satisfatória considerando os objetivos do trabalho. O GRÁF. 4. revela as concentrações totais dos metais de cada uma das amostras dos diferentes testemunhos.

GRÁFICO 4. Concentração dos elementos Pb, Cu, Cr e Zn - Depósitos do Reservatório Santa Bárbara, Pelotas (RS).



Elaboração: Carina C. Korb

Ao analisar o gráfico, observam-se variações entre as concentrações obtidas, significativas principalmente para os metais chumbo (Pb) e zinco (Zn). Já o cromo (Cr) e o cobre (Cu), demonstram uma tendência linear de concentração embora nas amostras T1A2 e T4A1, o Cu apresente valores mais elevados.

Ao comparar os testemunhos 1 (T1) e 4 (T4), que tiveram todas as amostras da base ao topo analisadas, observam-se concentrações diferentes para cada metal.

No T1 o Pb varia de 27,9 µg/g a 65,8 µg/g, com a máxima concentração na amostra T1A3, próxima ao topo, apresentando menor teor em T1A1 (48,3 µg/g) quando comparada a T1A4 (50,2 µg/g). O elemento Cu apresentou variações entre 11,3 µg/g a 25,1 µg/g com menor concentração na base (11,3 µg/g) que no topo (14 µg/g).

Para o Cr verifica-se uma tendência uniforme nos valores, com concentrações de 17,7 µg/g a 18,9 µg/g, não sendo significativa a variação base-topo (18,5 µg/g e 18,9 µg/g, respectivamente). O Zn, juntamente com o Pb, apresentou as maiores concentrações, variando de 23 µg/g a 51,1 µg/g, contudo, o valor da amostra T1A4 (topo) é menor (23 µg/g) que em T1A1 (27,8 µg/g).

As concentrações de Pb verificadas em todas as amostras do T1 são superiores aos valores médios globais (23 µg/g e 19 µg/g) e abaixo dos valores médios de dados geoquímicos das rochas do embasamento (25,07 µg/g). Os teores de Zn encontram-se inferiores aos valores médios globais (120 µg/g e 95 µg/g) e aos valores médios de dados geoquímicos das rochas do embasamento (46,81 µg/g), com exceção da amostra T1A3 que apresentou valor acima deste último. O Cr

apresentou valores abaixo de todos os background's aqui comparados e o Cu, superior dos dados geoquímicos de Oliveira (2001)- 5,25 µg/g.

No **T4** o Pb apresenta uma tendência mais uniforme e valores menores que no T1. Sua concentração varia de 24,1 µg/g a 29,2 µg/g, com máximo valor em T4A2 sendo maior na base (27 µg/g) que no topo (24,1 µg/g). O elemento Cu apresentou variações entre 8,38 µg/g (T4A1) a 30,5 µg/g (T4A3). O Cr, com valores lineares conforme visualiza-se no GRÁF. 4, variou de 9,22 µg/g (T4A1) a 12,4 µg/g (T4A3). O Zn variou de 23,7 µg/g (T4A2) a 45,1 µg/g (T4A3), sendo a concentração do topo maior que da base (T4A1) onde se verificou 36,6 µg/g.

Na concentração total do elemento Pb, verificou-se teores superiores aos valores médios globais e dos dados de NBN do embasamento, exceto a amostra T4A3 na qual se verificou valor inferior a este último. As concentrações verificadas para o elemento Cu encontraram-se superiores apenas dos valores médios de dados geoquímicos do embasamento (5,25 µg/g).

A concentração total de Cr apresentou valores inferiores às concentrações globais (90 µg/g) e do embasamento (34,56 µg/g). As concentrações de Zn total verificadas em todas as amostras do T4 são inferiores aos valores médios globais (120 µg/g e 95 µg/g) e aos valores médios de dados geoquímicos das rochas do embasamento (46,81 µg/g).

Quanto as amostras de topo, no **T2** (T2A3) a concentração mais alta foi de Zn (67,6 µg/g), seguida de Pb (28,2 µg/g), Cr (18,5 µg/g) e Cu (12,9 µg/g), respectivamente. Porém, nos **T3** (T3A4) e **T5** (T5A4), verificou-se concentrações mais altas em ordem semelhante de Pb (58,5 µg/g, 28,5 µg/g), Zn (17,2 µg/g, 9,85 µg/g), Cr (11,8 µg/g, 13 µg/g) e Cu (11,6 µg/g, 8,18 µg/g), respectivamente.

Os valores de Zn verificados em T2A3 encontraram-se superiores aos dados geoquímicos do embasamento (46,81 µg/g) e inferiores aos valores médios globais (120 e 95 µg/g). Verificou-se que o valor da concentração de Pb é superior a todos os níveis de base natural (46,81; 120 e 95 µg/g), que a concentração verificada para o metal Cu, é superior apenas aos dados médios do embasamento (5,25 µg/g) e a concentração de cromo, também superior apenas aos dados do embasamento (34,56 µg/g).

Na amostra T3A4 e T5A4, verificou-se que a concentração de chumbo nos sedimentos é superior a todos os três background's aqui comparados. Da mesma forma, em ambas as amostras, o valor obtido para o cobre, é superior apenas ao valor médio do embasamento pré-cambriano e o zinco e cromo, inferiores a todos os níveis de base natural (NBN), aqui utilizados.

Ao compararmos as concentrações obtidas nas amostras de topo de cada um dos cinco testemunhos coletados verificou-se, portanto, que T1, T3 e T5 os maiores valores correspondem ao elemento chumbo e T2 e T4, ao metal zinco.

5.3.2.1 O Fator de Contaminação (FC)

Os valores do FC maiores que 1, encontrados para alguns metais pesados, nos sedimentos dos testemunhos coletados no Reservatório Santa Bárbara, mostram que há enriquecimento destes com relação ao *background*.

De acordo com a TAB. 1. observa-se que todas as amostras de topo apresentaram enriquecimento de Pb (exceto no T4 - T4A3) e Cu. Enriquecimento de Zn ocorre na amostra de topo do T2 (T2A3) e na A3 do T1, exatamente nas quais se

verificou, através do já exposto GRÁF. 4, maior concentração (67,6 µg/g, 51,1 µg/g, respectivamente).

Os valores de FC obtidos com o *background* de Oliveira (2001) demonstram-se, de um modo geral, análogos aos dados apresentados anteriormente, no gráfico da concentração dos elementos onde, visualizam-se picos de maior concentração total de Pb, Zn e Cu, elementos que aqui se destacam.

TABELA 1. Fator de Contaminação (FC) para metais pesados dos sedimentos dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara utilizando como *background* os valores de Oliveira (2001).

Elemen- tos	Testemunhos									
	T1				T2	T3	T4			T5
	A1	A2	A3	A4	A3	A4	A1	A2	A3	A4
Pb	1,92	1,11	2,62	2,00	1,12	2,33	1,07	1,16	0,96	1,13
Cu	2,15	4,78	2,55	2,66	2,45	2,20	5,80	2,17	1,59	1,55
Cr	0,53	0,51	0,51	0,54	0,53	0,34	0,26	0,40	0,35	0,37
Zn	0,59	0,83	1,09	0,49	1,44	0,36	0,78	0,50	0,96	0,21

Elaboração: Carina C. Korb.

As TAB. 2 e 3 ilustram os valores do FC estabelecidos a partir das médias globais (Turekian & Wedephol, 1961; U.S.EPA *apud* Rodrigues, 1997) utilizadas como *background* e, demonstram enriquecimento apenas de Pb em todas as amostras dos testemunhos. Este resultado diferencia-se dos FC obtidos anteriormente com os dados geoquímicos do Embasamento Pré-Cambriano.

É possível assim, dar preferência e enfatizar a importância da utilização de dados mais próximos da realidade estudada para que os resultados obtidos não sejam subestimados, embora, os dados de Oliveira (2001), sejam geologicamente próximos.

TABELA 2. Fator de Contaminação (FC) para metais pesados dos sedimentos dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara utilizando como *background* os valores propostos por U.S.EPA (*apud* Rodrigues, 1997).

Elementos	Testemunhos									
	T1				T2	T3	T4			T5
	A1	A2	A3	A4	A3	A4	A1	A2	A3	A4
Pb	2,10	1,21	2,86	2,18	1,22	2,54	1,17	1,27	1,04	1,23
Cu	0,28	0,64	0,34	0,35	0,33	0,29	0,78	0,29	0,21	0,20
Cr	0,20	0,19	0,19	0,21	0,20	0,13	0,10	0,15	0,13	0,14
Zn	0,23	0,32	0,42	0,19	0,56	0,14	0,30	0,19	0,37	0,08

Elaboração: Carina C. Korb.

TABELA 3. Fator de Contaminação (FC) para metais pesados dos sedimentos dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara utilizando como *background* os valores propostos por Turekian & Wedephol (1961).

Elementos	Testemunhos									
	T1				T2	T3	T4			T5
	A1	A2	A3	A4	A3	A4	A1	A2	A3	A4
Pb	2,54	1,46	3,46	2,64	1,48	3,07	1,42	1,53	1,26	1,5
Cu	0,34	0,76	0,40	0,42	0,39	0,04	0,92	0,34	0,25	0,24
Cr	0,20	0,19	0,19	0,21	0,20	0,13	0,10	0,15	0,13	0,14
Zn	0,29	0,41	0,53	0,24	0,71	0,18	0,38	0,24	0,47	0,10

Elaboração: Carina C. Korb.

Quanto aos aspectos relacionados à acumulação antrópica, diversas podem ser as fontes de enriquecimento de metais em sedimentos. Estas fontes incluem desde as atividades urbano-industriais às agrícolas. Os dados de Fonseca *et al* (1996) podem ser indicados como referência para diferentes atividades relacionadas a processos de acumulação antrópica (TORRES *et al* 2005: 302).

Segundo estes autores, as principais fontes antropogênicas de Pb, Cu, Cr e Zn incluem atividades como, por exemplo, fabricação ou reciclagem de baterias automobilísticas, soldagens, indústrias de tintas, oficinas mecânicas, artigos de microeletrônica, deposição atmosférica através da queima de combustíveis fósseis, uso de pesticidas, fertilizantes e adubos na agricultura e águas de irrigação, uso de agrotóxicos e lançamentos de efluentes domésticos.

As concentrações de Pb e Zn nos sedimentos do Reservatório Santa Bárbara, que se destacaram frente às demais, possivelmente estão associadas à contribuição antropogênica, pois conforme verificado em campo, os testemunhos apresentaram, em geral, sob sua retaguarda, além do Distrito Industrial, bairro urbano, florestamento e agricultura. Estas atividades representam potencial fonte de metais e corroboram a antropização verificada, anteriormente, na coluna de sedimentos dos testemunhos.

No sítio industrial encontram-se ramos de metalurgia, comércio de peças usadas e de baterias automobilísticas, beneficiadora de cereais, restaurantes, postos de combustíveis, entre outros e, encontraram-se evidências de lançamento de cargas orgânicas e efluentes. Estes elementos podem estar se acumulando na fração fina do sedimento.

Além deste fator de contribuição dos metais, existe a possibilidade de aporte pelas transposições de águas em períodos de estiagem do arroio Pelotas aos cursos de água alimentadores do Reservatório, realizados pelo SANEP (Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas).

5.3.2.2 O Índice de Geoacumulação (Igeo)

A estimativa do Índice de Geoacumulação para os sedimentos coletados nos depósitos do Reservatório Santa Bárbara é apresentada nas TAB. 4, 5 e 6. Os níveis de base utilizados para obtenção deste índice foram a média mundial de sedimentos (Turekian & Wedephol, 1961), o Folhelho padrão (U.S.EPA *apud* Rodrigues, 1997) e o valor médio das rochas do Embasamento Pré-Cambriano (Oliveira, 2001). Ver QUADRO 8 (p. 117).

A análise de todos os dados obtidos, expostos nas tabelas, por todos os níveis de base, mostra o mesmo comportamento, ainda que com pequenas variações numéricas.

Ao se comparar os valores dos índices obtidos com o QUADRO 8, verificou-se que os metais Pb, Cu, Cr e Zn apresentam acumulação nos sedimentos entre 0 (zero) e 1 (um). Isto significa associação com a Classe Igeo 1, ou seja, pouco a moderadamente poluídos.

Apenas a amostra de base do T4 diferenciou-se, associando-se a Classe 2, moderadamente poluído, quando relacionado ao *background* de Oliveira (2001).

TABELA 4. Índice de Geoacumulação (Igeo) para metais pesados dos sedimentos dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara utilizando como *background* os valores de Oliveira (2001).

Elemen- tos	Testemunhos									
	T1				T2	T3	T4			T5
	A1	A2	A3	A4	A3	A4	A1	A2	A3	A4
Pb	0,38	0,22	0,52	0,40	0,22	0,46	0,21	0,23	0,19	0,22
Cu	0,43	0,95	0,51	0,53	0,49	0,44	1,16	0,43	0,32	0,31
Cr	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,06	0,05	0,08	0,07	0,07
Zn	0,11	0,16	0,21	0,09	0,28	0,07	0,15	0,10	0,19	0,04

Elaboração: Carina C. Korb.

TABELA 5. Índice de Geoacumulação (Igeo) para metais pesados dos sedimentos dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara utilizando como *background* os valores de U.S.EPA (*apud* Rodrigues, 1997).

Elemen- tos	Testemunhos									
	T1				T2	T3	T4			T5
	A1	A2	A3	A4	A3	A4	A1	A2	A3	A4
Pb	0,42	0,24	0,51	0,43	0,24	0,51	0,23	0,25	0,21	0,24
Cu	0,05	0,12	0,06	0,07	0,06	0,05	0,15	0,05	0,04	0,04
Cr	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Zn	0,04	0,06	0,08	0,03	0,11	0,02	0,02	0,03	0,07	0,01

Elaboração: Carina C. Korb.

TABELA 6. Índice de Geoacumulação (Igeo) para metais pesados dos sedimentos dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara utilizando como background os valores de Turekian & Wedephol (1961).

Elementos	Testemunhos									
	T1				T2	T3	T4			T5
	A1	A2	A3	A4	A3	A4	A1	A2	A3	A4
Pb	0,51	0,29	0,69	0,53	0,29	0,61	0,28	0,30	0,25	0,30
Cu	0,06	0,15	0,08	0,08	0,07	0,07	0,28	0,30	0,25	0,30
Cr	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Zn	0,05	0,08	0,10	0,04	0,14	0,03	0,07	0,05	0,09	0,02

Elaboração: Carina C. Korb.

5.3.2.3 Identificação e Classificação dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara

Derivados do assoreamento, os depósitos do Reservatório Santa Bárbara apresentaram características (constituição e forma de ocorrência) de antropização ambiental constituindo-se o que, na atualidade, se denomina como 'depósito tecnogênico'.

Sua gênese possivelmente resulta de um processo em que a influência humana se deu somente nos processos (erosão, transporte, deposição) sendo o material constituinte, predominantemente natural podendo ser classificado, nesse sentido, como depósito tecnogênico induzido.

Pelo fato de apresentarem composição próxima à natural soma-se ao termo induzido, a categoria sedimentar o que é indicativo de materiais que foram depositados por processos sedimentares induzidos pelas formas de apropriação do

espaço sendo análogos à sedimentação natural, com características e estruturas usuais dos sedimentos, porém de composição úrbica e gárbica.

Quanto à estrutura interna os depósitos reconhecidos apresentaram um modo de organização sob a forma de estratos, paralelos ao plano basal constituídos de sedimentos aluviais originados em ambiente urbano e também rural.

Estes elementos diferenciadores dos depósitos analisados, que por vezes mostraram-se semelhantes aos ditos naturais, permitem sua classificação aproximada: *depósitos tecnogênicos induzidos sedimentares estratificados aluviformes de ambiente urbano e também rural.*

Ainda que com as devidas limitações do *background* aqui utilizado, a determinação do Fator de Contaminação (FC) e do Índice de Geoacumulação (Igeo) complementam as características dos depósitos que, ao demonstrarem enriquecimento de chumbo, zinco e cobre são, com base na classificação utilizada, considerados pouco a moderadamente poluídos. Este parâmetro, associado aos sedimentares, contribui para identificação destes depósitos como tecnogênicos e, de moderado risco a qualidade da água da represa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara permitiu apontar elementos relevantes no que se refere ao estudo destas derivações ambientais em corpos d'água.

Os procedimentos adotados para esta identificação, tanto no que diz respeito ao mapeamento do Uso/Ocupação do Solo quanto à coleta e análise dos testemunhos geológicos, mostraram-se qualitativamente suficientes para atender os objetivos propostos.

Percebeu-se, em primeiro lugar, a relevância das abordagens do Quaternário, em sua fase mais recente definida por muitos autores de Tecnógeno. O estudo interpretativo dos testemunhos da antropização ambiental, característicos deste tempo geológico, ao diagnosticar o presente, ajudou a esboçar o quadro da situação ambiental atual além de constituir instrumento de discussão com vistas a atenuar um possível e futuro impacto negativo no espaço analisado.

O histórico das mudanças ambientais do espaço físico da bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara, para torná-lo geográfico, exposto no capítulo introdutório desta Dissertação, apontou para o fato de que estas transformações tiveram início no século XVIII com a implantação das charqueadas. Mudanças que evoluíram qualitativamente com o surgimento do núcleo urbano e com sua evolução nos séculos seguintes, associada às transformações nas áreas rurais.

A construção do Reservatório, na década de 1960, vetorizou transformações no Uso e Ocupação do Solo da bacia de drenagem deste manancial. Através do abastecimento às áreas urbanas e rurais, permitiu a ampliação do sítio

industrial e das ocupações em suas proximidades, bem como, a territorialização de diferentes atividades no espaço rural.

Em um tempo mais atual (1988-2002), foram verificadas e mapeadas mudanças significativas no Uso e Ocupação do Solo da bacia hidrográfica em questão. Em 1988 as Classes de Uso (Cobertura Vegetal: Mata e Campo) somavam 9903,6 hectares e, em 2002, 8313,2 hectares; as Classes de Ocupação (Área Urbanizada e Agricultura), 3242,3 hectares em 1988 e 4698,9 hectares, no ano de 2002.

Em segundo lugar, a espacialização e verificação das variações nas áreas das Classes reconhecidas, mostraram-se de relevância para o entendimento das possíveis causas no processo de constituição dos depósitos do Reservatório Santa Bárbara. Estas mudanças espaço-temporais do Uso/Ocupação do Solo na bacia em questão podem, em conjunto, estar acelerando o assoreamento do Reservatório Santa Bárbara.

A presença de artefatos humanos e as características texturais atestaram para a identificação de fases de antropização, características que, juntamente, com o diagnóstico da poluição dos sedimentos, permitiram reconhecê-los como depósitos tecnogênicos. E, ainda, uma classificação aproximada: *induzidos, sedimentares, de composição úrbica e gárbica, estratificados aluviformes, formados em ambiente urbano e também rural.*

Num terceiro momento, o processo de assoreamento que vem ocorrendo no Reservatório Santa Bárbara, ao originar depósitos tecnogênicos, pode estar ou vir a impactar o manancial, considerando que são basicamente constituídos

de lixo (dejetos domésticos como plástico e vidro) apresentando concentrações variadas de metal pesado e matéria orgânica nos sedimentos.

Os efeitos do assoreamento na desembocadura dos afluentes e a possível poluição das águas indicada pelo aparecimento das algas tóxicas, são exemplos desta situação.

Neste sentido, a análise geoquímica dos sedimentos, trazidos pelos cursos fluviais que acabam depositando-se na desembocadura destes, junto ao Reservatório, constituiu-se um modo adequado para diagnosticar a poluição geoquímica dos depósitos tecnogênicos. Os dados geoquímicos apontaram para o enriquecimento, em relação ao *background*, de Pb e Zn, seguido por Cu, Cr e, um índice de poluição associado a Classe Igeo 1, pouco a moderadamente poluído.

O diagnóstico destes aspectos mostrou-se qualitativamente preocupante, levando em consideração que o Reservatório abastece a população de Pelotas. As anomalias verificadas em pontos localizados, como T1 e T2, onde houve as maiores concentrações de Pb e Zn, representam a adição direta de metais pesados ao sistema hídrico ou, alternativamente, manifestam o efeito das modificações físico-químicas impostas aos ambientes.

As modificações verificadas favorecem a acumulação anormal de metais pesados, já naturalmente presentes no ambiente. Esta situação ambiental pode se tornar problema social de difícil administração. Uma vez haja ressuspensão dos sedimentos de fundo à coluna d'água degrada-se a sua qualidade podendo, assim, causar danos sanitários à população abastecida por este manancial.

As proposições de reconstituição da natureza, para minimizar os crescentes processos que alteram a dinâmica do Reservatório Santa Bárbara, principalmente os de assoreamento, responsáveis pela possível alteração na qualidade sanitária das águas do Reservatório, centram-se num controle mais efetivo da retirada de vegetação nas áreas de preservação, como áreas ribeirinhas, além da relocação das ocupações irregulares.

Quanto às áreas regularmente ocupadas, caberia implantar sistemas de tratamento de esgotos e coleta de lixo eficiente, o que já minimizaria a questão dos dejetos lançados nos arroios.

É claro que de nada adiantam estas atitudes, se não houver um trabalho de conscientização junto à população local, visando diminuir o lançamento de lixo nos corpos d'água e a remoção da mata ciliar, bem como disseminar uma preocupação ambiental junto às atividades agrícolas e criação de animais.

Seria necessário também fornecer informações relevantes de cuidados ambientais e de como estes podem trazer benefícios e melhorias à qualidade de vida destas pessoas. A preocupação com a educação sanitária da população também é um ponto a ser destacado. Soluções práticas somente serão viáveis e darão bons resultados se acompanhadas de um esclarecimento à população, que será a maior beneficiada pelos resultados obtidos.

Já se tem conhecimento das ações que o governo local, através do SANEP (Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas) e outras Secretarias, vêm desenvolvendo para buscar a manutenção desse manancial, com fins de abastecimento e preservação ambiental. Essas ações centram-se em projetos de

regularização fundiária, bem como na implantação de algumas redes coletoras de esgoto.

A obtenção de um diagnóstico da poluição na água e nos sedimentos tanto no Reservatório, quanto em toda a bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara, é vislumbrada como proposta para estudos futuros.

Para tanto, sugere-se um estudo da hidrologia e morfometria desta bacia de drenagem, através da caracterização do regime de vazões e das taxas de sedimentação em diferentes períodos sazonais, um estudo da qualidade das águas superficiais com base em parâmetros físicos, químicos e biológicos e ainda, um estudo geoquímico dos sedimentos de fundo dos arroios e, do Reservatório, através de comparações com um *background* específico da bacia hidrográfica.

Sem esgotar todos os aspectos referentes ao tema exposto, torna-se, por fim, evidente a ampliação dos estudos da dinâmica ambiental que leva à gênese dos depósitos tecnogênicos associado à cartografia de Uso do Solo, às propostas de espacialização destas recentes formações superficiais e, ainda à análise geoquímica multielementar com vistas ao monitoramento e gestão ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. **Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário**. In: Cadernos de Geomorfologia, n. 18, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1969, p. 1-23.

ARRIADA, E. **Pelotas Gênese e Desenvolvimento Urbano (1780-1835)**. Pelotas, Editora Armazén Literário. 176p. 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação – Referências – Elaboração: NBR 6023**. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

BALTAR, R.K., LADEIRA, A.R.V. **Barragem do Santa Bárbara, uma questão de saúde**. Boletim nº 2 da Secretaria Municipal de Saúde e Bem Estar Social. Prefeitura Municipal de Pelotas. 2 p. 1983.

BASSO, L.A. **A crise dos recursos hídricos**. In: Boletim Gaúcho de Geografia. Porto Alegre. n. 25. p. 141-153. junho. 1999.

BERTÊ, A.M.A. **Depósitos Tecnogênicos e Planejamento Urbano: o aterro sanitário da Zona Norte de Porto Alegre – RS/Brasil**. 2001. 102f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BRANNSTROM, C. **After the forest: environment, labor and agro-commodity production in Southeastern Brazil**. 1998. 771f. Thesis (PhD) – University of Wisconsin – Madison.

BÜLLOW, K.V. **A evolução futura da terra Uma época de transição geológica.** Boletim Geográfico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, v. 31, n. 228, p. 22-29, maio – jun. 1972.

CHEMEKOV, Y.F. **Technogenic deposits.** In: Inqua Congress, II, 1983. Moscou, Abstracts...v.3, p.62.

CHRISTOFOLETTI, A. **A geografia física no estudo das mudanças ambientais.** In: CHRISTOFOLETTI, A. e outros. Geografia e Meio Ambiente no Brasil. São Paulo, Ed. Hucitec, 1995.

CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. **Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965.** Disponível em: http://www.controleambiental.com.br/codigo_florestal.htm.

CORDEIRO, L.H. **Identificação e caracterização da bacia de captação do reservatório Santa Bárbara Pelotas – RS.** 2000. 82f. Monografia (Graduação) - Departamento de Geociências, Curso de Oceanologia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2000.

CUNHA, B. C. C. **Impactos sócioambientais decorrentes da ocupação da planície de inundação do Ribeirão Anicuns: o caso da Vila Roriz. Goiânia.** 2000. 272f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócioambientais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2000.

DANTAS, M.E. **Controles naturais e antropogênicos da estocagem diferencial de sedimentos fluviais. Bacia do Rio Bananal (SP/RJ), Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro).** 1995. 142f. Dissertação (Mestrado em Geografia)

– Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

ESTEVAM, A.L.D., SANTOS, E.A. dos., BRITO, M. da S. **Depósitos tecnogênicos Quinários no interior baiano: o caso da lavra de sedimentos no Parque da Serra do Periperi – Região Sudoeste da Bahia.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 10., ENCONTRO BRASILEIRO DO TECNÓGENO, 1, 2005. Guarapari, ES, Anais...Guarapari, ABEQUA, 2005. CD-ROM. 5p.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência/FINEP. 1988. 575p.

FANNING, D.J. & FANNING, M.C.B. **Soil: morphology, genesis and classification.** New York: John Wiley & Sons. 1989. 395 p.

FRANZEN, M. **Análise da contaminação por nutrientes, elementos maiores e elementos-traço nas águas e sedimentos do Arroio Sapucaia – RS.** 2001. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

FUJIMOTO, N.S.V.M. **Análise ambiental urbana na área metropolitana de Porto Alegre – RS: sub-bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio.** 2001. 236f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

GERASIMOV, I.P. **Anthropogene and its major problem**. Boreas, V. 9, p. 23-30. 1979.

GODOLPHIN, M.F. **Geologia do Holoceno Costeiro da Área de Rio Grande, RS**. 1976. 164f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1976.

GONÇALVES, C.W.P. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. 4^a ed., S.P., Contexto, 1989. 148p.

GOULD, S.J. **Seta do tempo, Ciclo do tempo: mito e metáfora na descoberta do tempo geológico**. São Paulo: Companhia das Letras, 1991. 221p.

GUERRA, A.J.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 652 p.

GUERRA, T. **Estudo da contaminação hidrogeoquímica fluvial e sua inserção na avaliação econômico-ambiental da mineração de carvão na região do Baixo Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2000. 257f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, programa de Pós-Graduação em Geoquímica Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2000.

KORB, C.C., TELLES, R.M., HARTMANN, C. **Modificações impostas à bacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara, Pelotas (RS)**. In: Mostra da Produção Universitária, 1, 2002. Anais...Rio Grande: Editora da FURG, p.71.

KORB, C.C. **Caracterização e mapeamento faciológico dos sedimentos superficiais da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS.** 2003. 71f. Monografia (Graduação) – Departamento de Geociências, Curso de Geografia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2003.

LAL, R. **Soil erosion by wind and water: problems and prospects.** In: Lal, R. (Ed.). Soil erosion research methods. Iowa: Soil and Water Conservation Society. 1988. p. 1-6.

LINDMAN, C.A.M. **A vegetação no Rio Grande do Sul.** Belo Horizonte: Itatiaia, 1974. 377p.

LISBOA, T. H. C. **Alteração da linha de costa do Distrito Sede de Florianópolis – SC, em função de aterros.** 2004. 87f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

LOPES NETO, J.S. **A canalização do Arroio Santa Bárbara e melhoramentos anexos.** Monografia. Jornal Diário Popular (17/01/1893).

LOPES. F.S. **O Saneamento de Pelotas.** Publicação da Intendência Municipal. Pelotas. 1903.

MARSH, G.P. **Man and Nature;** Or, The Earth As Modified by Human Action. (orig. 1864). Cambridge, M.A.: Belknap Press Of Harvard University Press. 1983.

MELLO, E.V. de., PEIXOTO, M.N. de O., SILVA, T.M. da., MOURA, J.R. da S. de. **Evolução da rede de drenagem e transformações tecnogênicas nos canais fluviais em Volta Redonda (RJ), Médio Vale do Paraíba do Sul.** In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 10., ENCONTRO BRASILEIRO DO TECNÓGENO, 1, 2005. Guarapari, ES, Anais...Guarapari, ABEQUA, 2005. CD-ROM. 7p.

MENDES, C.A.B., CIRILO, J.A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, integração e aplicação.** Porto Alegre: ABRH, 2001. 533 p.

MOURA, J.R.S. & MELLO, C.L. **Classificação aloestratigráfica do Quaternário Superior na região de Bananal (SP).** In: Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.21, n.3, p. 236 - 254. 1991.

MOURA, J.R.S., MELLO, C.L., SILVA, T.M. **“Desequilíbrios ambientais” na evolução da paisagem: o Quaternário Tardio no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, SBG, 1992, Anais...São Paulo, p. 309 – 310.

MULLER, G. Schwermetallen in den Sedimenten dês Rheins. **Veranderrugen Seit, Umschau**, 79: 778-783. 1979.

MURATORI, A.M. **Os microdesertos edáficos na neopaisagem da região noroeste do Estado do Paraná – Brasil, como registro de um novo período geológico.** In: Revista RA' E GA o espaço geográfico em análise. UFPR/ Curitiba – PR, 1997, ano 1, v. 1, nº1: 133-142.

NETO, J.S.C., NOLASCO, M.C., ROCHA, C.C. da. **Alterações na dinâmica do conjunto de lagoas em Feira de Santana – BA, a partir de modificações antrópicas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO,

10., ENCONTRO BRASILEIRO DO TECNÓGENO, 2005. Guarapari, ES, Anais...Guarapari, ABEQUA, 2005. CD-ROM. 7p.

NIR D. **Man a geomorphological agent An Introduction to Anthropic Geomorphology**. Jerusalém: D. Reidel Publishing Company, Dordrecht e Ketter Publishing House. 1983. 155p.

NOLASCO, M.C. **Depósitos Antrópicos/Tecnogênicos: Um conceito em discussão na Geologia**. 1998. 63f. Monografia (Qualificação de Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

_____ **Ação sedimentar humana: depósitos tecnogênicos garimpeiros – o exemplo das lavras diamantinas – BA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 8, 2001. Imbé, Anais... Imbé, ABEQUA, p. 445 – 447.

_____ **Registros geológicos gerados pelo garimpo, Lavras Diamantina, Bahia**. 2002. 307f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

NOLASCO, M.C., & MACEDO, A. **Registros geológicos garimpeiros a diamantes – chaves de identificação de cicatrizes erosivas e depósitos tecnogênicos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 10., ENCONTRO BRASILEIRO DO TECNÓGENO, 1, 2005. Guarapari, ES, Anais...Guarapari, ABEQUA, 2005. CD-ROM. 7p.

OLIVEIRA, A.M.S. **Depósitos Tecnogênicos associados à erosão atual.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA, 6, 1990. Salvador. Atas...Salvador, ABGE, v. 1, p. 411-415.

_____ **Depósitos Tecnogênicos e Assoreamento de Reservatórios. Exemplo do Reservatório de Capivara, Rio Paranapanema, SP/PR.** 1994. 211f. Tese (Doutorado). – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

_____ **Estudos sobre o Tecnógeno do Brasil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 10., ENCONTRO BRASILEIRO DO TECNÓGENO, 1, 2005. Guarapari, ES, Anais...Guarapari, ABEQUA, 2005. CD-ROM. 6p.

OLIVEIRA, A.M.S.; & QUEIROZ, J.P. NETO. **Depósitos tecnogênicos induzidos pela erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista.** In: Boletim Paulista de Geografia, n. 73. São Paulo. 1991. p. 91 – 123.

OLIVEIRA, A.M.S.; QUEIROZ, J.P. Neto; CARLSTRON, C.F.; SALOMÃO, F.X.T.; KERTZMAN, F.F. **Depósitos tecnogênicos do Planalto Ocidental Paulista: exemplos de Andradina e Bauru.** In: CONGRESSO DA ABEQUA, 3, 1992. Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte, ABEQUA, p.88-95.

OLIVEIRA, A.M.S., BRANNSTROM, C., NOLASCO, M.C., PELOGGIA, A.U.G., PEIXOTO, M.N.O., COLTRINARI, L. **Tecnógeno: Registro da ação geológica do**

Homem. In: SOUZA, C.R.G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M.S., OLIVEIRA, P.E. de. (org.). Quaternário do Brasil. 1ª ed. Ribeirão Preto: Ed. Holos. 2005. p. 363-378.

OLIVEIRA, L. D. **Geologia, Geoquímica e Geocronologia dos Granitóides Pós-Tectônicos à Zona de Cisalhamento Transcorrente de Porto Alegre, Extremo Nordeste do escudo Sul-Riograndense.** 2001. 100 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Guias para la calidad del agua potable.** Volumen 1 Recomendaciones, 2ª Edición Ginebra. 187p. 1995.

PELOGGIA, A.U.G. **Delineação e aprofundamento temático da Geologia do Tecnógeno do Município de São Paulo.** 1997. 262f. Tese (Doutorado).- Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

_____. **Sobre a classificação, enquadramento estratigráfico e cartografia dos solos e depósitos tecnogênicos.** In: Prefeitura do Município de São Paulo/SEHAB/HABI/, Estudos de Geotécnica e Geologia Urbana (I). São Paulo, Manual Técnico 3 (GT-GEOTEC), 1999a. p. 35-50.

_____. **O Tecnógeno existe?** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 9, 1999b, São Pedro (SP), Anais...ABGE, 1999b. (CD-ROM). 13p.

_____. **A ação geológica do Homem nos clássicos da Geologia, com especial atenção aos Principles of Geology de Lyell.** In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 10., ENCONTRO BRASILEIRO DO TECNÓGENO, 1, 2005. Guarapari, ES, Anais...Guarapari, ABEQUA, 2005. CD-ROM. 8p.

PELOGGIA, A.U.G., & OLIVEIRA, A.M.S. **Tecnógeno: Um novo campo de estudos das Geociências**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 10., ENCONTRO BRASILEIRO DO TECNÓGENO, 1, 2005. Guarapari, ES, Anais...Guarapari, ABEQUA, 2005. CD-ROM. 4p.

PELOTAS, Prefeitura Municipal de. **II Plano Diretor de Pelotas**, Lei 2565/80. 73p.

PORCHER, L.; FERANT, P. & BLOT, B. **Pedagogia do Meio Ambiente**. Sociocultur. Divulgação Cultural Ltda, Lisboa, 1977.

RHOADS, B.L. & CAHILL, R.A. **Geomorphologic assessment of sediment contamination in an urban stream system**. Applied Geochemistry. v. 14, p. 459-483. 1999.

RIBEIRO, M.C.R., MOURA, J.R.S., SALGADO, C.M.S. **Caracterização pedológica de depósitos tecnogênicos no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul – Região de Bananal (SP/RJ)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador, SBG, 1996, Anais...Salvador, v.2. p. 493 – 495.

RODRIGUES, M.L.K. 1997. **Diagnóstico da poluição por elementos-traço no sedimento da bacia hidrográfica do Rio Caí**. 124p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

ROSS, J. L.S. **Geomorfologia – Ambiente e Planejamento**. 2ª ed., São Paulo, Contexto. 1992. 85p.

ROSSATO, M.S. **Assoreamento e formação de depósitos tecnogênicos na Barragem Lomba do Sabão, Porto Alegre e Viamão – RS**. 2000. 66f. Monografia (Graduação) - Departamento de Geografia, Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SANTOS, A.A.M. **Evolução pedo-geomorfológica das seqüências coluviais neoquaternárias – Bananal (SP-RJ)**. 1990. 234 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 2ª ed., São paulo, Ed. Hucitec, 1997. 308p.

SHEPARD, F.D. **Nomenclatures based on sand-sil-clay rations**. Journal of Sedimentary Petrology, v. 24, n. 3. p. 151-158. 1954.

SIMON, A.L.H., NOAL, R.E. **Identificação e análise das Classes de Uso da Terra na microbacia hidrográfica do arroio Santa Bárbara, Pelotas – RS: Perspectivas para o planejamento e gestão dos recursos naturais**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11, 2005. São Paulo, SP, Anais...FFLCH/USP, CD-ROM. p. 4768-4783. 2005.

SIMON, A.L.H. *et al.* **Impactos ambientais e estado de degradação ambiental do Canal Santa Bárbara, município de Pelotas, RS**. Revista GeoUERJ. Rio de

Janeiro - RJ: Volume especial do X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2003. p. 1240- 1254.

SOARES, M.C.C. **Avaliação Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre – RS.** 100 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SOBREIRA, F.G., LIMA, H.M. de. **Alterações paisagísticas pela extração do ouro do século XVIII no Distrito de Passagem de Mariana (Município de Mariana, MG).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 10., ENCONTRO BRASILEIRO DO TECNÓGENO, 1, 2005. Guarapari, ES, Anais...Guarapari, ABEQUA, 2005. CD-ROM. 6p.

SOUZA, M.L. **A influência da ação antrópica na classificação dos materiais inconsolidados da cidade de Ouro Preto – MG.** In: CONGRESSO DA ABEQUA, 8, 2001. Imbé, RS, Anais... Imbé, ABEQUA, p. 444 – 445.

SUERTEGARAY, D.M.A. **Geomorfologia: novos conceitos e abordagens.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA E I FÓRUM AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7, 1997. Anais... Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, p. 24-29.

_____ **Espaço Geográfico Uno e Múltiplo.** In: SUERTEGARAY, D.M.A., BASSO, L.A., VERDUM, R. (org.). Ambiente e lugar no urbano: a Grande Porto Alegre. 1ª ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS. 2000. p. 13-34.

_____ **Geografia Física e Geomorfologia: uma (re) leitura.** Ijuí: Ed. Unijuí, 2002. 112p.

SUERTEGARAY, D.M.A. & NUNES, J.O.R. **A natureza da Geografia Física na Geografia.** In: Revista Terra Livre , São Paulo, n. 17(2), p. 11 – 24. 2001.

SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia.** São Paulo. Edgard Blücher. Ed. da Universidade de São Paulo. 1973. 316 p.

SWENNEN, R. & VAN der SLUYS, J. **Zn, Pb, Cu, and As distribution patterns in overbank and medium-order stream sediment samples: their use in exploratory and environmental geochemistry.** Journal of Geochemical Exploration, v. 65, p. 27-45. 1998.

TAGLIANI, C.R.A. **A mineração na Porção Média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Estratégia para a Gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado.** 2002. 252f. Tese (Doutorado). – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

TELLES, R.M. **Evolução Geomorfológica de Rio Grande (RS): Um confronto de dois tempos.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 8, 1999. Anais...Belo Horizonte: Editora Ana Pontes, p.438-439.

TER-STEPANIAN, G. **Beginning of The Technogene.** In: Bulletin of The International Association of Engineering Geology, France: IAEG, N° 38., p. 133-142. 1988.

TORRES, A.M., BASTOS, M.L.L., BOAVENTURA, G.R., LICHT, O.A.B., KERN, D.C., JUNIOR, G.M., FRAZÃO, F.J.L., COSTA, M.L. da., BORBA, R.P., FIGUEIREDO, B.R. **A Geoquímica dos Sedimentos e Solos**. In: SOUZA, C.R.G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M.S., OLIVEIRA, P.E. de. (org.). Quaternário do Brasil. 1ª ed. Ribeirão Preto: Ed. Holos. 2005. p. 298-320.

TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL, K.H. **Distribution of the elements in some major units of the earth's crust**. Bull. Geol. Soc. American. 72: 175 – 192. 1961.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, SUPREN/IBGE, 91 p. 1977.

VIANA, A.M., RAMOS, R.C., SUERTEGARAY, D.M.A. **Estudo Preliminar do processo de assoreamento e formação de depósitos tecnogênicos: represa do IPH/UFRGS**. In: SUERTEGARAY, D.M.A., BASSO, L.A., VERDUM, R. (org.). Ambiente e lugar no urbano: a Grande Porto Alegre. 1ª ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS. 2000. p.161-183.


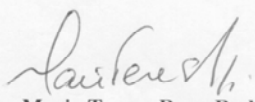
VILLWOCK, J.A., TOMAZELLI, L.J. **Geologia Costeira do Rio Grande do Sul**. CECO/IG/UFRGS, Notas técnicas 8:1-45. 1995.

WENTWORTH, C.R. **A scale of grade and class terms of clastic sediments**. Journal of Geology, v. 30. p. 377 – 392. 1922.


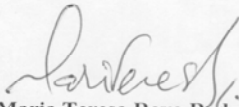
WETZEL, R.G. **Limnology**. Rhkadelphia: W.B. Saunders Company, 1975. 734p.

ANEXOS

Anexo 1: Relatório das Análises de metais pesados, amostras T1A1, T1A2, T1A3, T1A4, T2A3.

	INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS CENTRO DE ECOLOGIA	REDE..... METROLÓGICARS Laboratório Reconhecido segundo ISO 17025						
Porto Alegre, 4 de novembro de 2005.								
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 1383-AA.								
CLIENTE: Carina C. Korb ENDEREÇO: Rivadávia Corrêa, 08 - Partenon REQUISIÇÃO DE SERVIÇOS Nº: 189/2005								
AMOSTRA Tipo: Amostras de Sedimento Identificação da amostra: T1-A1, T1-A2, T1-A3, T1-A4 e T2-A3 Data de Recebimento: 16/08/2005								
COLETA Responsável pela coleta: Carina, Edgar, Luciano Procedimento de amostragem: Testemunhagem - Percussão Conservação e Transporte: Em sacos de plásticos Data da coleta: 29/01/2005 Local da coleta: Barragem Santa Bárbara – Pelotas – Na desembocadura dos afluentes Hora da coleta: 10:00								
RESULTADO DO ENSAIO								
Parâmetro	Unidade	Resultado					Metodologia	LQ
		T1-A1	T1-A2	T1-A3	T1-A4	T2-A3		
*Chumbo	µg/g	48,3	27,9	65,8	50,2	28,2	EAA/Chama Ar - Acetileno	5,00
*Cobre	µg/g	11,3	25,1	13,4	14,0	12,9	EAA/Chama Ar - Acetileno	0,600
*Cromo Total	µg/g	18,5	17,7	17,8	18,9	18,5	EAA/Chama Ar - Acetileno	2,00
*Zinco	µg/g	27,8	39,3	51,1	23,0	67,6	EAA/Chama Ar - Acetileno	0,500
LEGENDA: LQ = Limite de quantificação EAA = Espectrofotometria de Absorção Atômica								
MÉTODO DE DIGESTÃO: Digestão com ácido nítrico e fluorídrico em sistema fechado								
NOTA: Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada. O Relatório de Ensaio só deverá ser reproduzido na íntegra, não deve ser parcialmente reproduzido sem a prévia autorização do Centro de Ecologia da UFRGS.								
		 Maria Teresa Raya Rodriguez Eng. Química – CRQ-V: 05300638						
* Ensaios Reconhecidos pela Rede Metrológica –RS, segundo ISO 17025 Cadastro FEPAM Nº: 2/2005-DL								
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia - Caixa Postal 15007 – CEP: 91.501-970 - Porto Alegre – RS Fone: (51) 3316-6762 - Fax: (51) 3316-7307 – e-mail: ceneco@ecologia.ufrgs.br Home Page: www.ecologia.ufrgs.br Relatório de Ensaio nº 1383-05 - Carina C. Korb.doc(1/1)								

**Anexo 2: Relatório das Análises de metais pesados, amostras T3A4, T4A1,
T4A2, T4A3, T5A4.**

	INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS CENTRO DE ECOLOGIA	REDE..... METROLOGICARS Laboratório Reconhecido segundo ISO 17025						
Porto Alegre, 4 de novembro de 2005.								
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 1384-AA.								
CLIENTE: Carina C. Korb ENDEREÇO: Rivadávia Corrêa, 08 - Partenon REQUISIÇÃO DE SERVIÇOS Nº: 189/2005								
AMOSTRA								
Tipo: Amostras de Sedimento Identificação da amostra: T3-A4, T4-A1, T4-A2, T4-A3 e T5-A4 Data de Recebimento: 16/08/2005								
COLETA								
Responsável pela coleta: Carina, Edgar, Luciano Procedimento de amostragem: Testemunhagem - Percussão Conservação e Transporte: Em sacos de plásticos Data da coleta: 29/01/2005 Hora da coleta: 10:00 Local da coleta: Barragem Santa Bárbara – Pelotas – Na desembocadura dos afluentes								
RESULTADO DO ENSAIO								
Parâmetro	Unidade	Resultado					Metodologia	LQ
		T3-A4	T4-A1	T4-A2	T4-A3	T5-A4		
*Chumbo	µg/g	58,5	27,0	29,2	24,1	28,5	EAA/Chama Ar - Acetileno	5,00
*Cobre	µg/g	11,6	30,5	11,4	8,38	8,18	EAA/Chama Ar - Acetileno	0,600
*Cromo Total	µg/g	11,8	9,22	13,9	12,4	13,0	EAA/Chama Ar - Acetileno	2,00
*Zinco	µg/g	17,2	36,6	23,7	45,1	9,85	EAA/Chama Ar - Acetileno	0,500
LEGENDA: LQ = Limite de quantificação EAA = Espectrofotometria de Absorção Atômica								
MÉTODO DE DIGESTÃO: Digestão com ácido nítrico e fluorídrico em sistema fechado								
NOTA: Os resultados contidos neste relatório têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada. O Relatório de Ensaio só deverá ser reproduzido na íntegra, não deve ser parcialmente reproduzido sem a prévia autorização do Centro de Ecologia da UFRGS.								
 Maria Teresa Raya Rodríguez Eng. Química – CRQ-V: 05300638								
* Ensaios Reconhecidos pela Rede Metroológica –RS, segundo ISO 17025 Cadastro FEPAM Nº: 2/2005-DL								
Versão:03								
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia - Caixa Postal 15007 – CEP: 91.501-970 - Porto Alegre – RS Fone: (51) 3316-6762 - Fax: (51) 3316-7307 – e-mail: ceneco@ecologia.ufrgs.br Home Page: www.ecologia.ufrgs.br Relatório de Ensaio nº 1384-05 - Carina C. Korb.doc(1/1)								

Anexo 3: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T1A1.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T 01 - A 01
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE.SIM(%)	FRE.ACUM(%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	0.0000	0.000	0.0000
-1	2.0000	0.2658	0.850	0.8503
0	1.0000	1.0104	3.232	4.0827
1	0.5000	3.3845	10.827	14.9100
2	0.2500	6.0621	19.393	34.3032
3	0.1250	6.2872	20.113	54.4165
4	0.0620	2.0254	6.479	60.8959
8	0.0039	6.7486	21.589	82.4852
12	0.0002	5.4749	17.515	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 32.3304
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 20.1069
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 19.0354
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 31.2589

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 0.8503
AREIA.....: 60.0456
SILTE.....: 21.5893
ARGILA.....: 17.5148

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA COM LAMA

Anexo 4: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T1A2.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T. 01 A.02
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE. SIM (%)	FRE. ACUM (%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	0.0000	0.000	0.0000
-1	2.0000	0.2659	0.915	0.9154
0	1.0000	1.4039	4.833	5.7485
1	0.5000	3.6022	12.401	18.1494
2	0.2500	5.1809	17.836	35.9852
3	0.1250	4.7792	16.453	52.4380
4	0.0620	1.8990	6.538	58.9755
8	0.0039	6.2617	21.557	80.5322
12	0.0002	5.6550	19.468	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 29.2906
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 17.3739
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 17.1311
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 29.0478

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 0.9154
AREIA.....: 58.0602
SILTE.....: 21.5566
ARGILA.....: 19.4678

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA COM LAMA

Anexo 5: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T1A3.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.01 A.03
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE. SIM (%)	FRE. ACUM (%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	0.2930	0.991	0.9907
-1	2.0000	0.5636	1.906	2.8963
0	1.0000	1.6288	5.507	8.4035
1	0.5000	3.6257	12.259	20.6626
2	0.2500	3.9172	13.245	33.9073
3	0.1250	4.7315	15.998	49.9053
4	0.0620	2.4734	8.363	58.2683
8	0.0039	7.0323	23.777	82.0456
12	0.0002	5.3101	17.954	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 29.8735
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 17.5311
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 17.2332
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 29.5756

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 2.8963
AREIA.....: 55.3720
SILTE.....: 23.7773
ARGILA.....: 17.9544

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA COM LAMA

Anexo 6: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T1A4.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.01 A.04
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE.SIM (%)	FRE.ACUM (%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	0.3665	1.752	1.7516
-1	2.0000	1.7094	8.170	9.9213
0	1.0000	3.9554	18.904	28.8253
1	0.5000	5.9819	28.589	57.4146
2	0.2500	3.3299	15.915	73.3292
3	0.1250	2.1871	10.453	83.7819
4	0.0620	1.2641	6.042	89.8234
8	0.0039	1.4143	6.759	96.5826
12	0.0002	0.7150	3.417	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 21.1478
PESO INICIAL DE GROSSEIROS....: 19.0185
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 18.7943
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 20.9236

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO....: 9.9213
AREIA.....: 79.9021
SILTE.....: 6.7592
ARGILA.....: 3.4174

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA

Anexo 7: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T2A1.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.02 A.01
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE.SIM(%)	FRE.ACUM(%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	0.0000	0.000	0.0000
-1	2.0000	0.0000	0.000	0.0000
0	1.0000	0.0740	0.175	0.1752
1	0.5000	0.3799	0.899	1.0746
2	0.2500	2.0878	4.943	6.0173
3	0.1250	21.0705	49.883	55.9004
4	0.0620	8.5956	20.350	76.2499
8	0.0039	8.4670	20.045	96.2949
12	0.0002	1.5650	3.705	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 43.2810
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 33.2490
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 32.2078
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 42.2398

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 0.0000
AREIA.....: 76.2499
SILTE.....: 20.0450
ARGILA.....: 3.7051

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA

Anexo 8: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T2A2.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.02 A.02
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE.SIM(%)	FRE.ACUM(%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0296	0.087	0.0869
-2	4.0000	0.5539	1.626	1.7128
-1	2.0000	0.5587	1.640	3.3527
0	1.0000	0.7674	2.253	5.6053
1	0.5000	0.8861	2.601	8.2063
2	0.2500	0.7368	2.163	10.3690
3	0.1250	1.7869	5.245	15.6142
4	0.0620	1.4321	4.204	19.8178
8	0.0039	15.4062	45.222	65.0399
12	0.0002	11.9101	34.960	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 34.0405
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 6.7242
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 6.7515
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 34.0678

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 3.3527
AREIA.....: 16.4651
SILTE.....: 45.2221
ARGILA.....: 34.9601

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

LAMA

Anexo 9: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T2A3.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.02 A.03
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE.SIM(%)	FRE.ACUM(%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	0.0000	0.000	0.0000
-1	2.0000	0.7758	2.086	2.0856
0	1.0000	0.0483	0.130	2.2154
1	0.5000	0.1162	0.312	2.5278
2	0.2500	0.1600	0.430	2.9580
3	0.1250	0.2586	0.695	3.6532
4	0.0620	1.1633	3.127	6.7805
8	0.0039	28.1806	75.759	82.5392
12	0.0002	6.4951	17.461	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 37.3710
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 2.6953
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 2.5222
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 37.1979

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 2.0856
AREIA.....: 4.6949
SILTE.....: 75.7587
ARGILA.....: 17.4608

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

LAMA

Anexo 10: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T3A1.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.03 A.01
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE.SIM(%)	FRE.ACUM(%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	0.0000	0.000	0.0000
-1	2.0000	0.1499	0.562	0.5617
0	1.0000	0.6644	2.490	3.0515
1	0.5000	1.1343	4.251	7.3021
2	0.2500	0.8730	3.271	10.5735
3	0.1250	1.2323	4.618	15.1913
4	0.0620	1.3246	4.964	20.1551
8	0.0039	11.6120	43.514	63.6691
12	0.0002	9.6951	36.331	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 26.7967
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 5.4896
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 5.3785
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 26.6856

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 0.5617
AREIA.....: 19.5933
SILTE.....: 43.5140
ARGILA.....: 36.3309

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

LAMA

Anexo 11: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T3A2.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.03 A.02
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE.SIM(%)	FRE.ACUM(%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	0.2673	1.298	1.2982
-1	2.0000	2.8423	13.804	15.1023
0	1.0000	2.4180	11.743	26.8458
1	0.5000	1.3711	6.659	33.5048
2	0.2500	1.1579	5.624	39.1283
3	0.1250	1.7489	8.494	47.6222
4	0.0620	1.4586	7.084	54.7061
8	0.0039	4.5611	22.152	76.8579
12	0.0002	4.7650	23.142	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 20.6934
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 11.3673
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 11.2641
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 20.5902

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 15.1023
AREIA.....: 39.6038
SILTE.....: 22.1518
ARGILA.....: 23.1421

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

LAMA COM AREIA

Anexo 12: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T3A3.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T. 03 A. 03
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE .SIM (%)	FRE .ACUM (%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	1.1620	3.926	3.9257
-1	2.0000	1.9099	6.452	10.3782
0	1.0000	2.8399	9.594	19.9726
1	0.5000	2.6871	9.078	29.0508
2	0.2500	2.7701	9.359	38.4094
3	0.1250	4.0415	13.654	52.0634
4	0.0620	2.3776	8.033	60.0959
8	0.0039	7.9364	26.812	86.9084
12	0.0002	3.8750	13.092	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 29.7234
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 17.9120
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 17.7881
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 29.5995

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 10.3782
AREIA.....: 49.7177
SILTE.....: 26.8125
ARGILA.....: 13.0916

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA COM LAMA

Anexo 13: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T3A4.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001

PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.03 A.04

COLETA : // LATITUDE :

ANALISE: // LONGITUDE:

EQUIP: PROF:

COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE .SIM (%)	FRE .ACUM (%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	0.0000	0.000	0.0000
-1	2.0000	0.3875	1.187	1.1867
0	1.0000	1.7280	5.292	6.4786
1	0.5000	3.4673	10.618	17.0970
2	0.2500	3.5680	10.927	28.0239
3	0.1250	5.0190	15.370	43.3943
4	0.0620	2.6389	8.081	51.4758
8	0.0039	12.1749	37.285	88.7608
12	0.0002	3.6700	11.239	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 32.7919

PESO INICIAL DE GROSSEIROS....: 16.9470

PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 16.8087

PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 32.6536

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO....: 1.1867

AREIA.....: 50.2891

SILTE.....: 37.2850

ARGILA.....: 11.2392

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA COM LAMA

Anexo 14: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T4A1.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T. 04 A.01
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE. SIM (%)	FRE. ACUM (%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0242	0.070	0.0701
-2	4.0000	0.0166	0.048	0.1181
-1	2.0000	0.1297	0.376	0.4937
0	1.0000	0.1810	0.524	1.0178
1	0.5000	1.0704	3.099	4.1172
2	0.2500	3.8446	11.132	15.2494
3	0.1250	17.7399	51.367	66.6163
4	0.0620	5.3730	15.558	82.1741
8	0.0039	5.0413	14.597	96.7714
12	0.0002	1.1150	3.229	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 34.9640
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 28.8077
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 28.3794
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 34.5357

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 0.4937
AREIA.....: 81.6804
SILTE.....: 14.5973
ARGILA.....: 3.2286

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA

Anexo 15: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T4A2.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.04 A.02
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE .SIM (%)	FRE .ACUM (%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	0.0200	0.045	0.0453
-1	2.0000	0.1763	0.399	0.4442
0	1.0000	0.6353	1.437	1.8816
1	0.5000	1.7766	4.020	5.9014
2	0.2500	6.4638	14.625	20.5266
3	0.1250	18.5783	42.036	62.5625
4	0.0620	4.9575	11.217	73.7795
8	0.0039	1.7985	4.069	77.8488
12	0.0002	9.7900	22.151	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 44.8649
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 33.2764
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 32.6078
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 44.1963

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 0.4442
AREIA.....: 73.3353
SILTE.....: 4.0693
ARGILA.....: 22.1512

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA COM LAMA

Anexo 16: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T4A3.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.04 A.03
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE. SIM (%)	FRE. ACUM (%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.6575	2.704	2.7040
-2	4.0000	0.3256	1.339	4.0431
-1	2.0000	1.0876	4.473	8.5160
0	1.0000	0.8475	3.485	12.0014
1	0.5000	0.8590	3.533	15.5342
2	0.2500	1.1532	4.743	20.2769
3	0.1250	4.7476	19.525	39.8019
4	0.0620	4.1037	16.877	56.6789
8	0.0039	8.3437	34.315	90.9934
12	0.0002	2.1900	9.007	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 24.0892
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 13.5555
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 13.7817
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 24.3154

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 8.5160
AREIA.....: 48.1629
SILTE.....: 34.3145
ARGILA.....: 9.0066

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA COM LAMA

Anexo 17: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T5A1.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.05 A.01
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE.SIM(%)	FRE.ACUM(%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	0.3600	1.205	1.2046
-1	2.0000	2.1400	7.161	8.3652
0	1.0000	3.1530	10.550	18.9154
1	0.5000	4.8923	16.370	35.2854
2	0.2500	5.8878	19.701	54.9865
3	0.1250	6.0700	20.311	75.2972
4	0.0620	2.0800	6.960	82.2571
8	0.0039	4.0376	13.510	95.7672
12	0.0002	1.2650	4.233	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 29.9182
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 24.6156
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 24.5831
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 29.8857

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 8.3652
AREIA.....: 73.8919
SILTE.....: 13.5101
ARGILA.....: 4.2329

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA COM LAMA

Anexo 18: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T5A2.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T. 05 A.02
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE. SIM (%)	FRE. ACUM (%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	1.0734	3.428	3.4280
-1	2.0000	3.2423	10.355	13.7827
0	1.0000	3.8315	12.236	26.0191
1	0.5000	4.1609	13.288	39.3074
2	0.2500	4.1269	13.180	52.4872
3	0.1250	4.4321	14.154	66.6417
4	0.0620	2.7523	8.790	75.4315
8	0.0039	5.5431	17.702	93.1339
12	0.0002	2.1499	6.866	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 31.3949
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 23.7019
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 23.6194
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 31.3124

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 13.7827
AREIA.....: 61.6487
SILTE.....: 17.7025
ARGILA.....: 6.8661

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA COM LAMA

Anexo 19: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T5A3.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.05 A.03
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE .SIM (%)	FRE .ACUM (%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.5322	1.242	1.2418
-2	4.0000	0.7439	1.736	2.9777
-1	2.0000	0.3829	0.893	3.8711
0	1.0000	2.2114	5.160	9.0313
1	0.5000	8.7708	20.466	29.4972
2	0.2500	9.1839	21.430	50.9271
3	0.1250	7.0255	16.393	67.3205
4	0.0620	2.6534	6.191	73.5120
8	0.0039	8.3616	19.511	93.0230
12	0.0002	2.9900	6.977	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 42.9612
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 31.6096
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 31.5040
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 42.8556

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 3.8711
AREIA.....: 69.6408
SILTE.....: 19.5110
ARGILA.....: 6.9770

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA COM LAMA

Anexo 20: Análise (sedimentológica) incompleta da amostra T5A4.

CECO- CENTRO DE ESTUDOS DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEANICA

ANALISE INCOMPLETA DA AMOSTRA - PROGRAMA PANICOM / SAG

AMOSTRA: LOTE: 001
PROJETO: BARRAGEM SANTA BARBARA L.H.: T.05 A.04
COLETA : // LATITUDE :
ANALISE: // LONGITUDE:
EQUIP: PROF:
COR:

ESCALA (mm)	ESCALA (PHI)	MATERIAL (g)	FRE .SIM (%)	FRE .ACUM (%)
-4	16.0000	0.0000	0.000	0.0000
-3	8.0000	0.0000	0.000	0.0000
-2	4.0000	0.0000	0.000	0.0000
-1	2.0000	0.1958	0.563	0.5631
0	1.0000	0.7730	2.223	2.7861
1	0.5000	4.0669	11.696	14.4816
2	0.2500	5.3481	15.380	29.8615
3	0.1250	5.3906	15.502	45.3637
4	0.0620	3.3155	9.535	54.8983
8	0.0039	12.0483	34.648	89.5466
12	0.0002	3.6350	10.453	100.0000

PESO INICIAL DA AMOSTRA.....: 34.8445
PESO INICIAL DE GROSSEIROS...: 19.1612
PESO FINAL DE GROSSEIROS.....: 19.0899
PESO FINAL DA AMOSTRA.....: 34.7732

COR DA AMOSTRA:

CLASSIFICACAO POR FREQUENCIA SIMPLES

CASCALHO...: 0.5631
AREIA.....: 54.3352
SILTE.....: 34.6483
ARGILA.....: 10.4534

CLASSIFICACAO TEXTURAL (SHEPARD):

AREIA COM LAMA

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)