

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

CAMPUS DE RIO CLARO

JOÃO MATEUS DE AMORIM

**RISCOS POTENCIAIS DE IMPACTO AMBIENTAL NEGATIVO DA
SUINOCULTURA NA BACIA DO CÓRREGO BEBEDOURO, UBERLÂNDIA-MG.**

Rio Claro - SP

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

CAMPUS DE RIO CLARO

Tese de Doutorado

**RISCOS POTENCIAIS DE IMPACTO AMBIENTAL NEGATIVO DA
SUINOCULTURA NA BACIA DO CÓRREGO BEBEDOURO, UBERLÂNDIA-MG.**

Tese de Doutorado elaborada no Programa de Pós-Graduação em Geografia – Área de Concentração em Organização do Espaço – para a obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Rolando Berríos Godoy

Rio Claro - SP

2011

G330.91 Amorim, João Mateus de
A524r Riscos potenciais de impacto ambiental negativo da
suinocultura na Bacia do Córrego Bebedouro, Uberlândia-
MG / João Mateus de Amorim. - Rio Claro : [s.n.], 2011
204 f. : il., figs., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Manuel Rolando Berríos Godoy

1. Geografia agrícola. 2. Resíduos de suínos. 3.
Desenvolvimento sustentável. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Manuel Rolando Berríos Godoy (Orientador)

Prof. Dr. Cláudio Di Mauro

Prof. Dr. Sylvio Andreozzi

Prof. Dr^a. Cenira Maria Lupinacci da Cunha

Prof. Dr^a. Solange Terezinha de Lima Guimarães

Rio Claro/SP, 02 de dezembro de 2011.

Resultado: Aprovado

Dedico aos meus pais, Lindolfo (in memoriam)

e Maria Mendes, início de tudo e admiração constante.

À minha companheira, Andreia.

Ao meu filho, Pedro, fonte de amor e inspiração incondicionais.

Aos meus irmãos, Fernando (in memoriam), Ana Maria e Lázara,
simplesmente, por existirem em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de bondade e luz em nossas vidas.

Meus agradecimentos especiais ao meu orientador, Prof. Dr. Manuel Rolando Berríos Godoy, pela paciência e pelo incentivo à participação nesta jornada de conhecimentos e pelo apoio que me possibilitaram concluir este importante projeto de minha vida. Agradeço pelas sugestões apresentadas pela banca de qualificação formada pelos professores Dr. Rodrigo Braga Moruzzi e Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha e pela banca de defesa formada pelos professores Dr. Cláudio Antônio di Mauro, Dr^a Cenira Maria Lupinacci da Cunha, Dr^a Solange Terezinha de Lima Guimarães, Dr. Sylvio Luiz Andreozzi, que aceitaram o convite para analisar meu trabalho e contribuíram de forma significativa para a conclusão do mesmo.

A todos os coordenadores, colaboradores, professores e alunos de pós-graduação da UNESP – Rio Claro, especificamente ao Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento, pela dedicação, pelo carinho e pela compreensão nos momentos mais difíceis do desenvolvimento desta tese.

Ao Professor Ruben Carlos Benvegnú Minussi, Diretor Geral do (Instituto Federal do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia), Campus Uberlândia, pelo incentivo e apoio nesta caminhada.

Àqueles que direta e indiretamente me estimularam na concretização deste trabalho; quero destacar os colegas do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia – que me ajudaram neste desafio de desenvolver um trabalho de pesquisa. Eles sempre terão meu reconhecimento e minha admiração.

Agradeço aos meus incentivadores, Professores Valéria G. Nehme, João Antônio, Edilson, Luciana Santos, Nishiyama, entre outras pessoas, e aos Técnicos dos laboratórios da Universidade Federal de Uberlândia (Veloso e Valdemiro Paulino), ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI – e à empresa BIOAGRI, que foram grandes parceiros na efetivação desta importante etapa de minha formação profissional.

Agradeço também à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP – pela ajuda de custo recebida para o desenvolvimento deste trabalho, com o objetivo de me auxiliar financeiramente nos gastos, com laboratório e serviços em geral, muito úteis ao desenvolvimento desta tese.

E a todos que direta ou indiretamente participaram destes três anos de estudos e com quem pude compartilhar grandes reflexões, o meu mais profundo e sincero obrigado!

Finalmente, agradecer a minha família, principalmente, a minha esposa e ao meu filho, pela compreensão nos momentos de introspecção na leitura de livros e outros trabalhos.

É gratificante para mim e para meus familiares o sucesso desta pesquisa de doutorado. Muito obrigado a todos vocês.

Planeta Água
(Guilherme Arantes)

Água que nasce na fonte
Serena do mundo
E que abre o profundo grotão
Água que faz inocente riacho
E deságua na corrente do ribeirão

Águas escuras dos rios
Que levam a fertilidade ao sertão
Águas que banham aldeias
E matam a sede da população

Águas que caem das pedras
No véu das cascatas, ronco de trovão
E depois dormem tranqüilas
No leito dos lagos

Água dos Igarapés
Onde lara Mãe D'água
É misteriosa canção

Água que o sol evapora
Pro céu vai embora
Virar nuvens de algodão

Gotas de água da chuva
Alegre arco-íris sobre a plantação
Gotas de água da chuva
Tão tristes são lágrimas na inundação

Águas que movem moinhos
São as mesmas águas
Que encharcam o chão

E sempre voltam humildes
Pro fundo da terra

Terra, Planeta Água!

RESUMO

O aumento do rebanho de suínos no Brasil, em especial, no Triângulo Mineiro (Minas Gerais), que poderá gerar diversos impactos ambientais nos solos, na água e no ar. Para minimizar os impactos desse processo, foi elaborado a carta de aconselhamento, com vistas à alocação de granjas de suínos em áreas menos vulneráveis aos impactos de seus dejetos (resíduos) percolados na água subsuperficial da bacia do córrego Bebedouro (BCB), afluente do Rio Araguari, no município de Uberlândia - MG. Na carta em questão delimitou-se os locais menos susceptíveis às alterações ambientais geradas por esses empreendimentos, que são áreas de solos argilosos e águas subsuperficiais mais profundas, entre outros atributos, por meio do cruzamento de mapas de declividade, substrato rochoso, materiais inconsolidados e profundidade do nível de água subsuperficial. A qualidade da água subsuperficial da BCB, conforme estudo de caso, foi analisada com vistas a conhecer as possíveis alterações da granja de suínos do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia – neste corpo hídrico. Os parâmetros de análise da água de subsuperfície foram: nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fósforo, cobre, zinco, DBO, sulfeto, coliformes termotolerantes, bactérias heterotróficas, pH e condutividade elétrica. Os parâmetros para a análise química do solo foram: CTC, fósforo, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, zinco, cobre, sulfeto, pH, condutividade e matéria orgânica e para a análise física foram: porosidade, permeabilidade e granulometria. Salienta-se que foram verificados alguns impactos em relação aos parâmetros em tela (DBO, nitrato, fósforo, condutividade, coliformes termotolerantes e bactérias heterotróficas), que estão acima dos limites permitidos pelas normas ambientais do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – e do Ministério da Saúde, obtidos nas análises físico-químicas e biológicas da água subsuperficial e do solo da bacia do córrego Bebedouro. Espera-se com esse estudo contribuir tanto para a melhoria do meio ambiente local como para a qualidade de vida das populações próximas a esses empreendimentos, possibilitando, ao mesmo tempo, as modificações socioespaciais de forma sustentável.

Palavras-Chave: resíduos de suínos, impacto ambiental, desenvolvimento sustentável, suinocultura.

ABSTRACT

The increase in the pork herd in Brazil, especially in the Triângulo Mineiro region (Minas Gerais), will possibly generate several environmental impacts in the soil, water and air. In order to minimize these impacts in the process, a geo-environmental mapping, with the purpose of allocating pork farms in less vulnerable areas to the impacts of its trash (residues) diffused in the sub-superficial water of the basin of Bebedouro stream (BBS), an Araguari River affluent, in Uberlandia – MG. The mentioned map, limited itself to the less tendentious places to environmental changes, caused by these achievements, which are areas with clayey soils and deeper sub-superficial water, among other characteristics, through the crossing of the slope maps, rocky substratum, unconsolidated materials and depth of the sub-superficial water level. The quality of the sub-superficial water in the BBS, according to a case of study, was analyzed aiming at knowing the possible changes in the pork farm of the Instituto Federal do Triângulo Mineiro – IFTM – Uberlandia Campus – in this water body. The parameters of the sub-superficial water analysis were: ammoniac nitrogen, nitrite, nitrate, phosphorus, copper, zinc, bio-chemical Oxygen Demands (BOD), sulfide, thermo tolerant coliforms, heterotrophic bacteria, pH and electric conductivity. The parameters for the chemical analysis of the soil were: cation exchange capacity, ammoniac nitrogen, nitrite, nitrate, phosphorus, copper, zinc, sulfide, pH, conductivity and organic matter, and for the physical analysis were: porosity, permeability and granule metric. It is important to mention that some impacts were noticed related to the parameters in screen (BOD, nitrate, phosphorus, conductivity, thermo tolerant coliforms and heterotrophic bacteria), which are above the limits permitted by the National Environment Council – CONAMA – and of the National Health Department, obtained in the physical-chemical and biological analysis of the sub-superficial water and of the basin of Bebedouro stream soil. It is expected that this work can contribute not only to the development of the local environment, but also to the quality of life of the surrounding residents of the constructions, enabling, at the same time, socio-space modifications in a sustainable way.

Key words: pork residues, environmental impact, sustainable development, pork raising.

SÍMBOLOS

μm - MICRÓNS

MG/L - MILIGRAMA POR LITRO

CU - COBRE

FE - FERRO

P - FÓSFORO

N - NITROGÊNIO

ZN - ZINCO

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

AIA - AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA

APP - ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION

BCB - BACIA DO CÓRREGO BEBEDOURO

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE

CAMARU - CENTRO DE AMOSTRA E APRENDIZAGEM RURAL

COPAM - CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL

CPRM - COMPANHIA PESQUISAS RECURSOS MINERAIS

DBO - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

DQO - DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

EIA - ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

EPAMIG – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS

FAO – *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS*

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE

GPS – SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL

HC – HIDROCARBONETO

IAEG – INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY

IEF – INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

IGAM – INSTITUTO DE GESTÃO ÁGUAS DE MINAS GERAIS

INCRA – INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA

IPEA – INSTITUTO PESQUISA ECONÔMICA APLICADA

IQA – ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUAS

ISO – INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION

MS – MINISTÉRIO DA SAÚDE

MDL – MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

OD – OXIGÊNIO DISSOLVIDO

ONG - ORGANIZAÇÃO NÃO-GOVERNAMENTAL

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS

PCT – PROJETO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA

PCA – PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL

pH – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

P+L – PRODUÇÃO MAIS LIMPA

PNRH – PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO

POLOCENTRO – PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DO CERRADO

PRAD – PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

RIMA - RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL

RCA – RELATÓRIO DE CONTROLE AMBIENTAL

RPPN – RESERVA PARTICULAR PROTEÇÃO NATURAL

SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

SEMA - SECRETARIA ESPECIAL DE MEIO AMBIENTE

SEPLAMA – SECRETARIA DE PLANEJAMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE

SESI - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL

SNRH – SISTEMA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

SMEWW - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER.

UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

UFU – UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

UNICAMP – UNIVERSIDADE DE CAMPINAS

USEPA – AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL AMERICANA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1: Interação entre as quatro esferas	34
Figura 1. 2: Representação esquemática da funcionalidade dos sistemas	36
Figura 1. 3: Bacia Hidrográfica.....	38
Figura 1. 4: Aquíferos e suas formações estruturais.....	43
Figura 1. 5: Representação esquemática dos aquíferos.....	44
Figura 1. 6: Fluxos da água subterrânea	44
Figura 1. 7: Esquema dos riscos de contaminação dos aquíferos.....	48
Figura 1. 8: Fluxograma da Gestão Ambiental.....	56
Figura 2. 1: Fontes de poluição difusa de corpos hídricos.....	69
Figura 2. 2: Fontes de poluição pontual em corpos hídricos.....	70
Figura 2. 3: Efeitos ambientais da Suinocultura.....	75
Figura 2. 4: Sustentabilidade sob o enfoque sistêmico.....	76
Figura 2. 5: Esquema dos problemas ambientais dos dejetos de suínos	78
Figura 2. 6: Fluxograma do sistema de tratamento de dejetos de suínos.....	81
Figura 2. 7: Interação entre os dejetos de animais e as doenças infecciosas no homem	82
Figura 2. 8: Gestão sustentável da suinocultura.....	87
Figura 2. 9: Crédito de carbono	89
Figura 2. 10: Participação dos projetos de MDL no Brasil	92
Figura 2. 11: Localização das granjas suínícolas envolvidas no projeto de MDL	93
Figura 2. 12: Número de projetos por escopo setorial no Brasil	94
Figura 3. 1: Fluxograma metodológico da carta de aconselhamento para a alocação de granjas suínos.....	110
Figura 3. 2: Esquema de avaliação da vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos.....	111
Figura 3. 3: Dados de pluviosidade de Setembro (2010) e Janeiro (2011) de Uberlândia (MG)	115
Figura 3. 4: Transecto da area experimental	116
Figura 3. 5: Imagem orbital de localização dos pontos de coleta	117
Figura 3. 6: Fotos do local de pesquisa	118
Figura 3. 7: Visualização do ponto 1 (área de nascente).....	119

Figura 3. 8: Detalhes dos pontos de coleta a montante, a jusante e na lateral da granja	120
Figura 3. 9: Perfil do poço 2 a montante da granja de suínos.....	121
Figura 3. 10: Perfil poço 3 na lateral próximo a uma moita de bananeira	122
Figura 3. 11: Perfil do poço 4 a jusante do biodigestor	122
Figura 3. 12: Perfil do poço 5 a jusante da granja de suínos	123
Figura 3. 13: Perfil do poço 6 na lateral da granja de suínos	124
Figura 3. 14: Sistema de peneiramento para classificação das partículas do solo	126
Figura 3. 15: Permeâmetro de Guelph.....	128
Figura 3. 16: Representação esquemática do permeâmetro de Guelph.....	129
Figura 3. 17: Distribuição dos poros, águas e ar no solo	130
Figura 3. 18: Modelo de ensaio de amostra de solo em cilindro	131
Figura 3. 19: Perfil esquemático do plano de amostragem adaptado na BCB.....	133
Figura 3. 20: Condição específica para a construção de poços de monitoramento.....	134
Figura 4. 1: Coeficientes de permeabilidade da área de estudo	138
Figura 4. 2: Porosidade da área de estudo em superfície	139
Figura 4. 3: Curva Granulométrica do solo em subsuperfície a jusante da granja.....	140
Figura 4. 4: Curva Granulométrica de solo em superfície a jusante da granja	141
Figura 4. 5: Curva granulométrica de solo superficial na área de montante da granja	141
Figura 4. 6: Gráfico da condutividade elétrica da água subsuperficial da BCB.....	146
Figura 4. 7: Gráfico de cobre da água subsuperficial da BCB	147
Figura 4. 8: Gráfico de zinco da água subsuperficial da BCB.....	148
Figura 4. 9: Gráfico Bactérias heterotróficas da água subsuperficial da BCB.....	148
Figura 4. 10: Gráfico de coliformes termotolerantes da água subsuperficial da BCB	149
Figura 4. 11: Gráfico de pH da água subsuperficial da BCB.....	150
Figura 4. 12: Gráfico de fósforo da água subsuperficial da BCB	151
Figura 4. 13: Gráfico de Nitrogênio Amoniacal da água subsuperficial da BCB	151
Figura 4. 14: Gráfico de Nitrito da água subsuperficial da BCB.....	152
Figura 4. 15: Gráfico de Nitrato da água subsuperficial da BCB.....	153
Figura 4. 16: Gráfico de DBO da água subsuperficial da BCB	153

Figura 4. 17: Gráfico de OD da água subsuperficial da BCB..... 155

LISTA DE MAPA

Mapa 1. 1: Representação esquemática dos principais aquíferos do Brasil.....	45
Mapa 1. 2: Mapa de delimitação do aquífero Guarani	46
Mapa 2. 1: Mapa da produção de suínos no Brasil.....	72
Mapa 3. 1: Mapa de localização da área de estudo.....	96
Mapa 3. 2: Mapa de geologia da BCB	99
Mapa 3. 3: Mapa de geomorfologia da BCB	101
Mapa 3. 4: Mapa hipsométrico da BCB	103
Mapa 3. 5: Mapa de solos da BCB	105
Mapa 5. 1: Carta de declividade da BCB	167
Mapa 5. 2: Mapa de nível de água da BCB	168
Mapa 5. 3: Mapa do tipo de material inconsolidado da BCB	169
Mapa 5. 4: Mapa de espessura dos materiais inconsolidados da BCB	170
Mapa 5. 5: Carta de aconselhamento para a alocação de granjas na Bacia Córrego Bebedouro.....	178
Mapa 5. 6: Diagnóstico Agroecológico do município de Uberlândia	182

LISTA DE TABELA

Tabela 1. 1: Comparação entre pensamento Linear e sistêmico.....	27
Tabela 1. 2: Principais metodologias de mapeamento geotécnico.....	50
Tabela 1. 3: Informações importantes para o planejamento de uso e ocupação do solo.....	52
Tabela 1. 4: Atributos e os meios de obtenção.....	53
Tabela 1. 5: Tipos de atributos e os fatores relacionados à ocupação.....	54
Tabela 1. 6: Diferenciação entre o paradigma cartesiano e o paradigma sustentável.....	57
Tabela 2. 1: Exemplos das ações humanas, aspectos e impactos ambientais.....	60
Tabela 2. 2: Histórico dos acidentes e incidentes ambientais após 1950.....	63
Tabela 2. 3: Teores médios de minerais em rações para ciclo completo de criação de suínos.....	79
Tabela 2. 4: Comparação de dados de (DBO) entre o esgoto e os dejetos de suínos em SC.....	79
Tabela 3. 1: Dados climatológicos de Uberlândia no período de 1981 a 2003.....	102
Tabela 3. 2: Matrizes dos cruzamentos dos atributos físicos da Carta de Aconselhamento da BCB.....	112
Tabela 3. 3: Caracterização física dos poços de monitoramento.....	116
Tabela 3. 4: Dados para o parâmetro α	127
Tabela 3. 5: Grau de permeabilidade utilizado na BCB.....	128
Tabela 3. 6: Metodologia de análise do solo da BCB.....	135
Tabela 3. 7: Metodologia de análise da água subsuperficial da BCB.....	136
Tabela 4. 1: Coeficiente de permeabilidade da área de estudo.....	138
Tabela 4. 2: Comparação qualitativa dos resultados de amostragem química do solo da BCB.....	143
Tabela 4. 3: Resultados da coleta da água subsuperficial em período seco e chuvoso.....	145
Tabela 4. 4: Dados comparativos (legislação ambiental) acerca da água.....	145
Tabela 5. 1: Uso da terra e cobertura vegetal da bacia do córrego Bebedouro (BCB).....	164
Tabela 5. 2: Granulometria dos solos da BCB – Uberlândia – MG.....	175
Tabela 5. 3: Paradigmas de Gestão Ambiental como medidas preventivas e corretivas.....	180

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	20
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	20
CAPÍTULO 1 - LEVANTAMENTO TEÓRICO: OS PRESSUPOSTOS DE UMA INVESTIGAÇÃO	26
1.1 ABORDAGEM SISTÊMICA	26
1.2 – ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CONCEITOS E DEFINIÇÕES.....	42
1.3 – O MAPEAMENTO GEOTÉCNICO COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL	49
1.4 – CAMINHOS DA SUSTENTABILIDADE: PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL	55
CAPÍTULO 2 - IMPACTO AMBIENTAL: UMA AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO DA SUINOCULTURA BRASILEIRA	59
2.1 - IMPACTOS AMBIENTAIS E SEUS PRESSUPOSTOS.....	61
2.1.1- POLUIÇÃO HÍDRICA.....	66
2.1.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DA SUINOCULTURA	70
2.1.3 - DEJETOS DE SUÍNOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS	73
2.2 - GESTÃO SUSTENTÁVEL DA SUINOCULTURA (BRASIL <i>FOODS</i>).....	83
2.3 – PRODUÇÃO DE SUÍNOS: GLOBALIZAÇÃO E AS QUESTÕES AMBIENTAIS	90
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA E PRESSUPOSTOS TEÓRICOS.....	95
3.1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	95
3.2 - ABORDAGEM TEÓRICA DO MÉTODO.....	106
3.3 - METODOLOGIA OPERACIONAL	108
3.3.1 - PROCEDIMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE POÇOS DE MONITORAMENTO E O PLANO DE AMOSTRAGEM.....	132
3.3.2 - ENSAIOS DE LABORATÓRIO	135
CAPÍTULO 4 - QUALIDADE DA ÁGUA SUBSUPERFICIAL: O CASO DA GRANJA DE SUÍNOS DO IFTM – CAMPUS UBERLÂNDIA.....	137
4.1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO DA BCB.....	137
4.2 - QUALIDADE DA ÁGUA SUBSUPERFICIAL DA BACIA DO CÓRREGO BEBEDOURO	144
CAPÍTULO 5 - GEOGRAFIA FÍSICA E A COMPLEXIDADE AMBIENTAL: O DESAFIO DA ALOCAÇÃO DE GRANJAS DE SUÍNOS VIA CARTA DE ACONSELHAMENTO NA BCB.....	157
5.1 - PERSPECTIVA METODOLÓGICA DA GEOGRAFIA NO CONTEXTO AMBIENTAL.....	157
5.1.2 – GEOGRAFIA FÍSICA OU AMBIENTAL E SUAS COMPLEXIDADES.....	160

5.2: UMA PROPOSTA PREOCUPADA COM O USO E OCUPAÇÃO SUSTENTÁVEL DA BACIA DO CÓRREGO BEBEDOURO	164
5.3 – CARTA DE ACONSELHAMENTO: UMA ANÁLISE DE SEUS ATRIBUTOS FÍSICOS	165
5.3.1- RESIDUAIS DE PEQUENA ESPESSURA DA FORMAÇÃO MARÍLIA (RMA)	171
5.3.2 - RESIDUAIS DA FORMAÇÃO MARÍLIA ARENOSO (RMA - AR I)	171
5.3.3 - RESIDUAIS DE PEQUENA ESPESSURA - FORMAÇÃO SERRA GERAL (RSG-I).....	171
5.3.4 - RESIDUAIS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL (RSG – II)	171
5.3.5 - RESIDUAIS DE PEQUENA ESPESSURA DO GRUPO ARAXÁ (RGAY-I).....	172
5.3.6 - RETRABALHADOS ARGILOSOS - CONTRIBUIÇÃO DOS RESIDUAIS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL (ARG).....	172
5.3.7 - RETRABALHADOS ARGILOSOS I - COLÚVIOS DAS FORMAÇÃO SERRA GERAL E MARÍLIA (ARG - I)	172
5.3.8 - RETRABALHADOS ARGILOSOS II - COBERTURA DE CHAPADAS (ARG - II).....	173
5.3.9 - ÁREAS HIDROMÓRFICAS	173
5.3.10 - DEPOSITO DE TALUS, COLUVIONARES E ALUVIONARES.....	173
5.4 – CONFECÇÃO DA CARTA DE ACONSELHAMENTO PARA LOCAÇÃO DE GRANJAS NA BCB.....	174
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	183
REFERÊNCIAS	189

INTRODUÇÃO

Considerações Iniciais

A escolha deste tema deve-se ao aumento do rebanho de suínos no Brasil, em especial, no Triângulo Mineiro (MG), que está gerando diversos impactos ambientais adversos nos solos, na água e no ar. A escolha da área deve-se à intensa ocupação do solo pela agropecuária (granjas de suínos e aves, estábulos de bovinos e equinos, um frigorífico de suínos e plantações de milho, soja, pastagens e hortaliças) na região do Triângulo Mineiro.

As áreas rurais foram impulsionadas e modificadas para sustentar, tanto a produção de alimentos quanto o fornecimento de recursos naturais (areia, argila, cascalho, minério de ferro, madeira, etc.), ao que se agrega o aumento populacional e a concentração de indústrias agora nos espaços urbanos. Os grandes confinamentos de animais (suínos, bovinos e aves), sob o aspecto econômico, geram renda e alimentos (carne) para a população; já para o enfoque ambiental, provocam diversos impactos via dejetos (resíduos) e outros. Para abastecer a população, de uma forma geral, necessita-se de grandes quantidades de alimentos, de energia e de outros recursos naturais.

A concentração de granjas e frigoríficos ou empreendimentos agroindustriais, dependendo do tamanho, sem Estudos de Impacto Ambiental e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA-RIMA), agrava, ainda mais, os impactos no meio ambiente, podendo alterá-lo ou modificá-lo. Constatou-se que essa situação em bacias hidrográficas que contam com granjas de suínos provoca grandes impactos, os quais são gerados pelos estrumes desses animais. Essa pesquisa analisou a dinâmica dos impactos ambientais dos dejetos de suínos nas águas de subsuperfície da bacia córrego Bebedouro (BCB), no município de Uberlândia (MG), a partir da conexão entre as diversas partes que compõem a área de estudo, ou seja, a relação entre o solo e o processo de infiltração da água no solo.

Para o entendimento acerca da qualidade da água de subsuperfície do entorno da granja, objeto de pesquisa, é necessário correlacionar os dados de granulométrica do solo, de permeabilidade, de porosidade, com as características dos poluentes (resíduos de suínos) e, por fim, a distância da fonte poluidora e a sua relação com o local impactado, água, solo ou ar atmosférico.

Salienta-se que a escolha de análise da água de subsuperfície, deu-se por serem elas mais susceptíveis aos danos ambientais no solo de uma forma geral. Para entendimento desta questão, Nishiyama (1998) classificou no município de Uberlândia, em sua pesquisa de doutorado, a profundidade do NA (nível de água) em “aflorante a subsuperficial” de (1 a 2 m), de “subsuperficial a média” de (2 a 10m) e de “profundo” quando os valores eram superiores a 10 metros. Percebe-se, guardadas as devidas proporções, uma correlação entre o estudo na BCB e o do referido autor, pois ambos encontram-se na cidade de Uberlândia.

Nesse contexto, esta pesquisa visa a estabelecer a relação causa-efeito face aos impactos ambientais oriundos da granja de suínos que pertence ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) Campus Uberlândia, por meio de coletas em 2 pontos (1 e 2) de montante e em 6 pontos de jusante, sendo 4 principais (3, 4, 5 e 6), com coleta em subsuperfície e 2 pontos secundários (A e B), com coleta em superfície, na área brejosa.

Salienta-se que a granja de suínos em questão foi contruída no ano de 1970, em Área de Preservação Permanente (APP), por decisão da direção do antigo Colégio Agrícola de Uberlândia, sem planejamento ambiental, visto que já estava em vigor o Código Florestal de 1965. Sendo assim, pode se afirmar que essa decisão concorre para aumentar os riscos potenciais de impacto negativo nas proximidades da granja de suínos pertencente ao IFTM – *campus* Uberlândia.

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar o meio físico a fim de apontar uma metodologia cartográfica (carta de aconselhamento) para identificar o(s) local (is) mais adequado(s) para a construção de granjas de suínos, desde que estas considerem as devidas cautelas técnicas. Para tal efeito, tomaremos como base de experimentação a BCB nas proximidades do IFTM Campus Uberlândia - MG. Já os objetivos específicos em questão são:

- a) Conhecer os impactos ambientais advindos da implantação de granjas de suínos no âmbito local e propor novas e mais sustentáveis (do ponto de vista ambiental) formas de ocupação, para esses empreendimentos;
- b) correlacionar a qualidade da água em subsuperfície, por meio dos seguintes parâmetros: pH, zinco, cobre, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, fósforo, DBO, OD, coliformes termotolerantes, bactérias heterotróficas, sulfeto e condutividade elétrica, com os aspectos físico-químicos do solo;
- c) Elaborar a carta aconselhamento, com vistas à alocação de granjas de suínos na bacia do córrego do Bebedouro, com base na metodologia de Zuquette (1987);

Com esses objetivos, pretende-se verificar duas hipóteses: 1) a possível contaminação nas águas subsuperficiais e 2) a possibilidade de mitigar os danos ambientais dos dejetos de suínos na bacia do córrego em questão, com uma localização adequada em relação aos impactos ambientais, frente às possíveis vulnerabilidades deste espaço.

Para comprovar essa hipótese, a partir de um estudo de caso, foram analisados os dados das coletas de água de subsuperfície realizadas nos dias 6 de setembro de 2010 (estação do ano de período seco) e 25 de fevereiro de 2011 (estação do ano de período chuvoso) e, em seguida, foram confrontados os dados de montante com os de jusante, com vistas, não somente a confirmá-los, mas também a obter respostas e explicações para as perguntas acerca dos impactos ambientais da granja de suínos, de propriedade do IFTM – Campus Uberlândia, como já dito.

Ressalta-se que foram realizadas 2 amostras, sendo uma no período seco e outra no chuvoso, com o objetivo de mostrar uma tendência nos resultados. É relevante registrar que os dados obtidos não são de caráter conclusivo.

A partir desse levantamento, pretende-se elaborar uma carta de aconselhamento, a fim de propor os locais (espaço físico), principalmente áreas de APP e de recarga de aquíferos, menos vulneráveis, aos impactos dos dejetos de suínos lixiviados e que estão contaminando as águas subterrâneas de uma forma geral na BCB.

Para a compreensão e o conhecimento da hipótese em questão, Praia; Cachapuz; Gil-Pérez (2002) comentam que esta deve estar apoiada em um arcabouço teórico consistente e vinculado a experimentações e observações, as quais servirão de suporte à investigação, contribuindo para a formulação e a explicação dos resultados analisados. Em relação à hipótese, os autores em questão, destacam os referenciais que a estruturam:

Uma vez formulada a hipótese torna-se necessário (sic), em seguida, a sua confirmação. Duas vias são possíveis. A confirmação positiva e a negativa. No entanto, há que ter (sic) presente que o processo de confirmação positiva nada nos diz sobre a verdade da hipótese, já que esta pode ser falsa, mas confirmada. Porém, uma sistemática e persistente confirmação positiva pode ajudar a tornar o trabalho científico mais apoiado e fazer progredir o programa de investigação a ele associado (Praia; Cachapuz; Gil-Pérez (2002, p. 254).

Espera-se, então, com este projeto, propor a alocação de granjas de suínos via carta de aconselhamento, nos locais menos vulneráveis à contaminação na bacia do córrego Bebedouro. Considera-se que seja possível aplicar esses conhecimentos em outras realidades, uma vez ressaltadas as devidas proporções, utilizando-se, para tanto, os mesmos critérios de investigação.

Estima-se este trabalho justifica-se pela grande quantidade de granjas de suínos presentes na região do Triângulo Mineiro, cujos efluentes líquidos impactam o meio ambiente do local e entorno. Como um dado significativo, O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (BRASIL, 2010) – afirma que o município de Uberlândia é o maior produtor de suínos do Brasil, com aproximadamente 538.203 cabeças, em 2006. A minimização dos impactos ambientais advindos da instalação de granjas de suínos implica na análise dos atributos físicos do solo e na profundidade da água subsuperficial para que não ocorra a poluição das águas subterrâneas.

Para a elaboração desta pesquisa, fez-se necessário entender os aspectos hidrológicos subsuperficiais na sua interdisciplinaridade com outros conhecimentos. Coelho Neto (1995) comenta que esse processo configura-se a partir da interação sistêmica com o solo, com a geomorfologia, com a geologia, com a climatologia, com a vegetação e com o processo de uso e ocupação do solo; não apenas no que se refere à manutenção da dinamicidade do ciclo hidrológico, mas também no que

tange ao surgimento de outros fenômenos interligados à ciclagem dos nutrientes no solo e à qualidade das águas subterrânea e superficial.

Nesse enfoque, de forma a enfatizar a abordagem sistêmica, é necessário fazer uma ponte entre os conceitos apresentados e relacioná-los com a bacia hidrográfica e à lixiviação de resíduos no solo, podendo-se, enfim, alterar a qualidade da água subsuperficial ou da subterrânea.

Levando em consideração o exposto, salienta-se que, embora exista uma preocupação, nessa pesquisa, com os impactos ambientais ligados à produção de suínos, sem os cuidados com os atributos do meio ambiente, este trabalho visa a garantir a produção desses animais de forma sustentável, por meio da alocação de granjas de suínos de forma planejada, a partir da carta de aconselhamento, em áreas menos vulneráveis à contaminação da água subsuperficial.

Salienta-se que os resíduos de suínos, oriundos da produção destes animais, poderão contaminar o meio ambiente de forma aleatória e sem controle. No entanto, por meio da gestão ambiental, estes impactos poderão ser amenizados ou até controlados.

Em consonância com os aspectos apresentados, procura-se, para o desenvolvimento dessa tese, seguir um arcabouço que nos possibilite expor os referenciais teóricos utilizados e que permitam entender a problemática ambiental em questão. Para tanto, o trabalho foi dividido em duas partes principais, as quais são interrelacionadas e conectadas.

Na primeira parte, apresentam-se dois capítulos, um e dois, os quais discutem os principais pontos teóricos para o desenvolvimento desta pesquisa. No capítulo um, propõe-se uma discussão acerca do conhecimento científico e seus pressupostos teóricos. Verifica-se, nessa parte, a abordagem sistêmica, a legislação ambiental, a dinâmica das águas subsuperficiais, com o objetivo de conhecer a vulnerabilidade à contaminação das águas subsuperficiais, principalmente, a utilização do mapeamento geotécnico para a confecção da carta de aconselhamento.

No capítulo dois, discute-se a questão ambiental na suinocultura brasileira. Para tanto, foram enfocados os impactos ambientais deste setor e suas possibilidades de

contaminação do solo, da água e do ar atmosférico. Além do mais, apresenta-se a gestão da suinocultura, em Uberlândia, e região.

Em seguida, na segunda parte dessa tese, um pouco mais extensa, estão os capítulos três, quatro e cinco em que é estruturada a metodologia dessa pesquisa, no que se refere à qualidade da água subsuperficial do entorno da granja do IFTM – Campus Uberlândia e, por fim, a carta de aconselhamento. Esses capítulos são os pilares centrais da pesquisa, possibilitando a construção pragmática desta tese, ou seja, trata-se da práxis deste trabalho.

No capítulo três, elabora-se a metodologia, ou seja, os caminhos técnicos para a execução da pesquisa. No capítulo quatro, apresentam-se a discussão, os resultados da qualidade da água de subsuperfície e os dados do solo, tanto físico (permeabilidade, porosidade e textura) quanto químico (pH, zinco, cobre, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, fósforo, sulfeto e condutividade elétrica), a fim de mostrar a realidade ambiental desse local, ou seja, possibilitando a contextualização do objeto de estudo (produção de suínos) e seus impactos ambientais.

No capítulo cinco, parte central da pesquisa, apresentado no título, propõe-se a construção de uma carta de aconselhamento, com base na metodologia de Zuquette (1987), a partir do cruzamento de dados da água de subsuperfície, da declividade e dos materiais inconsolidados oriundos de processos de origem cenozóica.

Pode-se concluir que a análise da água subsuperficial e do solo possibilitaram estabelecer considerações relevantes a respeito da situação ambiental da granja do IFTM – Campus Uberlândia, objeto desta pesquisa, no âmbito da BCB. Salienta-se que este trabalho será importante para a minimização dos impactos ambientais desse setor, no espaço rural.

CAPÍTULO 1 - LEVANTAMENTO TEÓRICO: OS PRESSUPOSTOS DE UMA INVESTIGAÇÃO

Na revisão bibliográfica, é imprescindível fazer uma abordagem sistêmica, procurando direcioná-la para a obtenção de elementos que sustentem os pontos principais desta pesquisa. O foco principal deve ser o entendimento referente aos impactos adversos dos dejetos de suínos nas águas de subsuperfície. Além disso, deve-se analisar os possíveis tratamentos desses resíduos e pensar na melhor forma de fazer a disposição final no meio ambiente (solo ou água, ou seu processamento para obter outros produtos úteis como biogás e adubo orgânico).

1.1 Abordagem Sistêmica

O método sistêmico iniciou-se no movimento científico com Bertalanffy (1973), a partir da década de 1940, e foi intitulado como Teoria Geral dos Sistemas, também conhecido como “Sistema Aberto”. Para Morin (2003), sistema é integrado, complexo, inacabado, contrários, irregular, dentre outros. Ele também diz que:

sistema também oscila entre o modelo ideal e o reflexo descritivo dos objetos empíricos, e não é na verdade nem um nem outro. Os dois pólos de apreensão antagônicos são aqui complementares, apesar de permanecerem antagônicos [...] O conceito de sistema não é uma receita, um vagão que nos leva rumo ao conhecimento. Ele não oferece nenhuma segurança. É preciso sobrepô-lo, corrigi-lo, guiá-lo. É uma noção-piloto, mas não à condição de ser pilotada (MORIN, 2003, p. 178).

Assim, fica claro que estudar e entender o objeto a partir da visão sistêmica exige uma compreensão que vai além do conhecimento fragmentado e clássico, ou seja, deve-se contextualizá-lo, com base no todo, de forma ampla. A abordagem

sistêmica, nessa perspectiva, deve correlacionar, na pesquisa, a totalidade, a complexidade, a contextualização, o processual, as redes e conexões, a organização, a ordem, a desordem, o caos, o uno, o diverso, a relatividade, a dualidade, a multiplicidade, a cisão, o antagonismo, a hierarquização, as interações, os sistemas abertos, entre outros pontos (MORIN, 2003).

O pensamento Linear exige solução pronta e acabada enquanto o pensamento sistêmico busca a contextualização dos fatos. O problema, sob a ótica deste, baseia-se na complexidade e nas incertezas do resultado. O objeto de estudo daquele depende da previsibilidade de suas ações. Para reforçar essa discussão, torna-se necessário apresentar as diferenças entre o pensamento linear e o sistêmico, segundo a descrição na Tabela 1.1.

Tabela 1. 1: Comparação entre pensamento Linear e sistêmico

PENSAMENTO LINEAR	PENSAMENTO SISTÊMICO
Existe um problema	Existe um problema
Ele tem uma causa única	Ele está encaixado nas circunstâncias
Ele exige uma solução única	Ele exige solução
A solução pode ser avaliada em termos de seu impacto sobre o problema	A solução terá outros efeitos além do impacto que se pretende que tenha sobre o problema
A solução permanecerá	É prudente tentar prever os resultados. A solução pode ser avaliada identificando-se o conjunto de resultados esperados e inesperados. A solução não permanecerá uma vez que as circunstâncias mudem.

Fonte: Hampton (1991 apud MAGALHÃES JÚNIOR, 2007, p. 111)

Na discussão em relação aos sistemas ambientais como método, Bertalanffy (1973) afirma que, nesta abordagem, o todo é maior que as partes, ou seja, estas perdem qualidades ao serem analisadas de forma separada e fragmentada. Uma análise que se baseia apenas nas partes, sem levar em consideração o todo, está amparada na visão reducionista, cartesiana e mecanicista. Neste ponto, a especialização da ciência gera progresso devido à profundidade da investigação, mas, ao mesmo tempo, perde parte do todo ao fragmentar-se, gerando avanços e retrocessos. Neste sentido, o cientista tem uma visão do todo a partir de uma visão fragmentada, gerando conhecimentos e teorias desconectadas do todo. Salienta-se que essa situação está em crise de limite e de conhecimento da natureza.

No presente trabalho, a abordagem sistêmica, em suas diferentes tendências, como método, está amparada nos autores elencados por Christofletti (1999) em sua pesquisa, quais sejam, Bertalanffy, Bertrand, Sotchava, Ab' Saber, Tricart; Christofletti, Troppmair, Prigogine, Lovelock, e outros (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Nesse contexto, fica evidente um entendimento entre Sotchava, apontado por Christofolletti (1999, p. 43) em relação às questões discutidas na visão sistêmica. Por isso, infere-se que há uma aproximação teórico-metodológica entre esses autores, com referência à questão dos subsistemas e suas divisões: um “aninhamento hierárquico espacial” e suas interações, com vistas a estabelecer trocas de energia e fluxos de matéria, entre outros aspectos, no âmbito dos sistemas ambientais.

Para a compreensão do sistema ambiental, deve-se distinguir ecossistema de geossistema. Sobre este assunto, Christofolletti (1999) postula o seguinte: “O ecossistema é definido como sendo área relativamente heterogênea de organismos interagindo com o seu ambiente. [...] sem a presença dos seres vivos não há a existência de ecossistemas” (CHRISTOFOLLETTI, 1999, p. 35). Para esse autor “[...] os geossistemas, também designados como sistemas ambientais físicos, representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza (climatologia, topografia, geologia, águas, vegetação, animais, solos) [...]” (CHRISTOFOLLETTI, 1999, p. 37).

Ainda no mesmo posicionamento teórico, Christofolletti (1999) cita que a pesquisa deve envolver e englobar a complexidade ambiental e a concepção sistêmica, de forma interativa e dinâmica. Neste estudo, analisar-se-á o meio ambiente na perspectiva do sistema aberto, da complexidade, do equilíbrio dinâmico, de forma integrativa com todos os elementos, mas, mesmo assim, ainda é necessário descrever e entender a morfologia e as características da paisagem, ou seja, a climatologia, a geologia, a pedologia, a geomorfologia e a hidrogeologia, entre outros. Apesar das críticas ao método mecanicista, entende-se que não é possível compreender a bacia sem que sejam descritas suas partes, como o solo, a vegetação, o climatologia, a água, os animais, dentre outras.

Nesse sentido, aborda-se a questão das interações entre os vários tipos de matéria e de energia, que podem ser estáveis em um momento e instáveis em outro. Atribui-se a isto o conceito de “equilíbrio dinâmico”, apresentado por (CAPRA, 2006). Sendo assim, um efeito sério em um determinado local pode dispersar-se no ecossistema ou na biosfera como um todo.

Na abordagem sistêmica, os sistemas ambientais são explicados e conhecidos a partir dos elementos e das interações que se apresentam no espaço geográfico. Mas, para entendê-la, é preciso também fragmentá-la, para que se possa compreender as partes no todo e de forma individual. Dessa forma, “a abordagem sistêmica é necessária para compreender como as entidades ambientais físicas, por exemplo, expressando-se em organizações espaciais, se estruturam e funcionam como diferentes unidades complexas em si mesmas e na hierarquia de aninhamento” [...] (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 1).

Nesse enfoque, a totalidade, as conexões e a teia entre as partes tornam-se um ponto crucial na pesquisa acerca dos sistemas ambientais. Como nos mostra Christofolletti,

A totalidade aplica-se às entidades constituídas por um conjunto de partes, cuja interação resulta numa composição diferente e específica, independente da somatória dos elementos componentes. O todo assume uma estrutura e funcionalidade diferenciada dos seus subcomponentes. Em novo nível hierárquico, cada componente do todo possui características específicas, podendo ser considerado como unidade, sendo também analisada como uma totalidade [...] (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 3).

Para Morin (2003), a totalidade baseia-se na complexidade da teia de relações, que o autor apresenta da seguinte forma:

[...] Há na totalidade buracos negros, ofuscações, zonas de sombra, rupturas. A totalidade traz em si suas divisões internas que não são apenas as divisões entre as partes distintas. São cisões, fontes eventuais de conflitos e até de separações. É muito difícil conceber a idéia de totalidade em um universo dominado pela simplificação reducionista. E, uma vez concebida, será derrisório conceber a totalidade de maneira simples e eufórica. A verdadeira totalidade é sempre fendida, fissurada, incompleta. A verdadeira concepção da totalidade reconhece a insuficiência da totalidade [...] (MORIN, 2003, p. 162).

Outro aspecto que, para Christofolletti, deve ser destacado refere-se à complexidade existente no entendimento da não-linearidade e do caos que existe na natureza. Nas palavras do autor, “[o] estudo da complexidade vem sendo considerado uma importante revolução na ciência, reformulando e ultrapassando a concepção mecanicista e linear dos sistemas. As bases [...] da maior parte da natureza é não-

linear, comportando-se como sistemas dinâmicos e caóticos etc.) [...]” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 3).

Ainda a esse respeito, Morin (2003, p. 135) afirma que a complexidade é: “[a] primeira e fundamental complexidade do sistema é (sic) associar em si a idéia de unidade, por um lado, e a de diversidade ou multiplicidade do outro, que, em princípio, se repelem e se excluem [...]”.

Outra questão levantada por Christofolletti (1999) refere-se à própria definição de ecologia. Para o autor, a Ecologia é uma ciência que explica as interações entre os organismos vivos e seus meio ambientes. O autor explicita ainda que, para a pesquisa, o ecossistema já expressa a idéia de sistemas e de conexões que se inter-relacionam e interagem. Em suas próprias palavras,

“[...] [a] Ecologia é definida como o estudo das interações entre organismos e seus ambientes [...] e relações entre organismos vivos e entre os organismos e seus ambientes, especialmente comunidades de plantas e animais, seus fluxos de energia e suas interações com a circunvizinhança [...]” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 36).

No estudo dos sistemas ambientais, a organização espacial é também uma característica a ser analisada, com vistas a nos permitir entender os fluxos de energia e de matéria. Christofolletti afirma que

[o]s sistemas ambientais físicos representam a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, vegetação, animais, solos) possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por elementos, funcionando através dos fluxos de energia e matéria, dominante numa interação areal [...] (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 42).

Ainda sobre esse assunto, Camargo (2005) postula que o acaso é a explicação mais eficiente para a maioria dos acidentes ambientais. Na natureza, as leis newtonianas, não são obedecidas de forma absoluta. Isto fica evidente quando o autor afirma que

[o] acaso e a sua inerente criatividade demonstram que, na natureza, os sistemas complexos que vivem na turbulência, fruto da dinâmica ordem-desordem, mostram que a natureza não obedece a leis newtonianas, porém a interações que agem ao acaso. Na estrutura dessa nova dinâmica de interações, o novo é gerado e estudado pela Teoria da Auto-Organização, pela Teoria da Complexidade, pela

Teoria das estruturas dissipativas e pela Teoria do Caos (CAMARGO, 2005, p. 65).

Para esta análise, a Geografia Física utiliza do apoio do geoprocessamento, o qual apresenta-se como uma ferramenta relevante para correlacionar os dados geossistêmicos (sistemas ambientais físicos) levantados da pedologia, da geomorfologia, da geologia, do clima e da hidrografia, entre outros campos de estudo. Como aponta Christofolletti,

[a] Geografia Física, como subconjunto da disciplina Geografia, preocupa-se com o estudo da organização espacial dos sistemas ambientais físicos, também denominados de geossistemas. Como a expressão concreta na superfície terrestre constitui a relevância espacial para a análise geográfica, torna-se necessário que os componentes do geossistema surjam ocupando territórios, que sejam visualizados em documentos tais como fotos aéreas, imagens de radar e de satélites e outros documentos, sendo sensíveis à observação visual. Deve-se também distinguir as fontes fornecedoras de energia e matéria, responsáveis pela dinâmica do sistema, e as redes de circulação envolvidas nos processos de interação, servindo de canais aos fluxos (CHRISTOFOLLETTI, 1999, p. 42).

Camargo (2005) critica a utilização dos bens naturais para suprir o consumismo, com a externalização e o distanciamento do homem no que tange à natureza, com o pensamento fragmentado, com a visão cartesiana, com a visão organicista, etc. Pode-se dizer que, nesse sentido, torna-se necessária e urgente uma solução sustentável para o meio ambiente e para a sobrevivência da humanidade. De acordo com Camargo,

[s]entindo-se externo ao meio natural, o homem moderno efetivou diferentes intervenções na natureza, baseado no conceito clássico do espaço absoluto, tridimensional, inerte e não participante. O meio natural passa a ser, então, um eterno supermercado de recursos, e, em caso de esgotamento de algum elemento, a mesma ciência, rica e em evolução, tenderia facilmente a redimensionar uma solução técnica e efetivamente eficaz (CAMARGO, 2005, p. 76-77).

Para a visão mecanicista, as partes são meras peças mecânicas, metáfora que foi inspirada no funcionamento de um relógio. Nesse sentido, esse processo está representado da seguinte maneira: “A visão mecanicista do mundo [...] é composta por peça elementar em funcionamento similar ao das máquinas, como se fosse um relógio [...] composta por fenômenos imbricados em uma cadeia de ligações necessárias [...]” (CHRISTOFOLLETTI, 1999, p. 2).

Nessa mesma linha de pensamento, tem-se a visão organicista, que se explica a partir da comparação do funcionamento do objeto com os órgãos do corpo humano. Com a frase “Amazônia é o pulmão do mundo”, Christofolletti (1999) critica assim a visão organicista: “[...] o conjunto não é apenas o resultado da somatória dessas partes, mas surge como sendo algo individualizado e distinto, com propriedades e características que só o todo possui”. O autor propõe, então, a seguinte definição deste pensamento orgânico: “A visão organicista é a proposição mais antiga formulada como alternativa para a mecanicista [...] a Amazônia é o pulmão do mundo baseia-se nessa concepção de visão-de-mundo [...]” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 2).

O pensamento sistêmico, segundo Capra (1996), é tido como uma rede, uma teia, uma totalidade, que é ligado em relações de organização. Nessa concepção, a pesquisa baseia-se na totalidade integrada, portanto, a fragmentação e o isolamento provocam uma ruptura nesse todo. [...] “É a mudança das partes para o todo. Os sistemas vivos são totalidades integradas cujas propriedades não podem ser reduzidas às de partes menores. Suas propriedades essenciais, ou “sistêmicas”, são propriedades do todo, que nenhuma das partes possui” [...] (CAPRA, 1996, p. 46-47).

Na abordagem sistêmica, os estudos são relativos, incompletos, não-lineares, contextuais, processuais, como nos mostra Capra (1996) no trecho a seguir:

No novo pensamento sistêmico, a metáfora do conhecimento como um edifício está sendo substituída pela da rede [...] A natureza é vista como uma teia interconexa de relações, na qual a identificação de padrões específicos como sendo “objetos” depende do observador humano e do processo de conhecimento [...] O velho paradigma baseia-se na crença cartesiana na certeza do conhecimento científico. No novo paradigma, é reconhecido que todas as concepções e todas as teorias científicas são limitadas e aproximadas. A ciência nunca pode fornecer uma compreensão completa e definitiva [...] O pensamento sistêmico é sempre processual (CAPRA, 1996, p. 48-50).

As pesquisas baseadas nessa concepção geraram uma mudança profunda no entendimento acerca da pesquisa, pois esta não pode ser entendida a partir da análise e sim a partir do aspecto contextual de forma ampla. Isto gerou uma reviravolta no objeto de pesquisa, na medida em que não é mais preciso isolá-lo

para que se possa entendê-lo; é necessário sim contextualizá-lo no todo, de forma ampla. Em conformidade com as idéias de Capra,

[o] grande impacto que adveio com a ciência do século XX foi a percepção de que os sistemas não podem ser entendidos pela análise. As propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendida dentro do contexto do todo mais amplo. Desse modo, a relação entre as partes e o todo foi revertida. Na abordagem sistêmica, as propriedades das partes podem ser entendidas apenas a partir da organização do todo [...] O pensamento sistêmico é “contextual”, o que é oposto do pensamento analítico. [...] (CAPRA, 1996, p. 41).

Tendo em vista o acima exposto, pode-se dizer que o pensamento sistêmico abriu a possibilidade para se entender e se conhecer o objeto a ser pesquisado, de modo diverso, principalmente aqueles pontos de cunho ambiental relacionados às bacias hidrográficas. Para isto, a pesquisa deverá ser abrangente, contextual, não-linear, interativa, complexa, e deverá também correlacionar o equilíbrio dinâmico com o caos, a ordem com a desordem. Diferentemente do pensamento mecanicista que, com base em Galileu e Kepler, postula uma pesquisa linear e analítica. Essa ruptura provocou grandes mudanças na pesquisa geográfica e também em outras disciplinas, pois deixou de simplesmente analisar somente as partes para analisar a contextualização do todo de forma ampla.

Com relação à idéia de sistema, pode-se entender este conceito como um conjunto inter-relacionado com outros sistemas em conexão, como a biosfera, a litosfera e a troposfera, segundo Migliorini; Duarte e Barros Neta (2007). A Figura 1.1 mostra e esquematiza que a interação entre a atmosfera, a litosfera e a hidrosfera possibilita a formação do planeta terra.

A pesquisa geográfica beneficiou-se dessa abordagem após a década de 1940, com Bertalanffy, mas foi a partir de 1970, com o geoprocessamento, que ocorreram grandes avanços. Essa ferramenta possibilitou o cruzamento de vários atributos, permitindo a construção de trabalhos cartográficos, assinalando os pontos vulneráveis para a ocupação do solo por atividades humanas (tais como a agropecuária, a indústria e a urbanização). Já as cartas de fragilidades ambientais são feitas a partir de valores quali-quantitativos, para a classificação dos elementos

naturais, apresentando-se do menos favorável aos mais favoráveis para a ocupação do solo.

Figura 1. 1: Interação entre as quatro esferas



Fonte: Migliorini; Duarte e Barros Neta (2007, p. 12)

Para que se possa relacionar essa abordagem sistêmica com os impactos ambientais adversos encontrados ou não na água subsuperficial, faz-se necessário construir uma carta de aconselhamento que identifique as fragilidades ambientais do ecossistema e que apresente os possíveis locais para instalação de granjas de suínos e lagoa de acumulação de dejetos para o caso específico que nos preocupa.

Salienta-se, nesta pesquisa, a importância da mensuração nos estudos de degradação ambiental. Porém, esse levantamento por si só não é suficiente para a explicação de um problema (impacto), devido às suas limitações. Aliado a essa mensuração, deve estar o conhecimento teórico-conceitual e empírico do pesquisador, com vistas a dar sustentação ao entendimento do problema a ser resolvido. Espera-se que os pesquisadores, de uma forma geral, também saibam que os dados por si só não passam de um valor, mas a partir do conhecimento científico estes podem mensurados, correlacionados e, por fim, apresentar um resultado significativo para a pesquisa.

[...] a mensuração dos processos de degradação ambiental deve levar em conta as variações das taxas e a frequência dos processos, a periodicidade das mensurações e o espaçamento e regularidade das amostragens, dentre outras características, para que o monitoramento possa retratar o melhor possível, a realidade da degradação ambiental, de uma determinada área [...] (STOCKING, 1987 apud CUNHA; GUERRA, 2000, p. 373).

Ainda de acordo com esse enfoque, os sistemas podem ser classificados segundo o critério funcional em três tipos (MIGLIORINI; DUARTE E BARROS NETA, 2007, p. 14).

Sistemas isolados: são aqueles que não sofrem nenhuma perda e nem recebem energia e matéria do ambiente que os circundam; **sistemas fechados:** quando há troca de energia (recebimento e perda), mas não de matéria. O planeta Terra pode ser considerado um **sistema fechado**, pois recebe energia do sol e também há perda por meio da radiação para o espaço, mas não recebe matéria de outros planetas ou astros, a não ser em proporções insignificantes, praticamente nulas; **sistemas abertos:** são aqueles nos quais ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo. São os sistemas mais comuns, tais como: as esferas terrestres, as bacias hidrográficas, os seres vivos, as cidades, indústrias, etc (grifo nosso).

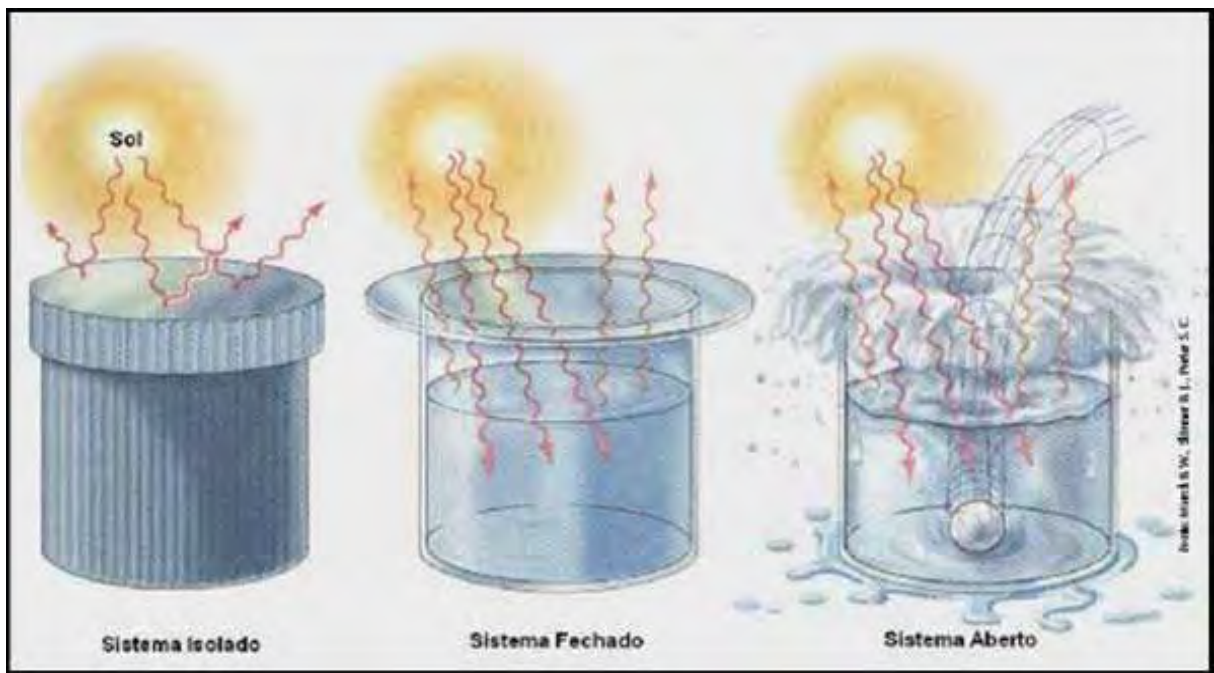
O esquema representativo, da Figura 1.2, ilustra de forma clara os sistemas ambientais e suas diferenças. Para o sistema ambiental aberto, tem-se como característica a entrada e a saída de energia e de matéria. Constata-se que, para a pesquisa em questão, na bacia do córrego Bebedouro, tem-se um sistema aberto, pois trata-se de um elemento completo, dinâmico e complexo.

Em relação ao meio ambiente, existem três níveis distintos, quais sejam, o físico, o biótico e o antrópico, que se relacionam por meio de fluxo de energia e de matéria, mas cada um obedecendo às suas próprias leis e normas (MIGLIORINI; DUARTE E BARROS NETA, 2007, p. 16).

(...) o sistema ou **meio físico:** englobando todo o planeta físico, sua atmosfera (ar), hidrosfera (água) e litosfera (solos e rochas), que obedecem às leis da física e da química; o sistema ou **meio biótico:** compreendendo a biosfera, com as espécies de vida, que seguem as leis da física, química, biologia e ecologia; o sistema ou **meio antrópico:** formado pela sociosfera, representada pelas formas de governos, economias, artes, religiões e culturas e pela tecnosfera, que compreende o mundo das máquinas e construções criadas pelo homem, que obedecem as leis da física, da química, da biologia, da ecologia e também, as leis criadas pelo homem (grifo nosso).

E, portanto, para caracterizar um sistema ou a bacia hidrográfica, existem outros pontos a serem destacados, segundo Migliorini; Duarte e Barros Neta (2007): elementos ou unidades: que são as partes de um todo; relações: que são as trocas de matéria e energia; atributos: que “são as qualidades que se atribuem aos elementos ou ao sistema, a fim de caracterizá-los. Os atributos são comprimento, largura, área, volume, composição, frequência observada, e muitas outras qualidades” (Migliorini; Duarte e Barros Neta, 2007, p. 13);

Figura 1. 2: Representação esquemática da funcionalidade dos sistemas



Fonte: Murck et. al. (1995 apud Migliorini et al. 2007, p. 14)

No entanto, Didier (1998 *apud* Alves 2000), comenta que, na atualidade, torna-se necessária a busca incessante da “Revolução do Azul”, com o objetivo de se obter a preservação e a qualidade dos corpos hídricos em geral, contribuindo-se, desse modo, para a garantia da vida animal, incluído o homem e a vegetal sobre a terra.

Então, como compatibilizar todo esse processo, em uma área delimitada de forma técnica, a resposta pode estar no uso de Sistema de Posicionamento Global – GPS- (*Global Positioning System*) e de outros instrumentos, se a delimitação social, econômica, política e hidrológica for além dessa linha imaginária, ou seja, dos limites cartográficos da bacia hidrográfica.

Pode-se afirmar que a legislação ambiental, de uma forma geral, é um instrumento legal importante para a preservação da qualidade da água e, por fim, da bacia como um todo. Para isso, necessita-se de estudos com uma maior abrangência e que contemplem a interação, a conexão e a organização relativas a todos os elementos que compõem o meio ambiente, bem como o pensamento integrado, entre outros fatores.

No entanto, para garantir a qualidade dos recursos hídricos, é preciso ir além do aspecto ambiental e desvendar as questões sociais, econômicas, culturais e políticas no âmbito da bacia, mas, também, pensar esta situação no contexto regional, nacional e mundial.

Uma bacia hidrográfica tem um processo de formação complexa e, na sua composição interna, envolve diversos aspectos físicos, dentre eles a hidrologia, a climatologia, a pedologia, a geologia e a geomorfologia; além dos aspectos institucionais, sociais, culturais, políticos e econômicos, como a posse da terra via propriedade, as legislações ambientais, o espaço territorial, as Áreas de Preservação Permanente (APP), a reserva florestal, o uso e a ocupação do solo e outros. Porém, uma bacia se autodefine pela área drenada por um mesmo sistema de drenagem centralizador e sua delimitação situa-se nos divisores de água. Na Figura 1.3, é possível visualizar um croqui esquemático de uma bacia hidrográfica.

A Lei 6.938 de 1981 (BRASIL, 1981) foi o marco de uma política mais ampla no Brasil do que as leis anteriores relacionadas ao meio ambiente. Para a institucionalização e a implementação dessa política, foram editados outros corpos legais, tais como as Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA-, as normativas estabelecidas pelo IBAMA, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e os instrumentos do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA).

Essas legislações contemplam as questões ambientais, tais como: a poluição, a degradação, a avaliação de impactos ambientais, o equilíbrio ecológico, a preservação, a conservação, o zoneamento ambiental, etc.

Figura 1. 3: Bacia Hidrográfica



Fonte: http://www.eco.unicamp.br/nea/Gestao_Bacia/imagens/bacia.jpg

Destaca-se que o Código das águas de 1934 (Brasil, 1934), do art. 109 ao art. 113, já considerava a possibilidade de poluição ou contaminação, via processos industriais e atividades agropecuárias, e autorizava o uso das quedas naturais (cachoeiras) para a instalação de usinas hidrelétricas. Em contrapartida, de forma inicial, teórica, e sem nenhum comprometimento com as causas ambientais, tratava da preservação dos mananciais superficiais e subterrâneos. A água subterrânea poderá ser apropriada, segundo o código, desde que não se altere a qualidade ou a quantidade de água dos poços vizinhos (de outro proprietário) de uso individual ou coletivo.

Já a Lei 9.433 de 1997 fundamenta a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), definindo alguns termos, conceituando a água, sua gestão e o que se entende por bacia hidrográfica, da seguinte forma:

I - a água é um bem de domínio público; II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; VI - a gestão dos

recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997, p. 1).

Em alguns pontos, a Lei em questão, no art. 2º, também aponta os objetivos do PNRH, sem se aprofundar na questão da água subterrânea:

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; III - a prevenção e a defesa contra **eventos hidrológicos críticos** de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (grifo nosso) (BRASIL, 1997, p. 1-2).

Ainda em relação à Lei, arts. 3º e 4º, que apresenta as diretrizes gerais de ação do PNRH, o documento afirma o seguinte:

A gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País; III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; IV - a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional; V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo; VI - a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras. A União articular-se-á com os Estados tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum (BRASIL, 1997, p. 2).

No que tange à bacia hidrográfica, a mesma Lei 9.433, de 1997, aponta as diretrizes, os objetivos e a fundamentação da gestão dos corpos hídricos superficiais. Mas, percebe-se uma carência de políticas públicas, com enfoque em pesquisas e propostas de conservação de águas subterrâneas.

A Resolução nº 357, de 2005, do CONAMA, art. 4º, trata do enquadramento dos corpos hídricos, segundo suas condições ambientais, para atender às necessidades da população (BRASIL, 2005). A classificação das águas doces, definidas em classes especiais 1, 2, 3 e 4, em função da qualidade da água, poderá limitar ou estipular sua destinação para a sociedade.

Salienta-se, nessa classificação, que, quanto maior for o número da classe, mais restritivo será o seu uso para o abastecimento público e menos qualidade terá essa

água. A estruturação do escopo dessa Resolução baseia-se na Lei 9.433, de 1997, na Constituição de 1988, na Convenção de Estocolmo sobre poluentes orgânicos persistentes (POPS), na Lei 6.938 de 1981, no Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA e no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGRH (BRASIL, 2005).

Para a realização da pesquisa sobre essa temática, procurou-se considerá-la em um espaço específico, a bacia hidrográfica. Essa delimitação geográfica deve estar interligada aos diversos aspectos ambientais, tais como o geológico, o pedológico, o climático, o geomorfológico e o hidrológico, dentre outros. Para tal, os dados coletados neste estudo serão tabulados com base na abordagem sistêmica e holística.

Nesse processo, pretende-se compreender o meio ambiente em sua totalidade e sua complexidade, buscando-se sempre a conexão entre os elementos ambientais desse espaço, segundo Cunha e Guerra (2007). Para esses autores,

[a] definição da bacia hidrográfica como unidade geográfica pertinente para atender a objetivos propostos por organizações institucionais emergentes não é apenas um reconhecimento do peso da dimensão ecológica, mas também das dimensões sociais, culturais e políticas na compreensão da complexidade dos processos ambientais. O modelo de gestão das bacias hidrográficas, adotado na legislação brasileira, é baseado nos pressupostos do co-manejo e da descentralização das tomadas de decisão. Nesse sentido, os comitês de bacia e as agências de água representam (re) arranjos institucionais com o objetivo de conciliar interesses diversos e muitas vezes antagônicos, assim como controlar conflitos e repartir responsabilidades (CUNHA; GUERRA, 2007, p. 71).

Para isso, torna-se necessário entender a pesquisa sistêmica, em relação às possíveis respostas dos sistemas naturais, que se configuram por meio de resiliência ou de resistência. Por resiliência, entende-se a capacidade de reconstituição de um sistema alterado; já resistência refere-se à alta capacidade de regeneração ou de reciclagem de nutrientes, ou seja, para ser alterado, esse espaço precisa de um impacto maior.

Como exemplo, tem-se o desmatamento das áreas de cerrado no Brasil e da vegetação de savana na parte norte e parte subsaariana (Sahel) da África, que está alterando toda a dinâmica hidráulica desses espaços. Salienta-se que esse processo

está vinculado aos interesses econômicos de uma minoria, relacionado ao agronegócio, que no caso de Uberlândia, Triângulo Mineiro, vislumbra o lucro dos recursos naturais de forma irracional, sem pensar no meio ambiente como uma extensão de nossa casa (moradia).

Infelizmente, no mundo, de uma forma geral, e no Brasil, em particular, ainda há uma insuficiência de políticas mais efetivas acerca da preservação das águas subterrâneas. Porém, em nível nacional, pode-se contabilizar os seguintes documentos, como pontos de partida para uma discussão acerca da água do ponto de vista ambiental: código das águas de 1934 (BRASIL, 1934), Lei 6.938 de 1981 (BRASIL, 1981), Constituição de 1988 (BRASIL, 1988), Relatório Brundtland, Carta da Terra, Agenda 21, Resolução do CONAMA nº 10 de 1986 e 357 de 2005 (BRASIL, 2005), Lei 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997), criação da ANA, entre outros.

Exemplifica-se que em alguns países da Europa existem políticas mais efetivas com relação à água, principalmente, o Sistema de Gestão de Águas na França, por intermédio das comunas (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007).

Para realizar a correta Gestão de Planejamento do meio ambiente de forma integrada, devem ser avaliados os impactos das atividades antrópicas no meio comprometido e também determinar a sensibilidade do meio natural em relação aos usos antrópicos, ou seja, investigar as causas e efeitos da ocupação humana. Diante do exposto, Magalhães Júnior (2007, p. 214), afirma que:

[a] sensibilidade da água aos impactos antrópicos é inversamente proporcional à diluição (resulta da relação entre o volume de carga de poluentes e o volume da diluição), à difusão turbulenta (capacidade do corpo recipiente em misturar uma descarga poluente), à dispersão (fenômeno resultante dos processos de convecção ou advecção, cujo resultado é aumento da eficiência dos processos de mistura) e à autodepuração (fenômeno que representa a eficiência do corpo recipiente em transferir o oxigênio dissolvido da atmosfera para a água).

Portanto, fica claro que a qualidade da água de um corpo hídrico depende de diversas variáveis ambientais. A sensibilidade desse meio aos danos ambientais é um ponto fundamental na conservação de suas propriedades físicas, biológicas e químicas. Além disso, será preciso ter cuidado com a quantidade de resíduos lançados neste manancial ou em outro local aquático.

Pensar o uso da água com o intuito de atender somente às demandas capitalistas na forma de recursos é extremamente perigoso, pois leva ao desperdício, à poluição e à contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos.

Com relação aos recursos hídricos subterrâneos, torna-se necessário analisá-los de forma interligada com os mananciais superficiais, na medida em que um depende do outro, formando parte do ciclo hidrológico. Ao cair a chuva, a mesma tanto pode alimentar a água subterrânea como a superficial, em seguida, os corpos hídricos subterrâneos darão origem aos rios, lagos e córregos, via nascentes e fontes. A evaporação das águas, que estão sobre a superfície, contribui para a formação das nuvens, as quais, uma vez saturadas, precipitam-se em forma de chuva - ou neve -, alimentando todo esse sistema. Conclui-se que para que isso possa acontecer de forma equilibrada, necessita-se de sinergia entre as partes físicas, ambientais, sociais, antrópicas e outras.

1.2 – Águas Subterrâneas: Conceitos e Definições

Para definir as três possibilidades de formação de aquíferos, Capucci *et al.* (2001) apresentam nas da seguinte forma: (a) **aquífero granular ou poroso**, como sendo aquele em que a água flui nos interstícios granulares dos sedimentos (arenitos e aluviões); (b) o **aquífero cárstico ou cavernoso**, que se dá pela dissolução da água no interior do pacote rochoso, formando cavidades nas rochas calcárias e os (c) **aquíferos fissurais**, que se formam pela fluidez da água nas fraturas e fendas das rochas cristalinas e basálticas, conforme mostra a Figura 1.4.

Os fluxos da água da chuva podem infiltrar ou escoar de forma superficial. Se ocorrer a percolação, ou infiltração, eles formarão o escoamento subterrâneo, gerando os aquíferos livres ou confinados, conforme descrição a seguir:

Os fluxos da chuva são gerados após as precipitações e, ao chegarem aos corpos d'água, aumentam sua vazão. Já os fluxos de base mantêm-se durante os períodos secos, e são alimentados pelas águas subterrâneas residuárias, que foram estocadas nas formações

superficiais. Os fluxos de base são responsáveis pelo abastecimento dos corpos d'água, nos períodos secos (SOARES, 2008, p. 59).

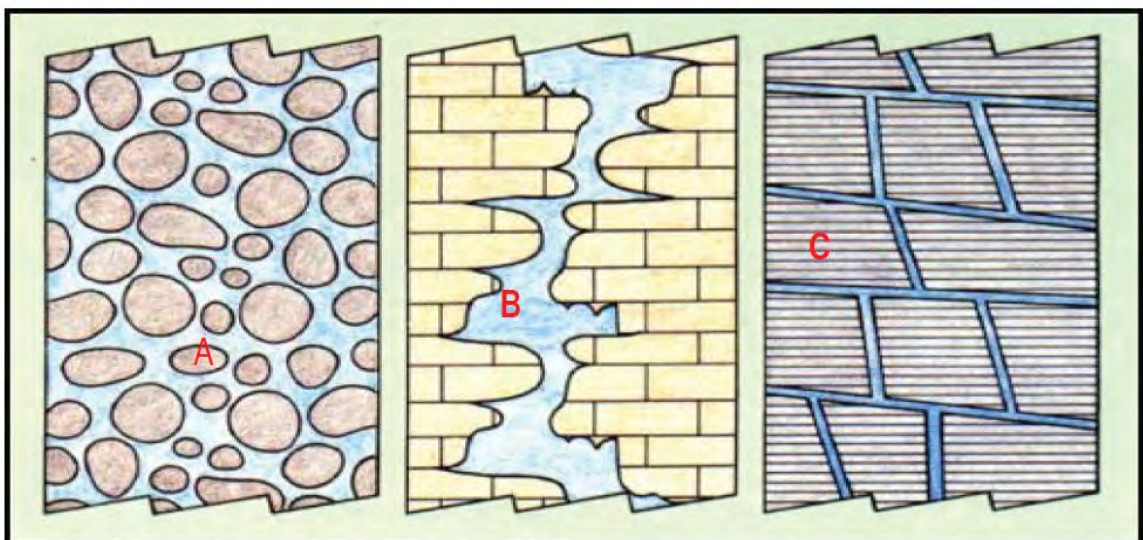
Villela e Mattos (1975) comenta que a lei de Darcy, equação que mede o gradiente hidráulico de escoamento da água subterrânea, possibilita analisar a velocidade do fluxo deste líquido no solo ou percolação. Essa lei tornou possível o entendimento acerca do coeficiente de permeabilidade, e de pressão hidráulica, dando subsídio às pesquisas hidrogeológicas.

Nas Figuras 1.5 e 1.6, pode-se observar que a água subsuperficial está mais exposta a agentes contaminantes, pois está localizada a poucos metros da superfície e não tem uma camada protetora, ou seja, impermeável. Já nos aquíferos confinados, menos vulneráveis aos contaminantes, devido às condições hidrogeológicas, o poço artesiano poderá ser ou não jorrante, dependendo da pressão hidrostática.

A esse respeito, Soares afirma que

[q]uando um poço é perfurado, até encontrar um aquífero confinado, a água se eleva no poço até o nível do topo do aquífero. Essa altura da lâmina de água representa a pressão artesianiana do aquífero ou nível piezométrico. Quando a pressão hidrostática em um aquífero artesianiano é capaz de elevar a água do poço acima da superfície do solo, o poço é chamado de poço artesianiano jorrante (SOARES, 2008, p. 56).

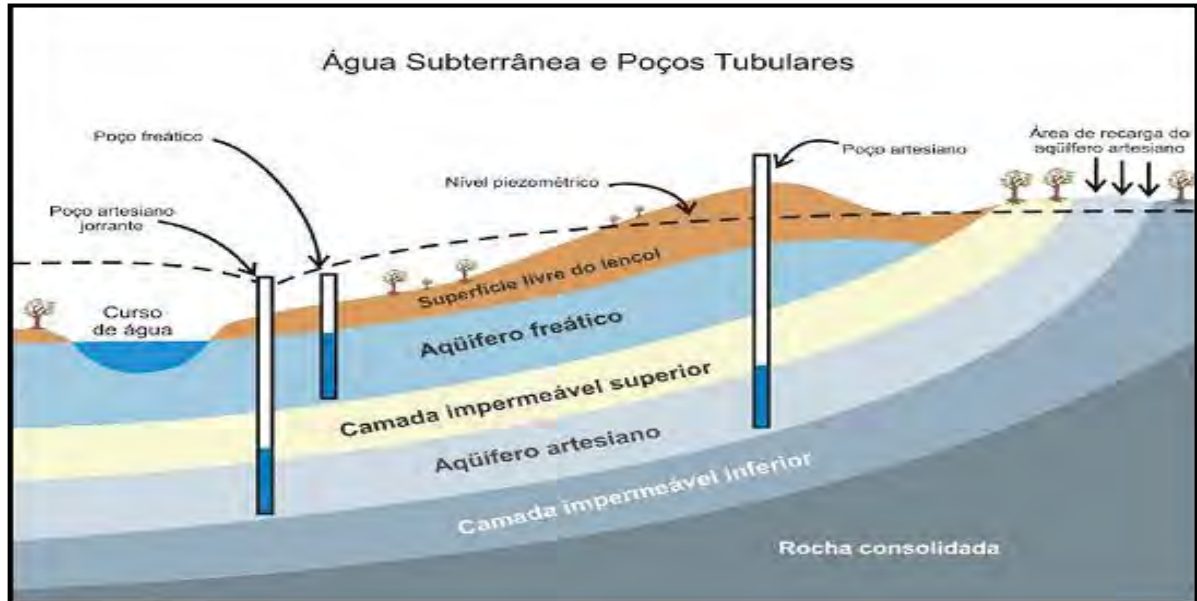
Figura 1. 4: Aquíferos e suas formações estruturais



Fonte: UNESCO (1992 apud Capucci et al. 2001, p. 14)

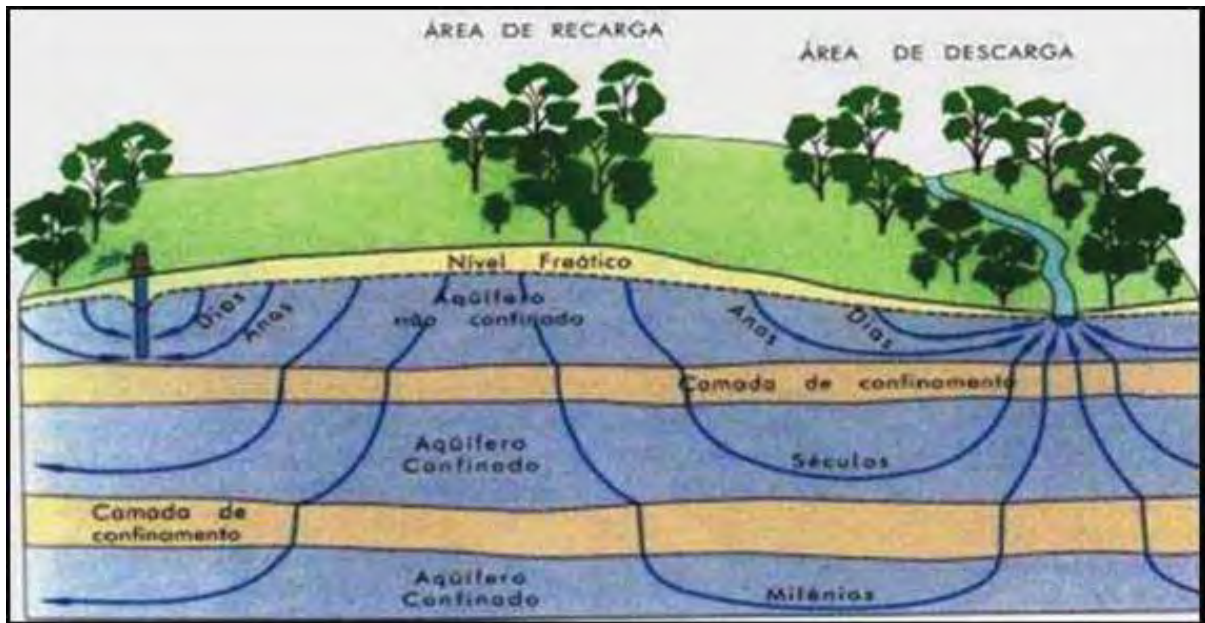
Os aquíferos são importantes sistemas de estocagem de água ao longo dos anos, porém, se forem contaminados, pode-se tornar inviável o tratamento desse corpo hídrico. A Figura 1.6 mostra os fluxos subterrâneos, tanto do aquífero freático como da água subsuperficial, por meio de sua alimentação, que se dá em meses ou anos. Contudo, os aquíferos confinados são abastecidos ao longo de séculos e milênios.

Figura 1. 5: Representação esquemática dos aquíferos



Fonte: Tucci et al. (2004 apud SOARES, 2008, p. 57)

Figura 1. 6: Fluxos da água subterrânea



Fonte: Adaptado de *United States Geological Survey* (2000 apud REBOUÇAS, 2002, p. 105)

As águas profundas (aquíferos) foram formadas em épocas passadas, talvez milhões ou bilhões de anos, pela infiltração das águas nas camadas de rochas até encontrar o aquífero guarani, presente em nossa região.

Para maior entendimento acerca do que vem a ser uma água subsuperficial, lençol freático ou aquífero livre, Rebouças (2006) esclarece que as águas subterrâneas são aquelas que estão no subsolo, conforme representação esquemática, dos mesmos para o caso da realidade brasileira (Mapa, 1.1). Este pode ser saturado e não saturado, alimentado por rochas porosas e permeáveis. Esse processo de infiltração, lixiviação ou percolação da água no solo é importante para a reciclagem ou a autodepuração dos efluentes de suínos.

Mapa 1. 1: Representação esquemática dos principais aquíferos do Brasil



Obs. Mapa publicado sem escala e sem orientação.
 Fonte: Brasil (2005b, p.7)

Cabe frisar que o aquífero Guarani, que é um dos maiores do mundo, possui abrangência em vários Estados brasileiros (MG, MT, GO, SP, PR, RS e MS) e

também nos seguintes países da América do Sul (Paraguai, Uruguai e Argentina). A conservação desse manancial hidrológico para as futuras gerações pode ser efetivada, ou não, por Leis e Decretos, nos Estados de GO, MT, MG, PR, RS e SP (COELHO; SILVA, 2006).

Inferese que o aquífero Guarani pode estar sendo contaminado, na região de Ribeirão Preto e outras áreas, devido à grande quantidade de agrotóxicos e fertilizantes lançados em suas áreas de recarga. O excesso de utilização da água deste manancial para irrigação e abastecimento dos centros urbanos também pode ser um problema para o fornecimento público no futuro. Para maior esclarecimento, segue o Mapa 1.2, com a delimitação desse manancial subterrâneo.

Mapa 1. 2: Mapa de delimitação do aquífero Guarani



Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/>

Soares (2008) afirma que o aquífero oriundo da formação Serra Geral (grupo São Bento) é alimentado por fissuras na rocha basáltica; já os aquíferos formados no

grupo Bauru (Adamantina, Uberaba e Marília) e pela litologia da bacia Sedimentar do Paraná contribuem para a formação de lençóis subterrâneos, com suas rochas porosas e permeáveis à percolação da água no solo. O processo de absorção da água no interior do pacote rochoso é maior no grupo Bauru, pois a percolação se apresenta mais intensa devido ao tipo de rocha.

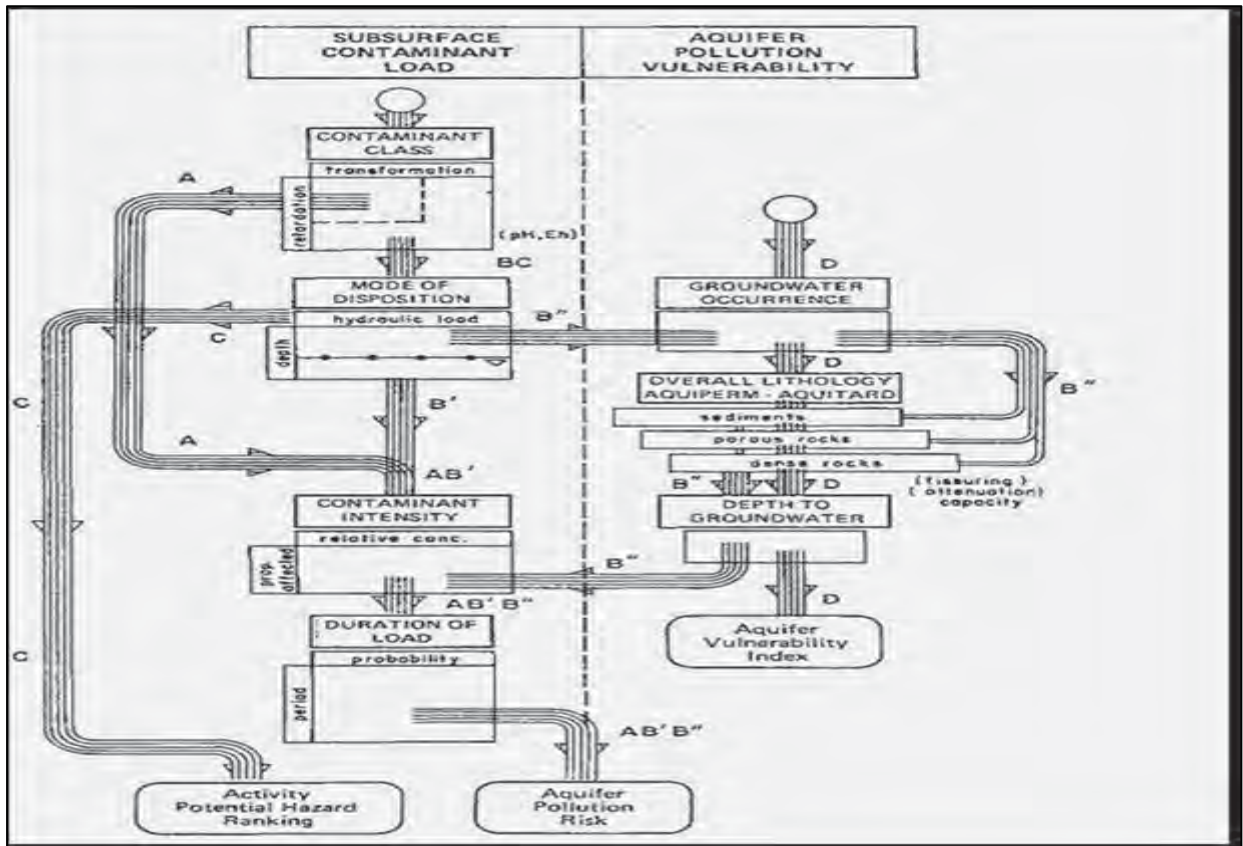
Sendo assim, é imprescindível para a manutenção, tanto da qualidade como da quantidade dos mananciais subterrâneos, a formulação de políticas públicas amparadas em pesquisa, em leis de proteção e de utilização de recursos naturais, com regras claras de como será sua distribuição entre os entes públicos e privados (agricultura, indústria e abastecimento público), a fim de que possamos garantir esses recursos para as gerações futuras.

A ciência geográfica utiliza-se de mapeamentos e das técnicas de sensoriamento remoto e também de métodos de trabalho de campo (testes de porosidade, condutividade hidráulica, permeabilidade, profundidade da água subsuperficial, classificação granulométrica dos solos, geologia, geomorfologia, climatologia, etc.) para analisar os dados acerca dos impactos ambientais e mitigá-los.

Foster e Hirata (1988) mostram, na Figura 1.7, um esquema com os principais riscos de contaminação nos aquíferos, que são: a carga, a concentração, a exposição, as classes de contaminantes, os tipos de solo, a litologia, a profundidade do nível de água no solo, a ocorrência do aquífero e outros fatores.

A partir de diversas leituras dos autores já citados, acerca da vulnerabilidade e dos riscos ambientais, torna-se necessário explicar do que trata cada um destes termos. Um ambiente é vulnerável a determinado impacto devido à alta susceptibilidade desse meio, aos resíduos antrópicos, em função da maior permeabilidade e porosidade do solo e da menor profundidade de água no solo, em se tratando de águas subterrâneas. Isto, conseqüentemente, torna esse ambiente mais propício à poluição e à contaminação do local. Os riscos ocorrem tanto pela exposição aos resíduos impactantes, saúde pública, como também pela vulnerabilidade das condições ambientais em que o empreendimento poluidor se encontra.

Figura 1. 7: Esquema dos riscos de contaminação dos aquíferos



Fonte: Foster e Hirata (1988, p. 62)

Para exemplificar as pesquisas já efetuadas com este método, destacam-se os trabalhos de Alves; Ramos e Coridola (2009) e Camponogara (2006), os quais, a partir do cruzamento de dados dos mapas de geologia, de geomorfologia, de balanço hídrico, de condutividade hidráulica, de profundidade de água no solo, de tipo de solos, visavam estabelecer as classes de vulnerabilidade aos impactos ambientais nas águas subterrâneas, agressões que podem ser qualificadas como baixa, moderada, alta e extrema. O mapa de vulnerabilidade natural analisado pelos pesquisadores mostra que as ocupações urbanas e rurais, na maioria das vezes, ocorrem em áreas impróprias, com alto grau de susceptibilidade à contaminação, ou seja, em Áreas de Preservação Permanente (APP). Salienta-se que a saúde do homem e dos animais (vulnerabilidade social) depende da adoção de medidas preventivas e corretivas em relação aos impactos adversos.

Por sua vez, Componogara (2006, p. 35) também levantou outros métodos de análise da vulnerabilidade natural à contaminação de aquíferos, que são mais

utilizados para pesquisa de cunho ambiental, tanto em espaços rurais como em espaços urbanos:

Groundwater Hydraulic Confinement “GOD”, elaborado por Foster e Hirata (1985), baseia-se em três parâmetros, a saber: profundidade do nível de água no solo, litologia (hidrogeologia) e o tipo de aquífero; DRASTIC, elaborado por Aller et al. (1985), é muito utilizado pela Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA), com parâmetros já citados; SINTACS, elaborado por Civita et al. (1990), com dados semelhantes ao DRASTIC, mas com pesos diferentes para os parâmetros de análise; Groundwater Vulnerability Map for Nitrate, elaborado por Carter et al. (1987), utilizando: análise do tipo de solo, caracterização hidráulica e litológica do aquífero; poluição dos lençóis aquíferos, método elaborado por Taltasse (1972), sobre a base de levantamentos geológicos da área considerada.

1.3 – O Mapeamento Geotécnico como Subsídio ao Planejamento Ambiental

Um dos métodos de mapeamento geotécnico implantados em Nova York (EUA) e em Leipzig (Alemanha), no começo do século XX, é uma ferramenta indispensável para analisar os atributos físicos de vários tipos de ocupação do solo, com o objetivo de amenizar os impactos adversos ao meio ambiente. Destaca-se que este método sofreu adaptações para a realidade brasileira, foi elaborado por Zuquette (1987) e utilizado no município de Uberlândia nas pesquisas de Nishiyama (1998). Salienta-se que, nos países da Europa e outros com mais recursos tecnológicos e de pesquisa essa metodologia é muito utilizada para disciplinar e planejar qualquer tipo de ocupação tanto no espaço rural como no urbano (ANDRADE, 2005).

Pode-se afirmar que a metodologia (mapeamento geotécnico) aproxima-se muito de outros métodos da cartografia temática, como parte do planejamento ambiental, conforme dados dos autores citados e de suas orientações de pesquisas em relação às áreas propícias à contaminação do lençol freático. O mapeamento geotécnico também analisa os atributos do meio físico – a geologia, a geomorfologia, a declividade e a profundidade do aquífero – com vistas à construção de uma carta de aconselhamento, com o intuito de amenizar os efeitos dos impactos ambientais sobre o meio ambiente.

Segue um comentário acerca das metodologias de mapeamento utilizadas para diagnosticar os aspectos do meio físico, com vistas a minimizar os impactos ambientais oriundos do processo de uso e ocupação do solo, como pode ser visto na Tabela 1.5.

A Tabela 1.2 apresenta, de forma resumida, todos os procedimentos e aplicações metodológicas para os principais tipos de uso e ocupação do solo, tanto no espaço rural como no espaço urbano. Vale ressaltar, com relação à investigação de Foster e Hirata, citada anteriormente, que a mesma analisa somente a vulnerabilidade de aquíferos, enquanto que a metodologia utilizada na área de mapeamento geotécnico apresenta um escopo mais abrangente em suas investigações, como instalação de aterros sanitários e de construções de uma forma geral.

Tabela 1. 2: Principais metodologias de mapeamento geotécnico

METODOLOGIAS	FINALIDADE	PERÍODO
Espanhola	Planejamento e projeto de obras civis	1950
Francesa	Planejamento ambiental e de uso e ocupação do solo	1972
Zermos (Zonas expostas aos riscos de movimentação do solo e subsolo)	Materiais inconsolidados, movimentos no terreno, hidrogeologia, escorregamentos, topografia, substrato rochoso, dentre outros. Esta metodologia não é utilizada no Brasil, em função do custo de sua implantação.	1973
PUCE (Pattern Units Component Evaluation) – racionalizar e unificar os procedimentos de investigação geotécnica.	Metodologia utilizada na Austrália, com o propósito de investigar as condições do meio físico face às ocupações deste por obras civis, dentre outros fatores. Os aspectos desta metodologia de investigação são: geologia, solo, vegetação, topografia e drenagens.	1960
IAEG (International Association of Engineering Geology)	O objetivo desta metodologia era tornar os custos do mapeamento geotécnico mais acessíveis aos países pobres e de forma mais compreensível ao público, de uma forma geral, porém isso não aconteceu na prática.	1968
Metodologias – IPT; IG-UFRJ; UNB, UNESP de Rio Claro, Instituto Geológico de São Paulo, UFGRS, UFAL, UFPE, UFPR, Mineropar, CRPM	Estas metodologias baseavam-se em metodologias estrangeiras, que não foram viáveis, nem do ponto de vista econômico nem do ponto de vista técnico, visto que não se adequavam às condições de nosso país.	1974
ZUQUETTE – EESC – USP – São Carlos	Zuquette, em sua Tese de doutorado em engenharia, desenvolvida na USP de São Carlos, com o título de “Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras”, e, em seguida, com aperfeiçoamento desta metodologia, em 1993, em sua tese de livre docência, adotou uma metodologia própria para o Brasil, com o aprimoramento oriundo das metodologias estrangeiras. Salienta-se que já existem mais de 32 trabalhos de pesquisa geotécnica oriundos dessa abordagem, com o intuito de disciplinar o uso e ocupação do solo e diagnosticar a situação ambiental de escorregamentos, expansão urbana, degradação ambiental, dentre outros, principalmente em SP e MG.	1987 1993

Fonte: adaptado de Zuquette; Gandolfi (2004) e Andrade (2005, p. 9-17)

Contudo, essa metodologia de Foster e Hirata mostra-se uma ferramenta bastante útil para a alocação de granjas de suínos, de frigoríficos, de abatedouros e qualquer tipo de equipamento de cunho altamente poluidor, por meio da construção de um zoneamento ambiental em relação à ocupação do solo urbano ou rural (ZUQUETTE, 1987).

O processo de uso e ocupação do espaço físico deveria ser precedido de um planejamento, que consiste no conhecimento de suas particularidades, limitações, susceptibilidades, objetivando o seu uso racional.

Na maioria das vezes, as pesquisas em questão estão representadas numa escala de mapeamento com bastantes detalhes, ou seja, 1/25.000, 1/10.000 e 1/5000, contribuindo com a redução dos impactos no meio ambiente.

Para isto, necessita-se de investimentos em geoprocessamento, em pesquisas de campo e de laboratório, e em treinamentos de especialistas formados em diversas áreas da ciência, com o objetivo de fazer um levantamento minucioso de todos os atributos físicos diagnosticados mais susceptíveis ao processo de ocupação do solo.

Segundo diversos autores que trabalham com mapeamento geotécnico, o objetivo desse procedimento é o de levantar, analisar e diagnosticar as condições físicas do local a ser ocupado, por meio de levantamentos técnicos com o uso de imagens orbitais, fotografias aéreas e de radar, além do trabalho de campo e de laboratório. Os detalhes levantados são correlacionados por meio do cruzamento de diversas informações, a fim de obter novas informações sobre o local de menor impacto e para a ocupação ou o uso do solo, de forma planejada, como pode ser analisado na Tabela 1.3.

O mapeamento geotécnico é uma ferramenta importante para o planejamento ambiental e territorial, e é realizada por meio de uma investigação técnica da situação local, via cruzamento de mapas e análises de solo e rocha, com vistas, a diagnosticar os atributos físicos do local a ser ocupado, conforme as Tabelas 1.3 a 1.5.

Para a utilização dos atributos elencados nas Tabelas 1.4 e 1.5, torna-se necessário o conhecimento das limitações e fragilidades da bacia do córrego Bebedouro em

função da ocupação de determinados tipos de construções (mais impactantes para o meio ambiente), com avaliação dos possíveis impactos ambientais, antes da execução desses procedimentos e da instalação de qualquer equipamento rural ou urbano.

Tabela 1. 3: Informações importantes para o planejamento de uso e ocupação do solo

Componentes		Informações desejadas (mínimas) – Modificada de Keller (1981)	
		Básicas Gerais	Específicas
População e fatores sócio-econômicos		1- Análise das informações existentes	1- População, taxas de imigração e necessidades educacionais; 2- Fatores que favorecem o desenvolvimento econômico da obra e da estrutura de mercado.
Uso atual da terra		Mapeamento generalizado das diferentes categorias	Mapeamento detalhado envolvendo inventários de cada elemento.
Planos: Regulamentações e fiscalizações		1- Listagem e sumários 2- Descrições dos mecanismos de aplicações	1 – Análise detalhada do impacto dos planos e fiscalizações sobre os modelos de desenvolvimento; 2 – Avaliação detalhada da adequabilidade e grau de aplicação da fiscalização.
MEIO FÍSICO	1 – Limitação física 2 – Áreas frágeis	- Áreas sujeitas a “ <i>hazards</i> ” - Áreas com limitações dos componentes do meio físico; - Áreas com declividades; - Fontes de água; - Áreas inundáveis; - Áreas de recarga de aquíferos; - Áreas com solos salinos; - Áreas com rochas na superfície; - Áreas adequadas à implantação de aterros sanitários.	- Qualidade das águas; - Qualidade do ar; - Áreas adequadas ao turismo; - Vulnerabilidade dos diferentes grupos de elementos.
	3 – Áreas com potencial para recursos naturais	- Áreas adequadas à agricultura (fertilidade) - Áreas adequadas ao reflorestamento; - Jazidas para materiais para construção; - Jazidas minerais; - Aquíferos; - Porcentagem de uso dos equipamentos acima.	- Áreas de irrigação; - Área para parques industriais e residências, etc.
	Equipamentos comunitários atuais	- Serviços de água; - Estação de tratamento; - Escolas e hospitais; - Vias de transporte; - Porcentagem do uso de equipamentos acima.	- Análises detalhadas relacionadas aos equipamentos comunitários, como: condutos para água, esgoto, telefone, águas pluviais, etc.
Demanda futura para população, economia, equipamentos para a comunidade e outras necessidades.		- Identificar as tendências e fatores que podem controlar as demandas; - Avaliar se há condição para atender a demanda em termos de recursos do meio ambiente.	- Detalhar as estimativas por categorias específicas: comercial, residencial e industrial; - Detalhar os custos para atender as estimativas de demanda.
Fauna e Flora		- Áreas preservadas; - Ecossistemas a serem protegidos; - Áreas que devem ser reflorestadas com espécies adequadas.	- Estudos detalhados das áreas, ecossistemas e espécies.

Fonte: Zuquette (1987 apud Costa, 2008, p. 8)

Tabela 1. 4: Atributos e os meios de obtenção

	ATRIBUTOS	MEIOS DE OBTENÇÃO
1	Tipo de Material	Fotointerpretação; trabalho de campo; ensaios de laboratório (análise granulométrica, limites de absorção azul de metileno-mineralogia, micropetrologia), etc.
2	Natureza e perfil de unidade	Trabalho prévio; trabalho de campo (cortes, tradagens, sondagens alternativas, poços e outros)
3	Espessura dos materiais Inconsolidados	Trabalho de campo e sondagens alternativas
4	Profundidade do NA – Nível de água	Itens 1,2 e 3
5	Declividade	Mapa topográfico, trabalho de campo e fotogrametria
6	Permeabilidade, drenabilidade e drenagem	Através das informações obtidas nos itens anteriores; estimativas através de índices
7	Expansibilidade	Mineralogia; ensaios alternativos (absorção de azul de metileno reação com soluções orgânicas); etc.
8	Compressibilidade	Através da correlação de índices básicos; observação de campo.
9	Resistência	Por meio de correlações com as características básicas; sondagens alternativas.
10	Corrosividade	Ensaio específicos
11	Áreas com hidromorfismo e enchentes	Fotointerpretação; trabalho de campo
12	Movimentos de materiais	Fotointerpretação; trabalho de campo; trabalhos prévios.
13	Formas das encostas	Fotointerpretação; trabalhos de campo; mapas diversos
14	Dados climáticos (temperatura e evapotranspiração)	Trabalhos prévios específicos
15	Vegetação natural imposta	Fotointerpretação; trabalho de campo; trabalhos prévios.
16	Ação Antrópica	Fotointerpretação; trabalho de campo
17	Áreas de recargas	Fotointerpretação; trabalhos campo; mapas geológicos
18	Salinização	Trabalhos específicos
19	C.T.C (Capacidade de Troca Catiônica)	Ensaio específico (químico)
20	Bacias	Mapas topográficos; geológicos, hidrogeológicos, uso e ocupação do solo, materiais inconsolidados e profundidade do nível de água por meio de fotos aéreas, trabalhos de campo e ensaios de laboratório.

Fonte: Zuquette (1987, p. 261) adaptado de Andrade (2005, p. 35)

Com destaque aos atributos apresentados na Tabela 1.5, pode-se afirmar que para todo tipo de ocupação tem-se um conjunto de fatores a serem analisados, os limites e restrições de cunho ambiental a determinados tipos de empreendimentos, com maior possibilidade de poluir e contaminar, juntos às de áreas de APP e locais mais susceptíveis à ocupação. Zuquette (1993 *apud* Andrade, 2005, p. 21) aponta os atributos necessários para os principais tipos de ocupação com vistas a minimizar os possíveis impactos ao meio ambiente, neste caso, hídrico. Sendo assim, essa constatação reforça a necessidade de conhecermos as nuances do meio físico por meio de trabalho de campo e de laboratório. Zuquette (1987) aponta também a necessidade de se fazer uma investigação mais detalhada do meio físico, principalmente, no Brasil, em função das condições climáticas.

Tabela 1. 5: Tipos de atributos e os fatores relacionados à ocupação

Atributos Fatores Relacionados à ocupação.	1ª parte											2ª parte										
	Tipo de material	Natureza e perfil da unidade	Espessura do material inconsolidado	Profundidade do N.A (m)	Declividade e sentido %	Permeabilidade	Expansibilidade	Compressibilidade	Suporte	Corrosividade	Área de Inundação	Movimentos de terrenos	Forma e comprimento das encostas	Áreas de recarga	C.T.C	Dados Climáticos	Salinização	Grau de alteração	Capacidade de campo e murchamento	Canais /Km	Fratramento estrutural	Bacias hidrográficas
Fundações	0	0	0	0			0	0	0	x		x										
Escavabilidade	0	x	0	0							0	0										
Deposição de rejeitos	0	0	0	0	0	0	X	x			0	0		0	0	x			x		x	x
Estradas	0	0	0	0	0	0	0	0	x		x	0		x					0			x
Obras enterradas	0	x	0	0		x	0	0	x	0		0				x						
Estabilidade de Taludes	0	x	0	0	0	0	0	0				0	0			0		x			0	
Materiais construção	0	0	x	x			0											0			0	
Erodibilidade	0	0		0	0	x	X					0	0			0			x			
Irrigação	0	0	x	0	0	0					x			0	0	0		0			x	
Poluição	0	0	0	0							0			0	0	0			x		x	0
Loteamento	x	x	x	0	0	0	0	x	0		0	0	0	0						0		0

Legenda - 0 = Fundamental e x = Secundário
 Fonte: Zuquette (1993 *apud* ANDRADE (2005, p. 21)

Sendo assim, pode-se afirmar que, de uma forma geral, as metodologias e métodos de vulnerabilidade dos aquíferos viabilizam pesquisas com foco nos atributos físicos, tais como o tipo de aquífero e de solo e a caracterização litológica da zona vadosa e

de sua espessura. Poucos trabalhos preocupam-se em discutir e entender os processos antropogênicos, o tipo de poluente e sua magnitude e o grau de exposição dos mananciais subterrâneos, relacionando-os aos respectivos impactos ambientais de forma específica.

1.4 – Caminhos da Sustentabilidade: Planejamento e Gestão Ambiental

Para maior entendimento da sustentabilidade ecológica e da noção de como planejar e fazer gestão dos componentes ambientais de uma forma geral, segue um fluxograma proposto por Santos (2004) ilustrativo de Gestão Ambiental. Destaca-se na Figura 1.8 os principais pontos da gestão ambiental. No fluxograma, as ações apresentadas são entrelaçadas, com vistas a uma correlação entre as propostas, a execução e o diagnóstico, pontos importantes para o gerenciamento das questões ambientais no âmbito municipal (AMORIM, 2008).

Salienta-se que a descentralização das políticas públicas pelo governo federal, de forma efetiva, nas instâncias municipais é extremamente relevante, pois o município pode pensar a cidade e o meio rural de forma integrada. As legislações, entre elas as Leis Orgânicas Municipais, devem contemplar os anseios dos cidadãos urbanos e rurais, no que tange às questões ambientais, sociais, culturais, políticas, tecnológicas, psicológicas, entre outras.

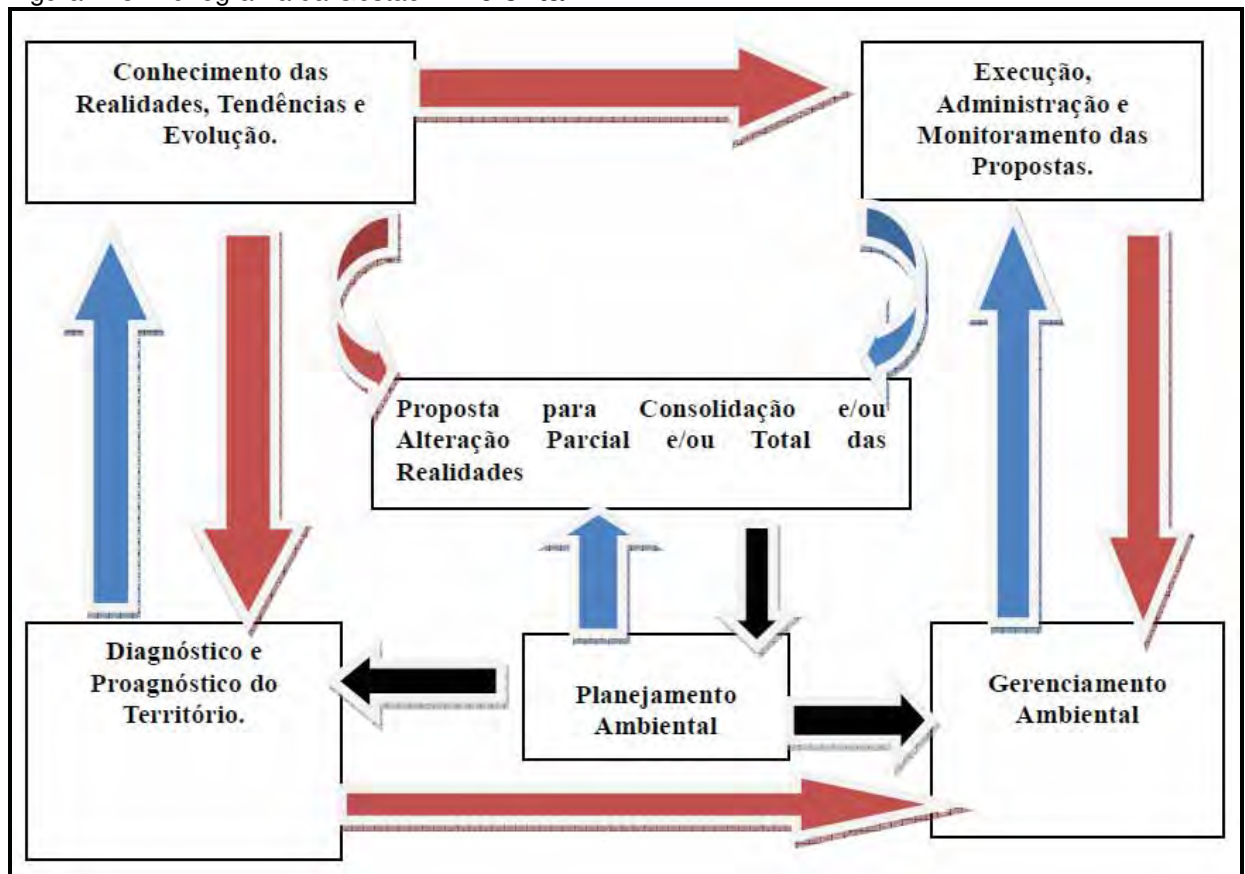
Para isso, a sociedade deve ser democrática e participativa, tanto nas questões elementares da vida (alimentação e saúde) como na preservação dos recursos naturais para as gerações futuras. Portanto, o Desenvolvimento Sustentável deve ir além da esfera do econômico, do social e do ambiental.

Contudo a intenção de institucionalizar o Desenvolvimento Sustentável (DS) iniciou-se nas décadas de 1950 e de 1960, com os movimentos ambientalistas. Na verdade, pensar em DS em uma sociedade capitalista é um paradoxo, pois o capitalismo visa o lucro e se sustenta nos recursos naturais de forma mercadológica, ou seja, a

natureza assemelha-se a um grande supermercado pronto para atender aos anseios do mercado.

Diante ao exposto, a expressão Desenvolvimento Sustentável (DS), só se efetivou após o Relatório de Brundtland, em 1987, na Noruega, sob a presidência da ministra do meio ambiente. A água foi tratada de forma intensa tanto nas discussões como no Relatório, devido à preocupação com a poluição e a escassez hídrica nos países do Oriente Médio e das regiões desérticas e semi-áridas do planeta. Outro tema muito discutido foi a questão da desigualdade social e da concentração das riquezas que geram a exploração do homem pelo homem.

Figura 1. 8: Fluxograma da Gestão Ambiental



Fonte: Santos (2004, p. 27)

Sendo assim, fica claro que o DS foi concebido sob a ótica do crescimento econômico, utilizando-se dos artifícios da produção, com redução dos impactos adversos, sob a ótica da sustentabilidade ecológica, social, cultural, política e institucional, ainda que se saiba que o sistema econômico visa o lucro a qualquer

preço, sem se preocupar com o meio ambiente e com o social. O DS, nesta perspectiva, traz poucos benefícios para a sustentabilidade, na medida em que, o econômico sobrepõe o desenvolvimento de forma ampla. Para entender esse processo, segue-se uma diferenciação entre o paradigma cartesiano (relativo ao crescimento econômico) e o paradigma sustentável (com enfoque no desenvolvimento), ver Tabela 1.6.

Guimarães (2007) tece críticas em relação à forma em que foi criado esse conceito “Desenvolvimento Sustentável” (DS), pois a sua lógica partiu de ações desenvolvimentistas, apoiadas pelos países do mundo industrializado. Para esse autor, fica claro que este viés sustentável provocou a crise ambiental e está apoiado nos ideais de produção e de consumo vigentes.

Tabela 1. 6: Diferenciação entre o paradigma cartesiano e o paradigma sustentável

CARTESIANO	SUSTENTÁVEL
Reducionista, mecanicista, tecnocêntrico	Orgânico, holístico, participativo
Fatos e valores não relacionados	Fatos e valores fortemente relacionados
Preceitos éticos desconectados das práticas cotidianas	Ética integrada ao cotidiano
Separação entre o objetivo e o subjetivo	Interação entre o objetivo e o subjetivo
Seres humanos e ecossistemas separados	Seres humanos inseparáveis dos ecossistemas, em uma relação de sinergia
Conhecimento compartimentado e empírico	Conhecimento indivisível, empírico e intuitivo
Relação linear de causa e efeito	Relação não linear de causa e efeito
Natureza entendida como descontínua, o todo formado pela soma das partes	Natureza entendida como um conjunto de sistemas inter-relacionados, o todo maior que a soma das partes
Bem-estar avaliado pela relação de poder (dinheiro, influência, recursos)	Bem-estar avaliado pela qualidade das inter-relações entre os sistemas ambientais e sociais
Ênfase na quantidade (renda per capita)	Ênfase na qualidade (qualidade de vida)
Análise	Síntese
Centralização de poder	Descentralização de poder
Especialização	Transdisciplinaridade
Ênfase na competição	Ênfase na cooperação
Pouco ou nenhum limite tecnológico	Limite tecnológico definido pela sustentabilidade

Fonte: Seiffert (2007, p. 25)

Em relação a esse assunto, Duarte (2001 *apud* CUNHA; GUERRA, 2007), esclarecem que o paradigma DS está apoiado em duas correntes filosóficas e epistemológicas de cunho ecocêntrica e instrumental. A corrente ecocêntrica com o lema “salve o planeta”, é radical e tem a terra como um “ser” vivo, mas para a sua efetivação, necessita de mudanças que levariam à ruptura com o modelo de desenvolvimento ora instalado pela sociedade ocidental com base na produção e consumo. Já a outra corrente propõe a proteção da natureza visando o manejo adequado dos recursos naturais, sem alterar as vias do progresso. Percebe-se que

a corrente instrumentalista foi, e ainda será, a âncora do DS, pois se sustenta nos conceitos chave “maneje o planeta”, mas sem prejudicar a sobrevivência das gerações futuras. Diante ao exposto, para a continuidade da vida humana e dos organismos vivos, no espaço terrestre, deve-se adotar a corrente ecocêntrica.

Destaca-se que as Leis Orgânicas Municipais, de uma forma geral, o Código Florestal e as Resoluções do CONAMA, acerca da qualidade das águas (superficiais e subterrâneas), são instrumentos legais, porém não são os únicos para a minimização dos riscos, dos danos e dos impactos ambientais e também para se evitar a ocupação de áreas vulneráveis à contaminação.

CAPÍTULO 2 - IMPACTO AMBIENTAL: UMA AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO DA SUINOCULTURA BRASILEIRA

Para estudar e entender os impactos ambientais na água subsuperficial, torna-se imprescindível analisá-los sob o enfoque da pesquisa integrada. A ciência geográfica pode enfrentar esse desafio, mas com o cuidado de não dividir e desconectar suas partes constitutivas (visão cartesiana), a partir de certa fragmentação, como seria separar os aspectos físicos, humanos e ambientais concernentes aos processos sob a investigação.

Para analisar e entender o nível de degradação ambiental dos espaços rurais, principalmente no solo, na água subsuperficial e nos corpos hídricos, em geral, será preciso conceituar o “impacto ambiental” em toda a sua amplitude. Nesse sentido, pode-se apoiar em Coelho (2005), que define o termo da seguinte maneira: “Impacto ambiental é, [...], o processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações (uma nova ocupação e/ou construção de um objeto novo, uma usina, uma estrada ou uma indústria) no ambiente” (COELHO, 2005, p. 24-25).

Com relação à discussão sobre impacto ambiental, Sánchez (2006) nos apresenta as seguintes considerações:

Se impacto ambiental é uma alteração do meio ambiente provocada por ação humana, então, é claro que tal alteração pode ser benéfica ou adversa. Mais que isso, um projeto típico trará diversas alterações, algumas negativas, outras positivas, e isso deverá ser considerado quando se prepara um estudo de impacto ambiental, embora seja devido às consequências negativas que a lei exige a elaboração desse estudo. Pode-se, então, postular que impacto ambiental pode ser causado por uma ação humana que implique: supressão de certos elementos do ambiente [...] supressão de componentes do ecossistema [...] destruição completa de hábitat [...] supressão de elementos significativos do ambiente construído [...] (SÁNCHEZ, 2006, p. 31-32).

A fim de esclarecer melhor o termo em questão, Sánchez (2006) continua e torna a reforçá-lo e, logo em seguida, estabelece uma diferenciação entre aspecto ambiental e impacto ambiental. Em suas palavras:

Impacto ambiental é, claramente, o resultado de uma ação humana, que é a sua causa. Não se deve, portanto, confundir a causa com a consequência. Uma rodovia não é um impacto ambiental; uma rodovia causa impactos ambientais. [...] Uma característica positiva da diferenciação entre aspecto e impacto ambiental adotada pela norma (ISO 14.001) é deixar claro que a emissão de um poluente não é um impacto ambiental. Impacto é a alteração da qualidade ambiental que resulta dessa emissão [...] As ações são as causas, os impactos são as consequências, enquanto os aspectos ambientais são os mecanismos ou os processos pelos quais ocorrem às consequências (SÁNCHEZ, 2006, p. 32-33).

Para exemplificar, Sánchez (2006), na Tabela 2.1, diferencia atividades humanas (causas), aspecto ambiental (mecanismos ou processos) de impacto ambiental (consequências).

Tabela 2. 1: Exemplos das ações humanas, aspectos e impactos ambientais

ATIVIDADES	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL
Lavagem de roupa	Consumo de água	Redução da disponibilidade hídrica
Lavagem de louça	Lançamento de água com detergentes	Eutrofização
Cozimento em forno à lenha	Emissão de gases e partículas	Deterioração da qualidade do ar
Pintura de uma peça metálica	Emissão de compostos orgânicos voláteis	Deterioração da qualidade do ar
Armazenamento de combustível	Vazamento	Contaminação do solo e água subterrânea
Transporte de caminhões	Emissão de ruídos	Incômodos aos vizinhos
Transporte de carga por caminhões	Aumento do tráfego	Maior frequência de congestionamentos

Fonte: Munn (1975 apud SÁNCHEZ, 2006, p. 34)

Então, pode-se afirmar que uma atividade (causa), como por exemplo, a lavagem de roupa consumirá água (aspecto ambiental), atividade que provocará uma redução da disponibilidade hídrica (consequência), que pode ser com relação à qualidade ou à quantidade, devido ao excesso na exploração dos mananciais de águas subterrâneas ou superficiais. A redução via qualidade (impacto) dá-se por meio da poluição dos mananciais, diminuindo as possibilidades de uso desses corpos hídricos. Então, o impacto, pelo que consta, deverá provocar um dano (ou a degradação), de uma forma geral, ao meio ambiente, envolvendo os aspectos social e cultural, por exemplo.

O impacto pode também ser benéfico (positivo) para a economia, uma vez que participa de forma indireta na geração de renda, em função da construção de uma

usina hidrelétrica, por exemplo, que dinamizará as máquinas de lavar, mas, ao mesmo tempo, maléfico (negativo) para a cultura local, porque seguramente significará a expropriação da terra dos produtores rurais tradicionais, podendo futuramente tornar um morador da periferia urbana ou um trabalhador rural sem teto, sem terra e desempregado, por não ter conhecimento escolar.

Para entender os impactos ambientais, justificativa da pesquisa, na suinocultura, torna-se necessário conhecer o processo de produção, o manejo e a vulnerabilidade do espaço físico em que vivemos, para, depois, propor formas de ocupação do solo que sejam menos agressivas ao meio ambiente.

Os impactos adversos que a suinocultura teoricamente pode provocar são a contaminação da água subsuperficial, do solo, do ar atmosférico, dentre outros. Entre os aspectos ambientais deficitários deste setor pode-se notar a falta de gestão (qualificação dos empregados) e de manutenção nos equipamentos (vazamentos), e a falta de cuidados no manejo dos animais (alimentação em excesso). Sendo assim, esses aspectos somados e interagindo, irão contribuir para o aumento dos impactos ambientais desse setor ao meio ambiente e a saúde pública, contribuindo para o aumento de doenças gastrointestinais às populações próximas a estes ambientes de produção de suínos.

A contextualização ou a ponte (ligação) das ciências divididas em especializações, como geologia, pedologia, hidrologia, geomorfologia, climatologia, meteorologia, e outras, com base no enfoque sistêmico, não é uma tarefa fácil, pois exige uma abordagem mais ampla do objeto de estudo e, se possível, deverá ocorrer uma interligação com outros conhecimentos ou com outras ciências e não meramente uma compilação de dados compartimentados de suas partes.

2.1 - Impactos Ambientais e seus Pressupostos

Antes de se propor uma discussão sobre o tema 'impactos ambientais', é preciso, primeiramente, definir este conceito. Custódio (1995, p. 47) tece um comentário

acerca do significado do termo impacto ou *impacte* que, segundo ele, vem “[...] do latim *impactus* (do verbo *impingere*: atirar, lançar, quebrar uma coisa na outra, com noção de impelido contra, arremessado com ímpeto para outro)”. Do ponto de vista ambiental, significa alteração, acidente, poluição, contaminação, danos, incidente, efeitos, etc.

Do ponto de vista legal, a Lei ambiental 6.938 de 1981 (BRASIL, 1981) define *meio ambiente, impacto ambiental adverso e degradação ambiental* da seguinte forma:

Meio ambiente é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas; degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente; poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos; poluidor, a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental;

Já a Resolução do CONAMA 001 de 1986 (BRASIL, 1986) define impacto ambiental como sendo qualquer tipo de alteração do meio ambiente e que pode provocar danos às atividades econômicas e sociais, à qualidade de vida e à própria natureza. Dessa forma, para este documento legal,

[c]onsidera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.

Em seguida, é necessário esclarecer que o impacto relacionado a acidentes ou a danos ambientais tem espaço na mídia com mais evidência, enquanto o termo impacto relacionado à poluição do cotidiano, de baixas proporções, passa despercebido pela imprensa, dado seu caráter repetitivo. E, para a opinião pública, por não demonstrar perigo eminente ou risco para sua sobrevivência, é tido como

um simples incidente. Seiffert (2007) compilou um histórico resumido de alguns acidentes e incidentes, conforme apresentado na (Tabela 2.2).

Tabela 2. 2: Histórico dos acidentes e incidentes ambientais após 1950

ANO	INCIDENTE/ACIDENTE
1952	A poluição por material particulado e enxofre na Inglaterra formou um fenômeno chamado smog, que foi intensificado com a inversão térmica, provocando mais de 8.000 mortes devido a problemas respiratórios (incidente).
1956	A contaminação da baía de Minamata por mercúrio acontecia desde 1939 pela companhia Chisso. Este incidente, Mal de Minamata, provocou diversas mortes e paralisias teratogênicas.
1976	Em Seveso, cidade italiana perto de Milão, ocorreu um acidente com a fábrica da Roche, liberando uma densa nuvem de Tetracloro Dibenzeno Dioxina –TCDD – produto desfolhante (agente laranja), matando mais de 5.000 pessoas.
1978	O incidente do Love Canal nos EUA, em virtude do aterramento de uma área por resíduos químicos de 1942 a 1953, provocou diversas doenças (câncer, distúrbios neurológicos e psicológicos) nas crianças.
1984	Um acidente, ocorrido em Bhopal na Índia, com a fábrica da Union Carbide provocou 3.000 mortes e deixou mais 200.000 pessoas intoxicadas.
1985	Descobre-se, neste momento, o buraco na camada de ozônio dando início às discussões sobre o aquecimento global.
1986	Acidente com o reator da usina de Chernobyl (Ucrânia) provocou 80 mortes, 2.000 pessoas hospitalizadas.
1986	Acidente na Basiléia, Suíça, onde foram derramadas mais de 30 toneladas de pesticidas no rio Reno, causando a mortandade de peixes a mais de 197 km.
1987	Acidente com o Césio, elemento radioativo, em Goiânia, com 4 mortes e 110 pessoas contaminadas.
1989	Acidente com o navio-tanque Exxon Valdez provocou um vazamento, no Alasca, de 44 milhões de litros de petróleo, contaminado uma área de 260 Km ² .
2000	Acidente da Petrobras na baía de Guanabara no Rio de Janeiro.
2000	Acidente no oleoduto da Petrobras em São Francisco do Sul (SC), com mancha de 8 km.
2002	Acidente com o petroleiro Prestige no litoral da Galícia (Espanha), derramando 20 mil toneladas de óleo, atingindo as proximidades de Portugal.

Fonte: Adaptado de Seiffert (2007, p. 8-9)

Com relação ao risco ambiental, Machado (2001) diz que a possibilidade de minimizar o dano ambiental torna-se mais efetiva com a adoção dos princípios da prevenção e da precaução. A *prevenção* relaciona-se com os riscos potenciais e evidentes de poluição e contaminação ao solo, ao ar e às águas superficiais e subterrâneas e com isso devem ser avaliadas por meio da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) ou EIA-RIMA, já a *precaução* parte do princípio da dúvida, da incerteza e de que toda atividade humana poderá impactar o meio ambiente, contribuindo com a perda da qualidade de vida das populações urbanas e rurais.

Em caso de certeza de dano ambiental, este deve ser prevenido, como preconiza o princípio da prevenção. Em caso de dúvida ou incerteza, também se deve agir prevenindo. Essa é a grande inovação do princípio da precaução. A dúvida científica, expressa com argumentos razoáveis, não dispensa a prevenção (MACHADO, 2001, p. 55)..

Com relação às metodologias de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), Bastos e Freitas (2002) sintetizam oito tipos, cujas descrições estão a seguir:

Metodologias Espontâneas (*Ad hoc*): baseiam-se no conhecimento empírico de *experts* do assunto; **Metodologias de Listagem** (*check-List*): são levantamentos prévios feitos por meio de questionários, de forma direcionada, para a avaliação a ser realizada; **Matrizes de Interação ou Matrizes de Leopold**: abordam fatores biofísicos e sociais, aspectos qualitativos e quantitativos e introduzem multidisciplinaridade às análises, cujos resultados são de fácil compreensão; **Redes de Interações** (*Networks*): facilitam o entendimento dos impactos e das medidas mitigadoras e propõem manejo, monitoramento e controle ambientais por meio de gráficos; **Metodologias Quantitativas**: associam-se valores ao estado de qualidade, variando de 0 a 1, quando da avaliação de impactos de um projeto; **Modelos de Simulação**: representam os comportamentos ambientais por meio de modelos matemáticos que utilizam variáveis qualitativas e quantitativas com ênfase na magnitude dos impactos; **Mapas de Superposição** (*Overlay Mapping*): interação de mapas, com vistas a produzir uma síntese da situação ambiental de uma área geográfica determinada, podendo gerar cartas restritivas quanto à vulnerabilidade ou cartas indicativas em relação às potencialidades, segundo Tricart e o Sistema de Informações Ambientais e **Projeção de Cenários**: baseia-se na análise de situações ambientais prováveis ou de situações hipotéticas, por meio de indicadores de tendências prováveis (grifo nosso).

Para dar fundamentação às metodologias em questão, deve-se observar se os impactos são cumulativos ou acumulativos no tempo e no espaço, em função de ações que somam efeitos, aumentando os danos ambientais. Como exemplo, tem-se o lançamento de esgotos de uma residência em um córrego que provoca baixo impacto; já o despejo de esgotos de uma cidade nesse mesmo corpo hídrico poderá alterar totalmente suas condições ambientais pela sua magnitude maior, segundo Sánchez (2006). Para esse autor,

[a] identificação de impactos faz-se, portanto por aproximações sucessivas, e os enunciados (hipóteses) podem ser revistos pela equipe a cada vez que houver uma nova evidência sobre a natureza de cada impacto ou nova informação sobre o diagnóstico ambiental. Assim, vai-se refinando a identificação ao mesmo tempo em que se avança no diagnóstico ambiental e mesmo na própria análise dos impactos [...] (SANCHEZ, 2006, p. 192).

Com relação à degradação do meio ambiente, Cunha e Guerra afirmam que

[o] manejo inadequado dos recursos naturais, tanto em áreas urbanas como rurais, tem sido a principal causa da degradação.

Como consequência, tem assistido toda uma gama de impactos, como: erosão dos solos, desmatamentos, desertificação, poluição, inundações etc (CUNHA; GUERRA, 2000, p. 377).

Também em relação a mesma questão, Sánchez (2006) continua comentando que “[a] degradação refere-se a qualquer estado de alteração de um ambiente e a qualquer tipo de ambiente. O ambiente construído degrada-se, assim como os espaços naturais. Tanto o patrimônio natural como o cultural podem ser degradados” [...] (SÁNCHEZ, 2006, p. 27).

Para maior entendimento acerca do desenvolvimento da atividade agropecuária pelas frentes pioneiras registrado no país, principalmente nas áreas de cerrado, torna-se imprescindível a compreensão dos impactos ambientais gerados por esse setor econômico em relação aos recursos naturais. Portanto, neste sentido, é preciso descrever e mostrar o nível de crise ambiental em que se encontram os diferentes sistemas naturais sob a tutela desse processo. De acordo com (LEFF, 2002, p. 195-196), “a crise ambiental é um resultado do desconhecimento da lei (entropia), que tem desencadeado no imaginário economicista uma mania de crescimento, de uma produção sem limites” [...].

Também referindo-se a essa questão, Leff nos mostra que

[a] crise ambiental é a primeira crise do mundo real produzida pelo desconhecimento do conhecimento; da concepção do mundo e do domínio da natureza que geram a falsa certeza de um crescimento econômico sem limites, até a racionalidade instrumental e tecnológica vista como sua causa eficiente [...] (LEFF, 2002, p. 207).

A questão ambiental, com base nesse paradigma, surgiu no mundo em 1972, Conferência da ONU sobre Meio Ambiente, que discutiu o limite do crescimento econômico. Nos países desenvolvidos, iniciaram-se mais efetivamente, em 1960, vários movimentos sociais, questionando a degradação ambiental. E, ainda nesse contexto, Leff (2002) apresenta uma posição acerca da crise ambiental. Em suas palavras:

A crise ambiental é a crise de nosso tempo. O risco ecológico questiona o conhecimento do mundo. Esta crise apresenta-se a nós como um limite no real, que ressignifica e reorienta o curso da história: limite do crescimento econômico e populacional; limite da pobreza e da desigualdade social. Mas também crise do pensamento ocidental [...] A crise ambiental, entendida como crise de civilização,

não poderia encontrar uma solução por meio da racionalidade teórica e instrumental que constrói e destrói o mundo. Apreender a complexidade ambiental implica um processo de desconstrução e reconstrução do pensamento; remete-nos às suas origens, à compreensão de suas causas [...] (LEFF, 2002, p. 191-192).

Para dar sustentação a esse pensamento, Suguio (1999, p. 322) afirma que a espécie humana atravessou uma série de fases evolutivas, tais como “*Australopithecus* (no pleistoceno inferior), *Homo Erectus* (no pleistoceno médio), *Homo Sapiens* (pleistoceno superior), até alcançar a de *Homo sapiens, sapiens* (durante o holoceno)”, espécie evoluída no período do Quaternário. Mas foi no último século do holoceno, ou época atual, que ocorreram as mudanças ambientais mais significativas na superfície terrestre. Essas alterações, tanto no solo como na água, na atmosfera e nos organismos vivos são reflexos da intensificação da ação antrópica sobre o meio ambiente, fase histórica que Suguio (1999, p. 322) chama de era do “Quinário ou Tecnógeno”.

2.1.1- Poluição Hídrica

Salienta-se que as modificações no espaço físico estão poluindo e contaminando os corpos hídricos de uma forma geral no Brasil e no mundo. Sendo assim, para que se possa fazer a descontaminação desses ambientes necessita-se de tecnologias caras e sofisticadas para os países, com recursos escassos, como os da África, América Latina e a maioria do continente asiático. Destaca-se que a qualidade de vida e a sobrevivência de pessoas e de animais dependem da água destes mananciais.

A poluição hídrica por metais pesados, como mercúrio (Hg), prata (Ag), cobre (Cu), cádmio (Cd), zinco (Zn), chumbo (Pb), cromo (Cr), níquel (Ni), cobalto (Co), pode ser danosa em função da quantidade e da bioacumulação na cadeia trófica. Os maiores prejuízos desse processo recaem sobre o homem, ao se alimentar de peixes e outros animais do final dessa cadeia. Os metais pesados, com seu efeito tóxico, poderão ter um forte impacto no meio aquoso, pois podem alterar a ação dos

microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. Essa alteração reduz a DBO e aumenta a eutrofização (BASTOS; FREITAS, 2002).

Com relação à questão da poluição hídrica, Bastos e Freitas (2002) comentam que, ao analisar água com metais pesados, o pesquisador deve tomar cuidado com os resultados de OD, por exemplo. Esses metais são adsorvidos quimicamente por minerais ou absorvidos pelo lodo, por sedimentos de fundo ou pela matéria orgânica. Então, se a água apresentar qualidade de OD, isto não significa que estará em boas condições de potabilidade, pois poderá estar contaminada por metais pesados.

Para a saúde do ecossistema aquático, o teor de OD na água deve ser superior ao limite recomendado pela Resolução 357 do CONAMA, que é de 5 mg/L. Ao contrário, se for inferior a este limite, tem-se uma água de péssima qualidade.

Já o nitrogênio amoniacal apresenta efeitos nocivos à saúde humana. Os gases exalados desse composto podem ser muito intensos, podendo provocar poluição atmosférica e causar dores de cabeça e outros mal-estares; em condições de exposição prolongada, esses sintomas podem ser agravados.

O nitrito e o nitrato, formados a partir do nitrogênio, ao somarem-se aos efeitos do fósforo, podem provocar, em função da quantidade, diversos graus de eutrofização em corpos hídricos. Salienta-se que esses elementos, após processos de nitrificação, podem gerar determinados tipos de câncer. Esses elementos químicos são excelentes nutrientes para o *fitoplancton*, mas, em grandes quantidades, são prejudiciais à vida aquática de uma forma geral.

Com relação ao pH (potencial hidrogeniônico), Domingues (2009) esclarece que este parâmetro influencia a toxicidade dos metais pesados. O referido autor afirma que a toxicidade aumenta em função da solubilidade, ou seja, quanto mais baixo o pH, mais tóxicos são os metais.

A condutividade da água, por sua vez, dá-se pela passagem de corrente elétrica nos sais acumulados nos corpos hídricos. No entanto, a condutividade aumenta com o acúmulo de poluentes e resíduos na água. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo diz que valores superiores a 100 S/cm μ caracterizam-se como um impacto ambiental (SÃO PAULO, 2010).

No tocante às bactérias heterotróficas, pode-se afirmar que quando elas estão presentes em determinadas concentrações, ocorre a degradação do carbono orgânico, a infestação, em geral, e a poluição microbiológica dos corpos hídricos. Sendo assim, as mesmas não possuem ação patogênica. Essas bactérias promovem a desintegração de carboidratos, proteínas, celulose, etc (USP, 2010).

As bactérias do grupo coliformes fecais são indicadoras de poluição fecal. As mesmas estão associadas a fezes de animais de sangue quente e ao solo; elas possuem a capacidade de desintegrar os açúcares. Estas são consideradas de ação patogênicas e poderão desencadear doenças de veiculação hídrica, como febre tifóide, cólera, disenteria bacilar e paratifóide (USP, 2010).

O sulfeto, segundo Piveli (2010), é um indicativo de formação de gás sulfídrico e, em seu estágio mais avançado, pode ser altamente tóxico e corrosivo em tubulações e locais concretados, reduzindo sua vida útil. A formação deste composto químico pode se dar pelos resíduos da ração, da alimentação dos suínos, ou pela redução do sulfato de origem natural. O contato do homem com este elemento químico pode ser fatal em doses elevadas.

Nesse contexto, é de suma importância a preocupação com a qualidade das águas. Isto exige uma atenção especial por parte dos gestores públicos, dos pesquisadores e da sociedade em geral, com vistas à preservação da qualidade dos mananciais e da água para consumo humano, a fim de que se possa cuidar da saúde da população, uma vez que a água pode atuar como veículo de transmissão de agentes de doenças infecciosas e parasitárias (BRASIL, 2005). Para esclarecer o conceito de poluição, Sánchez (2006) afirma que

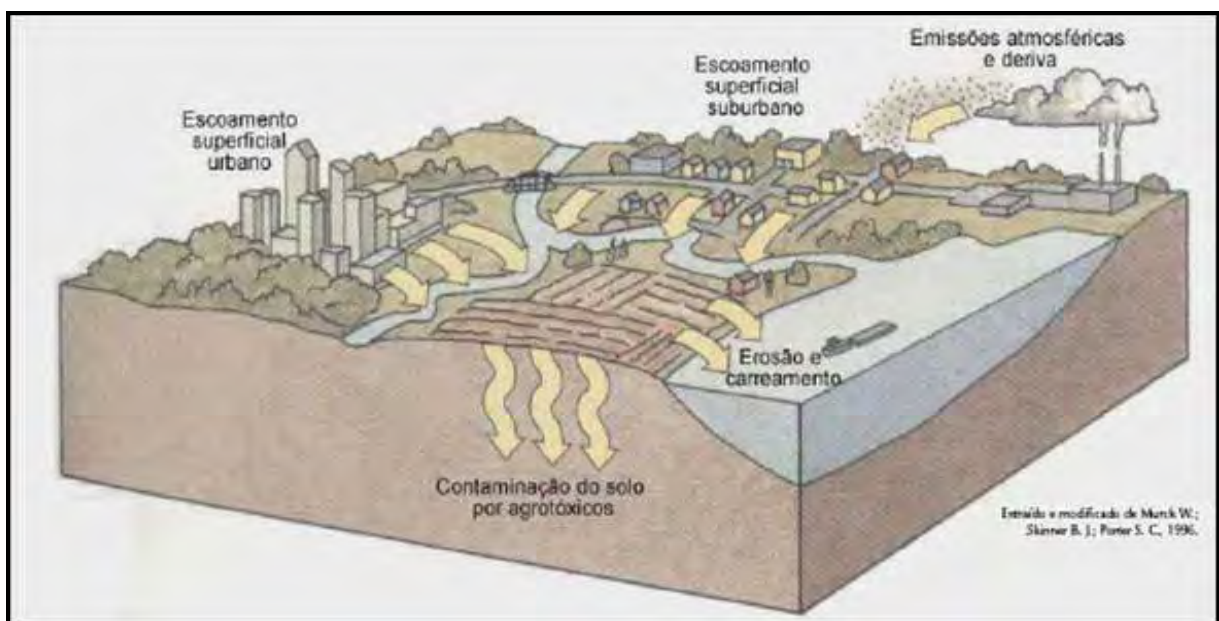
[o] verbo poluir é de origem latina, *polluere*, e significa profanar, manchar, sujar. Poluir é profanar a natureza, sujando-a [...] As causas da poluição são as atividades humanas que, no sentido etimológico, “sujam” o ambiente. Dessa forma, tais atividades devem ser controladas para se evitar ou reduzir a poluição [...] São exemplos de poluentes: Elementos ou componentes químicos presentes nas águas superficiais ou subterrâneas, cujas concentrações podem ser medidas por procedimentos padronizados [...] Material particulado ou gases potencialmente nocivos presentes na atmosfera, cujas concentrações podem ser medidas por métodos normalizados [...] Ruído, medido usualmente em decibéis [...] Vibrações, medidas, por exemplo, em mm/s, cujos valores são estabelecidos por normalização técnica. Radiações ionizantes,

medidas, em Bq/l ou Sievert, que são também objeto de regulamentação específica (SÁNCHEZ, 2006, p. 25).

Já em termos de localização ou dispersão dos contaminantes, a poluição difusa é um dos tópicos mais preocupantes no tocante aos efeitos ambientais em corpos hídricos. O escoamento superficial, ao passar sobre os solos desnudos, em vias urbanas, em solos agricultáveis ou sobre os campos de pastagem, carrega resíduos, poluentes e contaminantes, de uma forma geral, que, ao se acumularem e serem depositados, principalmente em rios, córregos, lagos e oceanos, alteram toda a dinâmica natural desses espaços, conforme mostra a Figura 2.1.

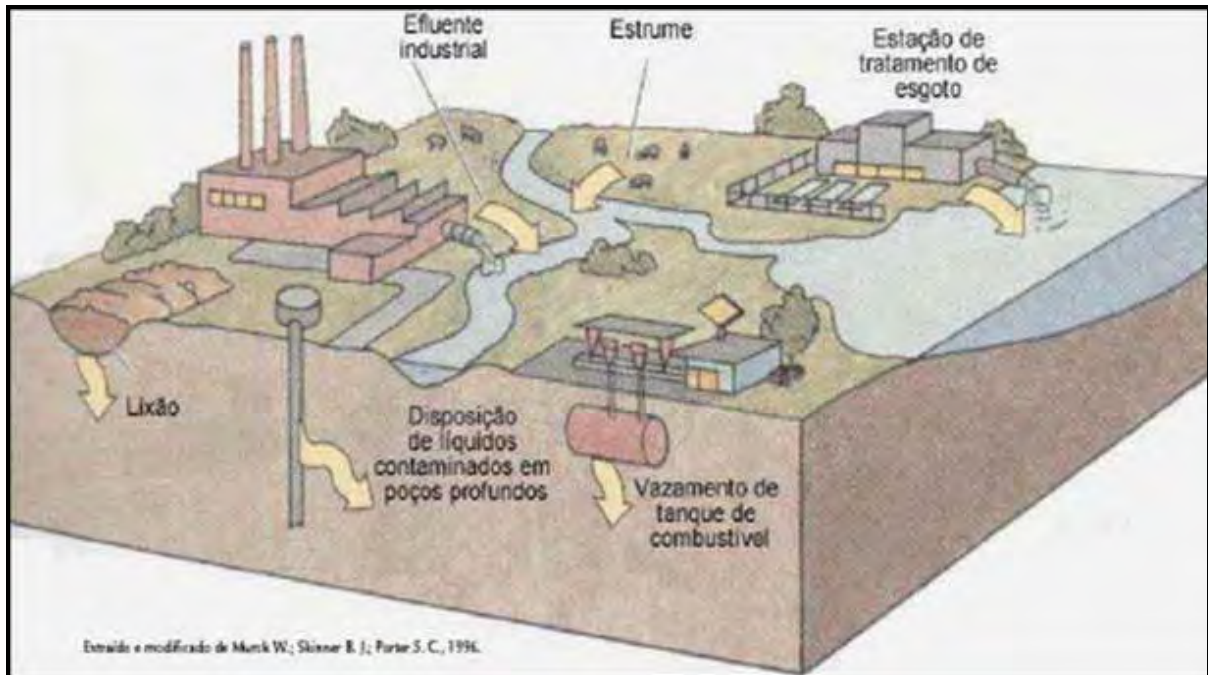
Mas, parte desse escoamento poderá infiltrar-se por via de lixiviação, alterando também a qualidade da água subsuperficial e do aquífero. Entender esse processo torna-se importante para que se possa intervir nas atividades poluidoras que, na maioria das vezes, estão distribuídas de forma difusa e provenientes de fontes diversas. Isto dificulta o diagnóstico e as possíveis intervenções, exigindo dos técnicos e pesquisadores uma base científica de cunho integrado. São exemplos de poluição pontual: problemas localizados no cano de esgoto, manejo inadequado dos dejetos de suínos (granja), do estrume de bovinos (estábulo), dos efluentes de agroindústrias, os vazamentos de oleodutos, entre outros, conforme mostra a Figura 2.2.

Figura 2. 1: Fontes de poluição difusa de corpos hídricos



Fonte: Munk *et al.* (1996 apud Migliorini; Duarte e Barros Neta, 2007, p. 65)

Figura 2. 2: Fontes de poluição pontual em corpos hídricos



Fonte: Munk *et. al.* (1996 apud Migliorini; Duarte e Barros Neta, 2007, p. 64)

Entende-se que a legislação ambiental é importante, mas somente ela não resolve os problemas ambientais. É preciso também investir em ações que reforcem a cidadania, a educação ambiental, nas ações ambientais via incentivos governamentais, nas ações de comando e controle, nas “Organizações Internacionais de Padronização” ISO 14.001, nos produtos de selo verde e outras ações assemelhadas.

2.1.2 Impactos Ambientais da Suinocultura

Para a descarga dos efluentes de suínos nos corpos hídricos, serão necessários certos cuidados como, depositá-los em lagoas de decantação e maturação e também verificar a vazão do córrego ou do rio, a fim de se manterem as condições ambientais desse corpo hídrico. A quantidade de água de um corpo hídrico poderá ser uma forma de realizar a autodepuração da matéria orgânica em suspensão, desde que se tomem certos cuidados em relação às condições hidrosanitárias desse meio.

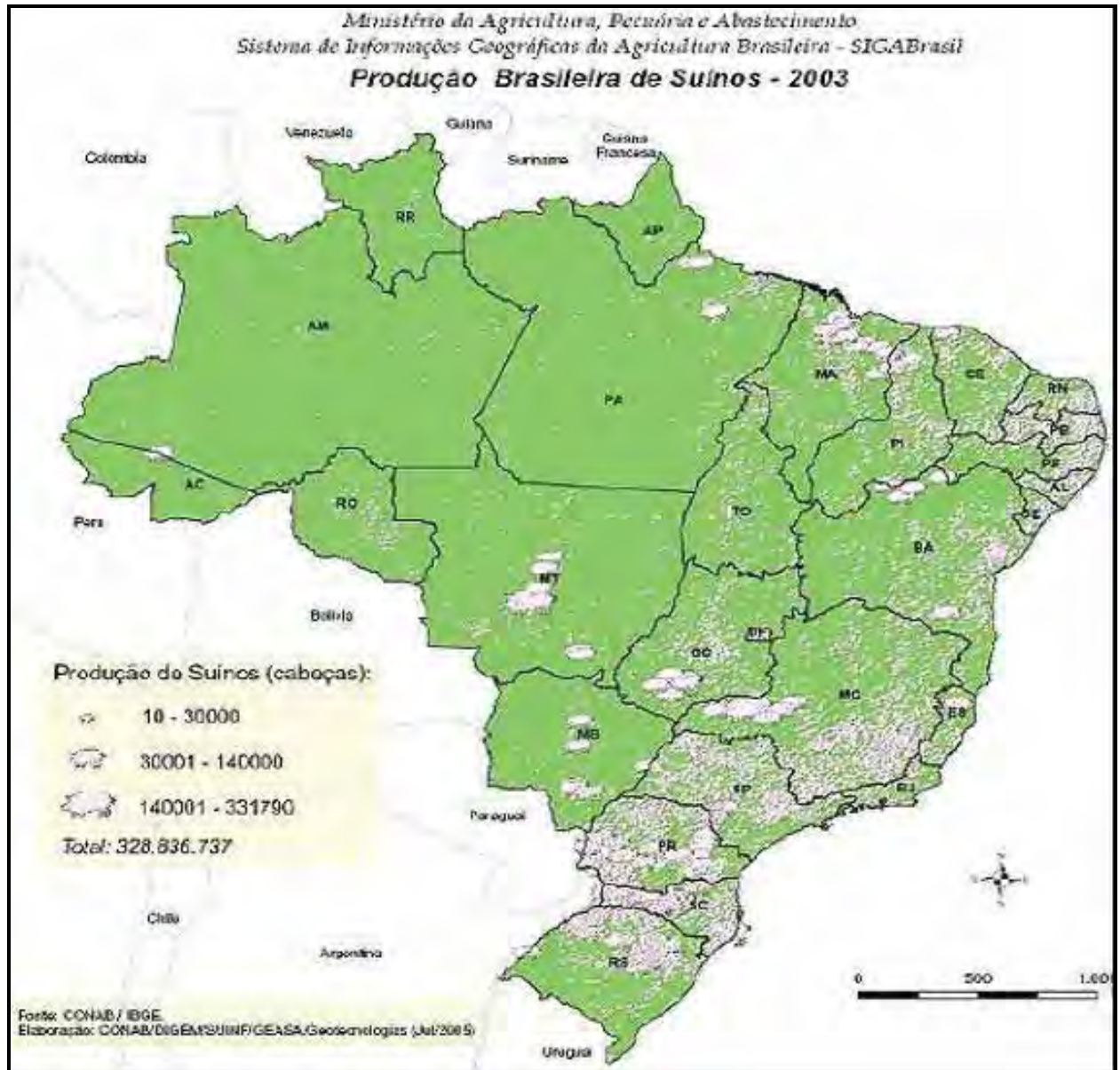
Realizar a disposição dos dejetos de suínos no solo, para adubação, deve levar em conta o manejo adequado nas granjas e dispor de um local apropriado para a maturação do dejetos, via biodigestor e lagoas de decantação impermeabilizadas. O lançamento de dejetos de suínos “*in natura*”, no solo ou em corpos hídricos, de forma inadequada pode provocar diversos impactos, como mau cheiro, poluição do solo por metais, como zinco e cobre e nitrogênio e contribuir com a eutrofização dos corpos hídricos, diminuindo a quantidade de oxigênio na água e provocando a mortandade de organismos aquáticos. Assim, as alterações no solo poderão também contaminar a produção de alimentos de origem animal ou vegetal e/ou contaminar a água subsuperficial (KONZEN, 2003).

No Brasil, essa situação negativa abrange diversas regiões e Estados do país, tais como: Triângulo Mineiro (MG), sul de Goiás (Rio Verde e Jataí), norte do Maranhão, norte da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e São Paulo (BRASIL, 2003). A região sul (Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina) apresenta uma maior concentração de produtores de suínos, principalmente nos Estados do Paraná e Santa Catarina, conforme mostra a Mapa 2.1.

Segundo dados do IBGE (BRASIL, 2010b), a produção de suínos no Brasil estava em quarto lugar, em 2008, no cenário mundial, atrás da China, da União Européia e dos EUA. A quantidade de suínos no Brasil, em 2008, divulgada no site do IBGE, aproximou-se de 38 milhões de cabeças (BRASIL, 2010b). Ainda com base em dados deste órgão, o Estado de Santa Catarina é o maior produtor, com cerca de 20%, de suínos do Brasil. Com relação ao contexto regional, destaca-se que a região Sul tem aproximadamente 45% de toda a produção nacional.

E ainda com relação aos países do entorno do mar báltico, principalmente na Alemanha, maior produtor de suínos da Europa, Finlândia, Suécia, Dinamarca e países do leste Europeu (Rússia, Letônia, Polônia, Lituânia, Estônia e Ucrânia) pode-se afirmar que também se preocupa com as questões ambientais relacionadas com a suinocultura, segundo Balcerre *et. al.* (2011). Para orientar os produtores desses países em questão, são expedidas deliberações normativas, convênções (Agenda 21) e orientação (comando e controle) para a redução de nitrato, fósforo, e outros resíduos na água e no ar na Europa, de acordo com Balcerre *et. al.* (2011).

Mapa 2. 1: Mapa da produção de suínos no Brasil



Fonte: Brasil (2003)

Segundo o exposto, destacam-se alguns procedimentos que visam a minimizar os impactos dessa produção, como o manejo de produção de suínos, o plano de fertilização de áreas agricultáveis, boas práticas de gestão da agropecuária, que podem ser aliadas com sistemas de tratamento com vistas a reduzir os impactos negativos na água, no ar e na forma de poluição microbológica, que são prejudiciais (doenças) às populações residentes, nessa área. Considerando-se que os efeitos dos impactos dos dejetos suínos ainda são pouco conhecidos e levando-se em consideração também a importância que representam, a presente pesquisa pretende

investigar a quantificação e a qualificação dos impactos ambientais sobre a água subsuperficial do córrego Bebedouro advindos da implantação de uma granja de suínos.

Para agravar essa situação não desejada, ultimamente, registra-se um aumento acelerado na produção de suínos no mundo e no Brasil para atender ao mercado global de carnes. Tal fato provocou diversos impactos ambientais, principalmente na China, país cotado como primeiro produtor internacional; em seguida, vêm os EUA, a Alemanha, a Espanha, a França, a Polônia, o Brasil e o Canadá, segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2001).

Para esclarecer o termo “dejetos de suínos”, é preciso entendê-lo como tudo aquilo que se retira e se descarta na criação de porcos: unhas, pêlos, couro, fezes, urina, ração e água de uso em bebedouros e lavagem de piso. É preciso esclarecer também que, nesse contexto, já existem algumas agroindústrias ou produtores de suínos aproveitando partes desses dejetos para a obtenção de outros benefícios como créditos de carbono, confecção de sabão e calçados com couro, etc.

A minimização dos impactos desses resíduos não é fruto somente de leis ambientais mais restritivas, mas também deve-se à pressão dos organismos internacionais ligados às certificadoras vinculadas às ISO 14.001, com os enunciados de produção sustentável ou de produção mais limpa. Entre outras medidas, de comando e controle, elas propõem que os dejetos (fezes e urina) sejam biodegradados em estufas de lona (biodigestores) para a obtenção do gás metano para a geração de energia elétrica.

2.1.3 - Dejetos de suínos e suas consequências

Salienta-se que a pesquisa em destaque na área de estudo, bacia do Córrego Bebedouro, na cidade de Uberlândia, será relevante para que se possa conhecer mais detalhadamente os efeitos da prática da suinocultura e esclarecer algumas das falsas interpretações em relação ao que é impacto ambiental e ao que não é impacto ambiental, ou seja, o que deve ser considerado efeito ambiental.

A produção de suínos, de forma industrial, provoca um intenso impacto no meio ambiente, principalmente em relação à eliminação de alguns metais pesados (cobre e zinco), ao despejo de matéria orgânica que altera a composição da DBO e OD e a outros resíduos, como os compostos nitrogenados, de fósforo e os sulfetos. A Figura 2.3 mostra, de forma geral, os possíveis impactos gerados, a partir desse processo, que atingem o solo, o ar e a água. Sobre este assunto, Rodrigues argumenta que “a problemática ambiental nos desafia a compreender o espaço em suas múltiplas dimensões. Retorno, assim, à idéia de que, em todas as suas diferentes dimensões e proposições sobre a sustentabilidade, o espaço é categoria indispensável de análise” (RODRIGUES, 1998b, p. 117).

Tudo indica ser rentável a produção de suínos para os donos desses meios de produção, porém não o é para o empregado e muito menos para o meio ambiente. O benefício econômico e social interno, com a exportação de carne suína para a Rússia e países do Oriente Médio não pode ser contabilizado com base no acúmulo capitalista de uma grande agroindústria, às vezes transnacional (Brasil *Foods*) de base monopolista (em torno de 32% do mercado deste produto no país), se seus resultados provocam danos ao meio ambiente local, a partir da construção de ambientes de riqueza, em meio à pobreza, pela via do uso de tecnologias poupadoras de mão de obra.

Estudar os impactos no meio ambiente demanda um conhecimento que contemple, dentre os vários aspectos do cotidiano urbano ou rural, os de caráter social, ambiental, cultural, políticos e os econômicos. Esse fenômeno de agravamento das características ambientais derivadas da produção de alimentos para consumo local ou externo começou a ser conhecido somente há algumas décadas. Por tal motivo, a abordagem ambiental institucional teve seu início na década de 1970, porém, na década de 1980, surgiram com mais intensidade as questões ambientais, ver Figura 2.4.

Penso que a questão ambiental deve ser compreendida como produto da intervenção da sociedade sobre a natureza e não apenas como problemas relacionados com a natureza. Esta problemática é visível por meio de vários “problemas” – enchentes, inundações, poluição do ar e das águas, ilhas de calor, doenças cardiorrespiratórias e infecciosas, destruição da camada de ozônio, efeito estufa e chuvas ácidas. Deve ser compreendida, também,

como produto da atuação global da sociedade e não apenas de uma fração de classe ou gênero. E, para compreendê-la, é necessário analisar a produção e o consumo do e no espaço (RODRIGUES, 1998b, p. 101).

Para garantir a sustentabilidade ambiental e social no espaço rural, com o uso da fertirrigação, além da disposição adequada dos dejetos de suíno na agropecuária, deve-se adotar certos cuidados com a proximidade de organismos vivos destes locais, homem e animais, além de outros cuidados que necessariamente devem ser adotados, como analisar o tipo de solo, o período ou estação do ano (tempo seco e chuvoso, a declividade do terreno, a matéria orgânica, a quantidade de resíduos acumulados no solo e a capacidade de absorção e adsorção dos nutrientes químicos (adubos) e orgânicos (resíduos de animais), devem ser adotados.

Para o bom gerenciamento dos recursos naturais, é importante levar em conta indicadores de sensibilidade do solo aos ataques antrópicos e naturais e dados como espessura ou profundidade do solo, textura, estrutura, capacidade de retenção hídrica e capacidade de infiltração, erodibilidade e drenabilidade, conforme sugerem Almeida e Tertuliano (2002).

Figura 2. 3: Efeitos ambientais da Suinocultura

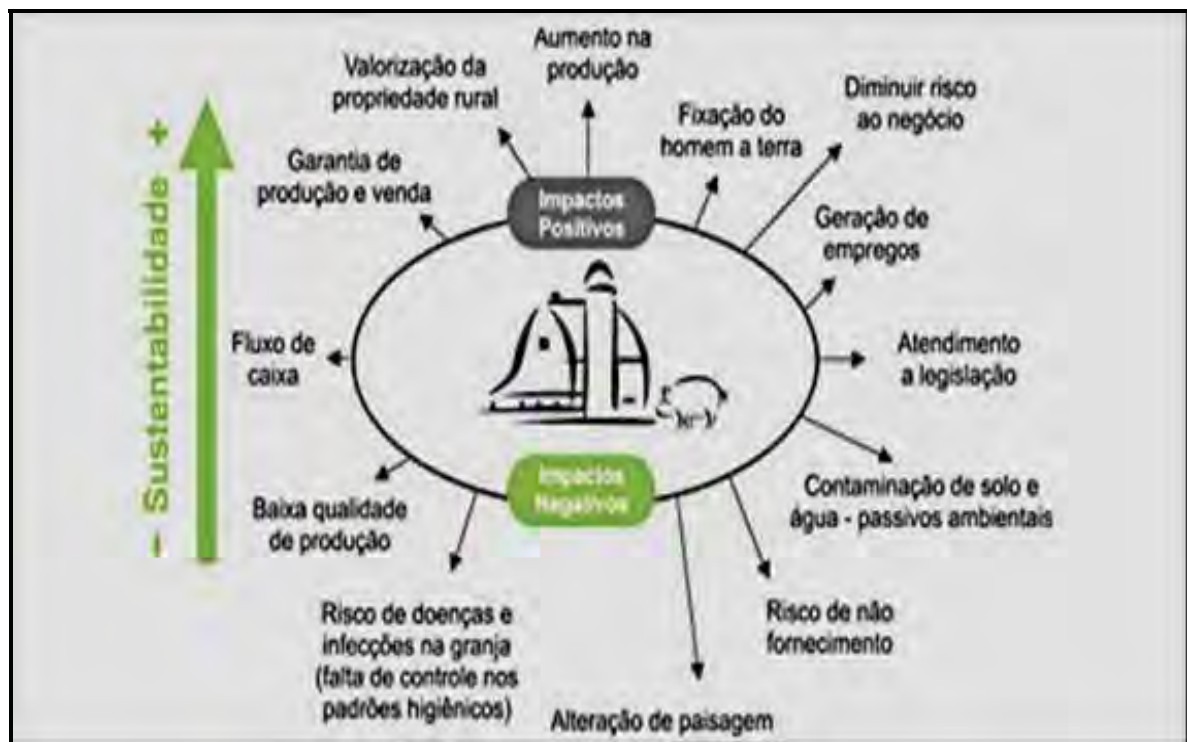


Fonte: Instituto Brasil Foods de Sustentabilidade (2004)

Esses autores mostram que o desmatamento ou a supressão da vegetação natural para a implantação de campos agrosilvopastoris provocam impactos nos solos e nos corpos hídricos; os aquíferos, os rios e os córregos são contaminados pelo uso indiscriminado de fertilizantes e agrotóxicos. O avanço de pragas e doenças no campo contribuiu para o uso excessivo de produtos nocivos, cada vez mais agressivos ao meio ambiente. Também a retirada da vegetação provoca um aumento do escoamento laminar e a perda da camada superficial de solos, de nutrientes naturais e sintéticos (fertilizantes) e de resíduos de agrotóxicos por lixiviação, provocando assoreamentos, eutrofização e contaminação dos corpos hídricos. Neste sentido, Almeida e Tertuliano asseveram que

[os] solos são sempre sensíveis aos danos causados pelo uso antrópico e, além das suas funções edáficas, outras funções, como a do armazenamento de lençóis aquíferos e a capacidade de dissolução de compostos orgânicos, podem ser afetadas pelo uso inadequado, causando perdas ao ambiente e ao próprio homem, posto que o solo, juntamente com a atmosfera e a água, constitui a base fundamental de sustentação da vida no planeta (ALMEIDA; TERTULIANO, 2002, p. 36).

Figura 2. 4: Sustentabilidade sob o enfoque sistêmico



Fonte: Instituto Brasil Foods de Sustentabilidade (2004)

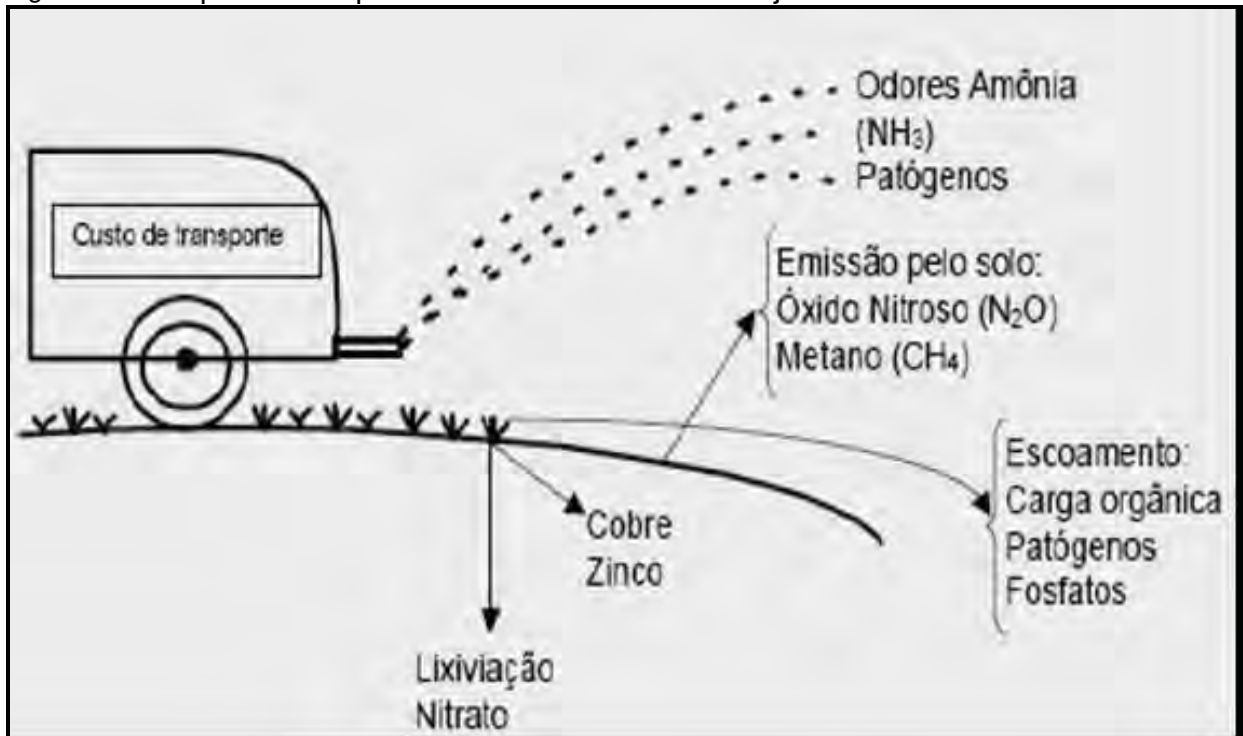
Diante desse fato, Giroto (2007) mostrou que pode ocorrer um acúmulo de metais pesados, como cobre e zinco, na parte superficial do solo e a percolação dessas substâncias em profundidade nas camadas edáficas, neste caso específico, devido ao lançamento de dejetos de suíno sob o solo. Nos testes com os parâmetros antes indicados, foi constatado que as maiores doses (120 m³ por ha) provocam maiores concentrações desses metais em mg/kg nas camadas do solo.

Outros trabalhos, como os de Basso (2003) e Basso *et al.* (2002) afirmam que o nitrato contido nos resíduos percolam as camadas mais profundas do solo, podendo contaminar a água subsuperficial. A amônia do dejetos de suíno pode rapidamente volatilizar em condições normais de temperatura e pressão para a atmosfera após sua disposição no solo. Já o fósforo pode ser lixiviado e carregado pelo escoamento superficial para outros cursos de água.

Por sua vez, Konzen (2003; 2007) também confirma a preocupação com a contaminação por metais pesados nas camadas superficiais do solo, com a possibilidade de percolação para as partes mais profundas. Isso poderá contaminar a água subsuperficial e os mananciais de superfície. A respeito dessa situação, o mesmo autor (KONZEN, 2003) comenta que o acúmulo de altas concentrações de cobre, zinco e nitrogênio, por meio de dejetos de suínos no solo, pode contaminar os mananciais de águas subterrâneas devido à movimentação em profundidade no seu perfil. Para confirmar os efeitos dos dejetos de suínos no meio ambiente, Oliveira (2002) apresenta um desenho esquemático (Figura 2.5).

Os estudos aqui citados deixam clara a necessidade de atenção e cuidados que devem ser prestados no que se refere à contaminação do solo, das águas e do ar, além do impacto a seres vivos, após a construção de galpões de criação de suínos, assunto que tem se revelado fonte de preocupação. Mas, percebe-se que é preciso ir além desses levantamentos e buscar uma conexão entre o uso e a ocupação do solo e sua interação com o meio, levando-se em consideração seus aspectos social, ambiental, econômico, entre outros. Para isso, necessita-se conhecer a composição do esterco líquido de suínos que, como apresentado por Pereira (2006), constitui-se de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, ferro, zinco, cobre e outros elementos.

Figura 2. 5: Esquema dos problemas ambientais dos dejetos de suínos



Fonte: Oliveira (2002, p. 79)

Em relação aos teores médios de minerais utilizados em rações alimentícias para ciclo completo de criação de suínos, Vaz *et al.* (2004), também alerta para a possibilidade de contaminação do solo, da água subsuperficial e das águas superficiais pelo nitrogênio, devido ao efeito acumulativo em razão das altas doses de aplicação no solo ou do lançamento de dejetos de suínos em corpos hídricos e da impossibilidade de serem assimilados naturalmente.

No estudo dos autores supracitados, foi detectado um alto valor para a DQO (30.000 mg/L), com possibilidade de impacto nos mananciais hídricos de forma geral. Sendo assim, este dado foi incluído na tabela 2.3, com as respectivas porcentagens de conteúdo, tanto de minerais quanto de fibras, bem como de outros componentes.

Labeyrie (2007, p. 133) mostrou que a concentração de pessoas ou de animais em uma pequena área tende a aumentar o poder de poluição e os danos ambientais - "efeito ecológico de escala" -, enquanto que a dispersão das populações em áreas maiores e dos rebanhos no espaço torna a ciclagem natural dos resíduos pela natureza mais eficiente. Nas palavras desse autor,

[...] um milhão de pessoas reunidas numa cidade poluem mais um rio do que 1.000 aldeias de 1.000 habitantes. Uma criação industrial de porcos contendo 5.000 animais polui mais do que 5.000 pequenas criações individuais. Schumacher, em *Small is Beautiful*, mostrou o quanto o gigantismo é incompatível com um desenvolvimento harmonioso (Labeyrie, 2007, p. 133).

Tabela 2. 3: Teores médios de minerais em rações para ciclo completo de criação de suínos.

MINERAIS	%
Nitrogênio	2,84
Potássio	0,77
Cálcio	1,04
Fósforo	0,44
Magnésio	0,52
METAIS	%
Cobre	0,021
Zinco	0,043
Manganês	0,033

Fonte: VAZ et. al. (2004, p. 3)

Para exemplificar o poder poluente de DBO dos dejetos de suínos, com vistas a comparar o grau de impacto e seu volume ao meio ambiente com as fezes humanas, utilizamos a Tabela 2.4. O impacto ambiental dos dejetos de um (1) suíno, segundo dados do Estado de Santa Catarina (SC), é proporcional ao impacto de esgotos de mais ou menos 10 a 12 pessoas concentradas em áreas urbanas (TUNDISI, 2005).

Tabela 2. 4: Comparação de dados de (DBO) entre o esgoto e os dejetos de suínos em SC

CABEÇA DE SUÍNO	10 a 12 PESSOAS
Município de concórdia tem 250.000 suínos	2,5 milhões de pessoas
Oeste catarinense possui um plantel de 3.000.000 suínos	30 milhões de pessoas

Fonte: Adaptado TUNDISI (2005, p. 58)

Com relação ao teor de nitrogênio (N) utilizado no sistema de produção de suínos, fica evidente a possibilidade de contaminação, uma vez que 92% desse elemento entram no sistema, embora 47% saiam do sistema (em excesso) e 24% sejam eliminados nos dejetos (OLIVEIRA, 2002). Dessa forma, pode-se inferir que ocorre um aproveitamento negativo ou um desperdício de N na produção de suínos pesquisada por esse autor, contribuindo para os impactos no solo, na água e no ar.

Segundo levantamento de Miranda (2007), apoiado em pesquisas recentes, percebe-se um aumento na demanda de proteínas animais (neste caso, provenientes de suínos) para atender às demandas do mercado mundial de carnes. Essa situação provocará efeitos no plano social, na saúde e no meio ambiente dos países produtores de proteínas de origem animal. Isto poderá agravar as condições socioambientais e de saúde pública nos meios rural e urbano, devido à exclusão dos produtores tradicionais descapitalizados, ao surgimento de zoonoses por animais criados em granjas e à pressão sobre os mananciais hídricos e solos.

O rebanho de suínos no âmbito mundial, de acordo com esse autor, está por volta de 787 milhões de cabeças e já se tornou a principal fonte de proteína animal consumida pela população, com 40% do mercado de carnes.

Essa demanda por carne suína poderá provocar uma pressão ambiental em relação à geração de nutrientes (resíduos) e às áreas para a reciclagem desses, segundo Perdomo *et al* e Seganfredo (2003 *apud* MIRANDA, 2007).

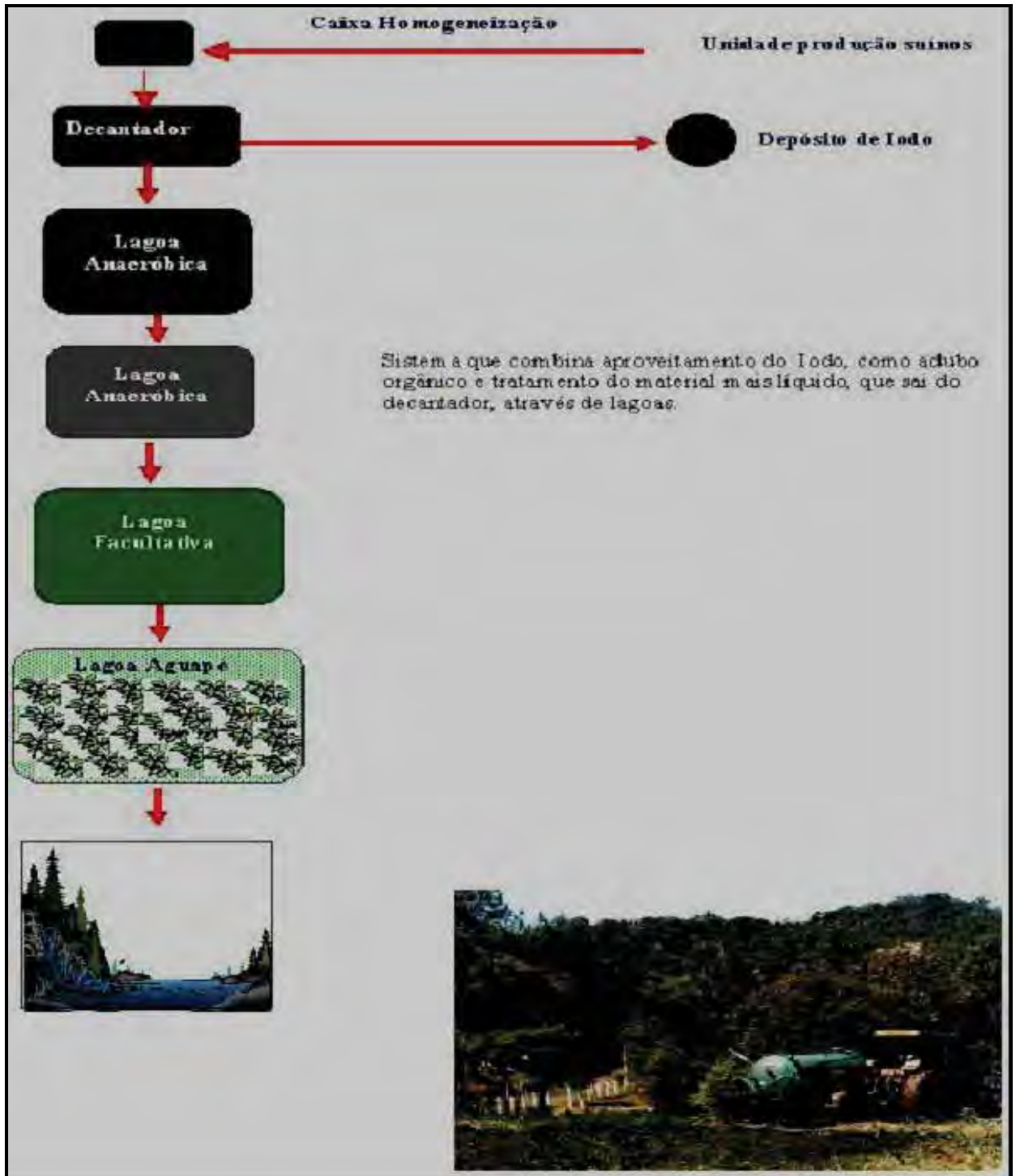
Para efeito de comparação, destacamos que a produção de suínos no Triângulo Mineiro, principalmente em Uberlândia, está em torno de 1 suíno por habitante. Nesse sentido, essa quantificação, no que tange à pressão ambiental face à intensificação da produção de suínos em determinadas localidades do país, como SC, Triângulo Mineiro e partes de SP, RS e MT, poderá ter problemas com relação à ciclagem dos excessos de resíduos em áreas agricultáveis de suas granjas de suínos Perdomo *et al* e Seganfredo (2003 *apud* MIRANDA, 2007). Com relação a estes dados, Miranda (2007) afirma o seguinte:

Esses valores demonstram uma concentração que pode ser considerada elevada, principalmente pelo fato de que nem toda a área de lavoura temporária de um determinado município é passível de ser utilizada para reciclagem de nutrientes, haja vista que do ponto de vista econômico existe uma distância máxima entre o local de produção e seu destino. Além disso, existem limitações nas características químico-físico e biológicas que impedem que a totalidade da área agrícola seja possível de ser utilizada na reciclagem dos nutrientes (Miranda, 2007, p. 31).

Portanto, torna-se impossível sanear o subproduto adubo para ser utilizado na agricultura, somente por meio de tratamento em biodigestor e por outros métodos, de forma particular. Para sanear de forma eficiente, será necessário encaminhar os

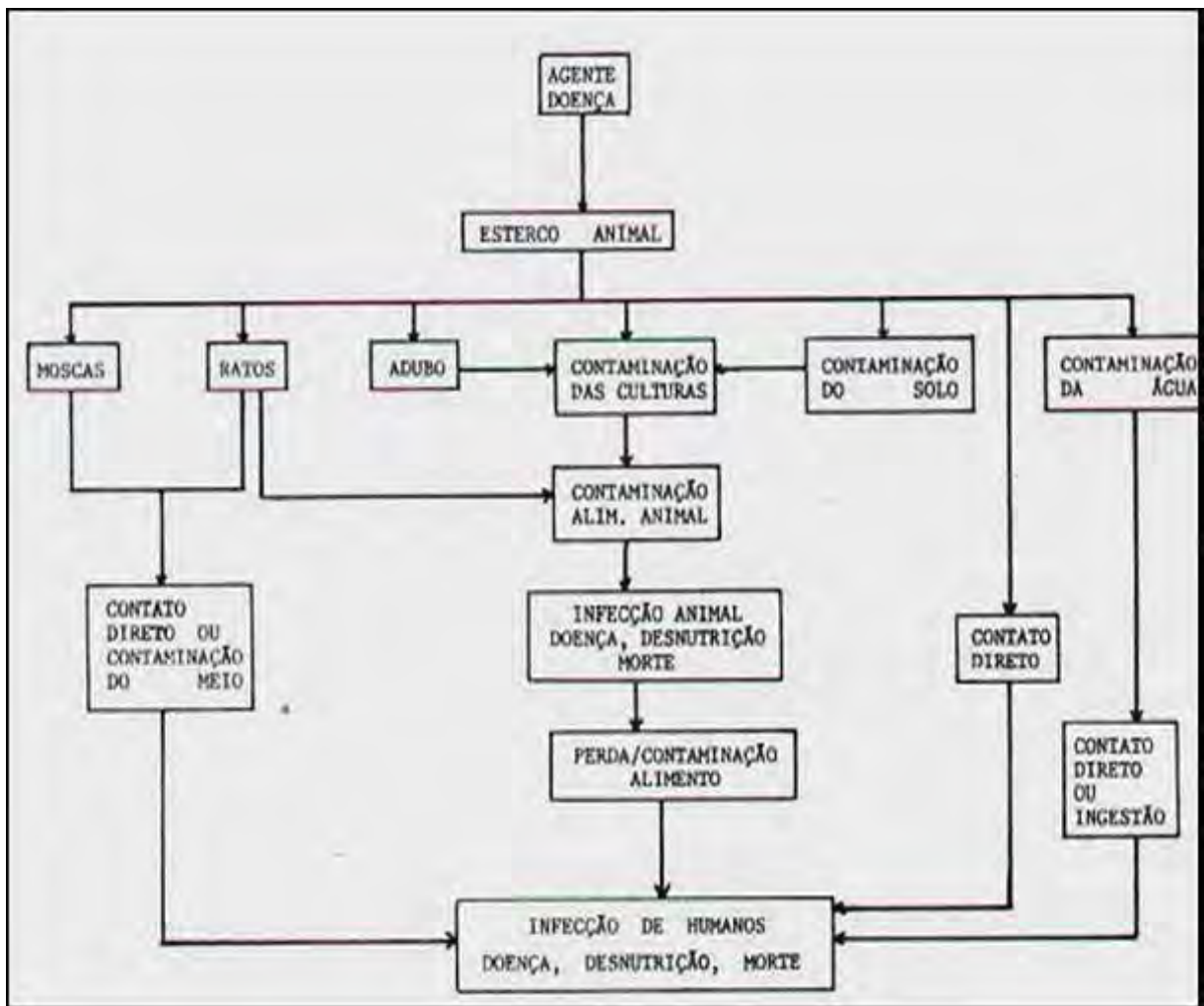
dejetos para lagoas facultativas e estimular os processos de transformação aeróbios, e anaeróbios, criar aguapés para a retirada de nutrientes e, em seguida, realizar compostagem, como se pode constatar na Figura 2.6.

Figura 2. 6: Fluxograma do sistema de tratamento de dejetos de suínos.



Consideramos ficar claro que a gestão ambiental sustentável dos dejetos de suínos exige uma preocupação mais ampla, pois tanto a carga orgânica como a contaminação devem ser reduzidas, evitando-se a proliferação de odores e a possibilidade de transmissão de doenças aos animais e aos seres humanos (OLIVEIRA *et al*, 1993), contribuindo com a sustentabilidade social da comunidade nas proximidades da granja de suínos. A Figura 2.7 esquematiza toda a dinâmica de possibilidades de se contrair doenças via dejetos de suínos, que poderá ocorrer por meio de vetores (moscas, ratos, baratas) ou de forma difusa no meio ambiente (água, ar e solo).

Figura 2. 7: Interação entre os dejetos de animais e as doenças infecciosas no homem



Fonte: Oliveira *et al.* (1993, p. 31)

Oliveira *et al* (1993) comenta que é necessário conhecer a dinâmica comportamental dos organismos patogênicos. Para torná-los inativos, será preciso facilitar a variação

na temperatura (desprendimento de calor) e controlar o pH, que pode chegar a 11 ou 12. Este processo de transformação de matérias não acontecerá em ambiente anaeróbio, devido à falta de oxigênio, dificultando a oxidação completa e o desmembramento da matéria orgânica. Para que se possa entender e analisar esse processo, é fundamental que se apresente uma análise da poluição hídrica em todos os níveis, tanto no solo quanto na água superficial e subterrânea.

Após todos esses cuidados e com a aplicação de um plano de manejo adequado, poder-se-á utilizar sem restrições esse biossólido na agricultura. Essa atitude também reduzirá a ação impactante do efluente, pois as bactérias do solo e outros agentes presentes no espaço removerão a matéria orgânica biodegradável – o fósforo, o nitrogênio e os germes patogênicos, etc. Mas, a disposição de dejetos de suínos no solo de forma inadequada, sem o tratamento prévio, poderá impactar tanto o solo quanto a água, o ar e alguns seres orgânicos devido à quantidade ou à sua acumulação na área em questão (PEREIRA, 2006).

Assim, para que seja possível analisar a atividade de produção de suínos no âmbito regional, torna-se necessário entender o arcabouço mercadológico, financeiro e institucional, que envolve essa cadeia produtiva, que se dá por meio de parcerias, sistemas integrados, como a recente formação da empresa “Brasil Foods”, proveniente da junção das empresas Sadia e Perdigão. Ressalta-se, porém, que a granja de suínos do IFTM – Campus Uberlândia –, objeto desta pesquisa, não está subordinada a essa estrutura comercial, mas funciona para atender o refeitório do campus desse Instituto.

2.2 - Gestão Sustentável da Suinocultura (Brasil Foods)

Segundo Santos *et al* (2006), ocorreu um processo de ocupação do cerrado, principalmente, a partir de 1960 até o início de 1980, por meio dos incentivos fiscais via Programa de Desenvolvimento dos Cerrados - POLOCENTRO e PRODECER. No final da década de 1980, em função da crise de Estado e a abertura comercial, ocorreu uma diminuição dos empréstimos governamentais e nesse momento os

oligopólios transnacionais do setor agroalimentar (complexo agroindustrial) começa a financiar o sistema produtivo, induzindo a agricultura brasileira a se beneficiar da modernização, já em andamento.

Sendo assim, inicia-se um processo de reestruturação no sistema de produção agrícola nacional, de base familiar, ficando no setor somente os produtores que conseguiram capitalizar e diversificar a sua produção via criação de suínos, bovinos e aves, etc. Essa situação marca uma nova fase na agropecuária brasileira, pois ao deixar de ser dono de seu próprio negócio, o produtor começa a investir na suinocultura e na avicultura em grande escala, em Uberlândia, no Triângulo Mineiro, devido à articulação do setor agroindustrial de carnes. Isso o transformou em um trabalhador indireto da indústria e não mais aquele produtor de outrora que produzia segundo o tempo da natureza. Sendo assim, Pelegrini e Cleps Júnior (2001) diz que:

[...] O final da década de 80 marca uma nova fase na agricultura brasileira, caracterizada, principalmente, pela significativa diminuição dos recursos oficiais destinados ao crédito agrícola, com a redução considerável da intervenção do Estado, e pela intensificação da dependência da agricultura frente aos setores mais organizados da economia: financeiro, industrial e comercial [...] As perspectivas de incremento da produção no interior do país têm sido percebidas pelas principais empresas do setor industrial de carne suína, as quais estão liderando esses investimentos, orientando-se não somente pelas potencialidades dessas regiões como produtoras de grãos e suínos, como também pela nova dinâmica industrial [...] A suinocultura coloca-se entre os setores mais dinâmicos da produção alimentar. Pela forte articulação com a indústria de carnes, neste setor, verifica-se uma constante incorporação de novas tecnologias e uma incessante reorganização nos sistemas de produção, com vistas a acompanhar o progresso industrial [...] (PELEGRINI; CLEPS JÚNIOR, 2001, p. 1)

Segundo os autores, Pelegrini e Cleps Júnior (2000), a Rezende Alimentos, empresa agroindustrial que se instalou em Uberlândia em 1962 e foi adquirida pela Sadia em 1999, modernizou o seu parque produtivo a partir da década de 1960 via integração Indústria – agricultura, com melhoramento na genética e rações balanceadas. A experiência da integração em questão surgiu a partir de 1950 com a agricultura familiar no sul do Brasil; e em Uberlândia, no ano de 1996, com produtores e empresários integrados pela Sadia e Rezende Alimentos e por fim, atualmente, pela *Brasil Foods*.

Salienta-se que o complexo Agroindustrial surgiu a partir da integração no setor de grãos e carnes e o mesmo aproveitou dessa situação para explorar e subjugar o produtor por meio de contratos de fornecimento de matéria-prima às agroindústrias em destaque no país. Sendo assim, esse setor não precisa fazer investimentos em terras, galpão, assistência técnica, pesquisa e mão-de-obra, pois recebe o seu produto (suínos e aves) para o abate e em seguida faz sua venda ao mercado nacional e internacional de carnes e embutidos, segundo Pelegrini e Cleps Júnior (2001).

A Brasil Foods, empresa do segmento agroindustrial, foi fundada em 1944 por Atílio Fontana, no município de Concórdia (SC), tendo afirmado, ao longo dos anos, sua excelência na produção de derivados de carne suína e bovina, de frango e de peru, além de massas, margarinas e sobremesas. Mantém um parque fabril com 14 unidades industriais, duas unidades agropecuárias e centros de distribuição espalhados por sete Estados brasileiros. No exterior, tem representações comerciais em 11 países, quais sejam: Panamá, Chile, Uruguai, Argentina, Alemanha, Inglaterra, Rússia, Turquia, Emirados Árabes, China e Japão (Fonte: Instituto Brasil Foods de Sustentabilidade (2004).

A fusão da empresa em questão, no momento atual, torna-se essencial para a sobrevivência no mercado globalizado, orientado pelo mercado de capitais e pela bolsa de valores. Para dar sustentação a essas ações, a empresa busca novos mercados por meio de entrepostos comerciais no exterior, ampliando as exportações de suas commodities.

Para dar sustentação a essas mudanças (monopólios, fusão e internacionalização da economia), que se beneficiam da rede mundial de computadores, das comunicações por satélites, da bolsa de valores, da pesquisa, da técnica, da ciência e do conhecimento em geral, sob o viés do pensamento de Descartes, Newton e outros, houve fatores decisivos para o avanço das pesquisas de cunho linear, reducionista e fragmentador em relação à intervenção humana no espaço geográfico. Por isso, essa situação tenderá a provocar um distanciamento do homem em relação à natureza e, por conseqüência, fomentar a poluição, geração de resíduos e, por fim, contribuirá com a destruição de nosso habitat.

A produção de suínos pode ser economicamente viável, porém não é totalmente sustentável, podendo provocar diversos danos ao meio ambiente, se não forem implantadas algumas medidas necessárias, tais como: produzir rações com dosagem certa e equilibrada de micronutrientes; efetuar o tratamento dos dejetos; respeitar a distância adequada de corpos hídricos e de moradias, além de outras determinações legais. Sendo assim, sem levar em consideração a sobrevivência do próprio homem, essa produção de alimentos pode prejudicar a harmonia da natureza ou a qualidade de vida das pessoas.

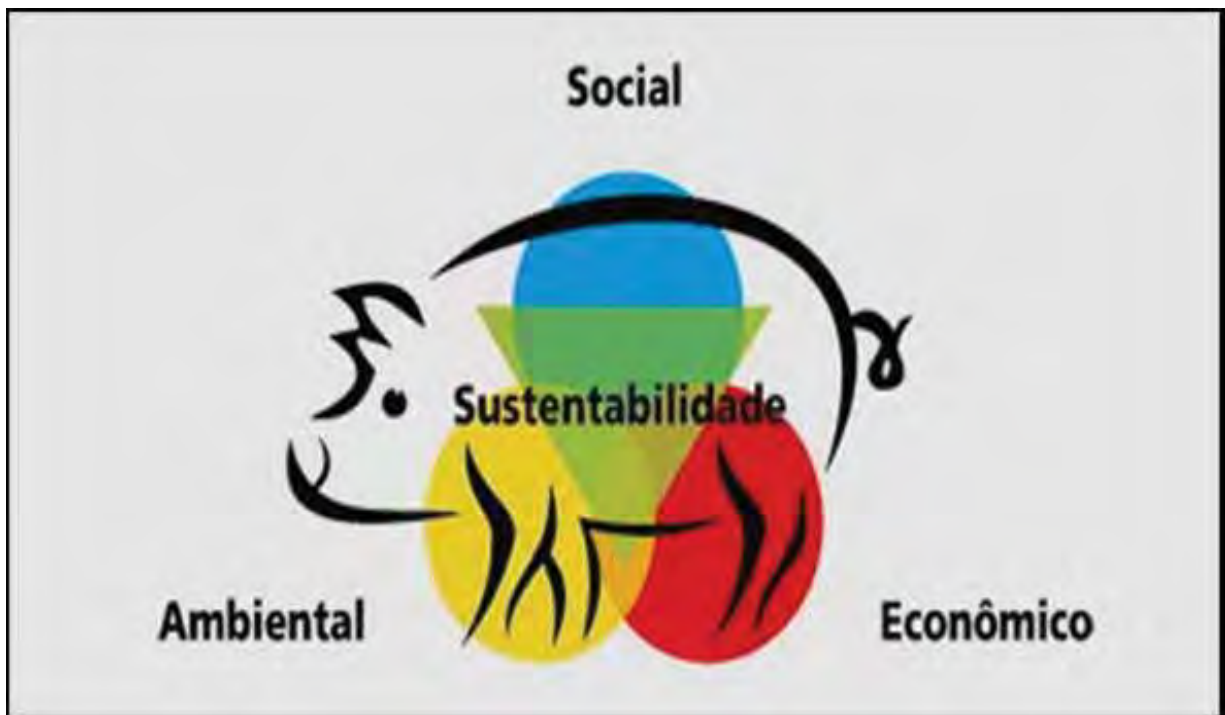
As mudanças no sistema capitalista, focadas no mercado mundial, na maioria das vezes, geram impactos ambientais, principalmente em países com baixa fiscalização e pouca responsabilização pelos danos causados ao meio ambiente, como o Brasil. Em se tratando de impactos sociais relacionados à concentração de renda (fusão de empresas) e à desestruturação no mundo do trabalho, são gerados prejuízos para os trabalhadores em relação a baixos salários, terceirizações e demissões que, via de regra, acontecem com as fusões entre grandes conglomerados empresariais. Isto se dá em função da necessidade de se gerar mais lucros para os grandes capitais e mais receita por conceitos de exportação para o país, mas não necessariamente, melhores condições para os produtores integrados ao sistema e para os trabalhadores da Sadia e da Perdigão, que agora serão cooptados pela “sadição” ou “Brasil Foods”.

Seguindo esta mesma linha de raciocínio, Rodrigues (1998a) apresenta os aspectos contraditórios do progresso de cunho capitalista ancorado na industrialização. Essa autora afirma, também, que a urbanização passou a ser o motor das transformações socioespaciais, motor do aumento do consumo e, por fim, alavanca da produção, induzida e incentivada pela televisão, pela internet, pelo rádio e pelos demais meios de comunicação, contribuindo eficazmente com o desencadeamento da problemática ambiental. O Estado, nesse contexto, é um dos atores principais dessa contradição, na medida em que incentiva a produção – neste caso, de suínos - para exportação em escala industrial, para atender ao mercado mundial de carnes que dispõe de poder aquisitivo para o efeito, não o fazendo, porém, com vistas a garantir aos brasileiros que estão à margem do poder econômico o direito de ter um cardápio variado com carne suína em suas refeições.

Para tornar mais abrangente o objetivo de desenvolvimento social e econômico, mais integrado, mais democrático e mais harmônico, será preciso abarcar também as questões ambientais, sociais, culturais, políticas e econômicas, ver Figura 2.8.

Para a gestão dos requisitos ambientais relacionados a produção de suínos, a empresa Sadia criou o Instituto Brasil *Foods* de Sustentabilidade, que é uma Organização Social de Interesse Público (OSCIP), implantada em 2004, com o objetivo de promover o Desenvolvimento Sustentável e o retorno social face aos investimentos desse empreendimento na produção de suínos no Triângulo Mineiro, no sul do Brasil, em São Paulo e no Mato Grosso. A Brasil *Foods*, atualmente, foi pressionada por mecanismos ambientais de mercado a instalar cerca de 1.000 suinocultores integrados com biodigestores, contribuindo para a redução do impacto do metano, vinte e uma vezes mais impactantes que o gás carbônico, que poderá ser fonte de energia para os produtores rurais.

Figura 2. 8: Gestão sustentável da suinocultura



Fonte: Instituto Brasil *Foods* de Sustentabilidade (2004)

Segundo dados da Revista Suinocultura Industrial (MARTINS; OLIVEIRA, 2009), da formação do gás estufa, a porcentagem de metano (CH_4) corresponde a 65%; enquanto que o gás carbônico (CO_2) a estimados 35%. Kermarrec, *et al* (1999 *apud*

MARTINS; OLIVEIRA, 2009) comenta que, nos dejetos de suínos, além desses gases, encontra-se o óxido nitroso (N_2O), sendo que o gás metano é definido como o principal gerador do Gás de Efeito Estufa (GEE).

Dessa forma, a obtenção do crédito de carbono via redução do poder poluidor do gás metano, com a produção de suínos pelos produtores, está baseada na parceria com a agroindústria.

Nesse sentido, a adesão do suinocultor ao processo de integração da Sadia dá-se por meio de contratos que, em seu bojo, deverão ter a preocupação com as áreas econômica, social e ambiental. Estes dados podem ser vistos no excerto transcrito a seguir.

Os suinocultores, ao serem apresentados ao Programa pelos técnicos da SADIA, decidem se participarão voluntariamente. Ao aderir ao Programa, o Suinocultor deve preencher a Folha de Dados, (*Checklist*) e o Contrato de Adesão. A partir da Folha de Dados é realizado o cálculo das emissões reduzidas com a instalação do biodigestor e obtém-se uma estimativa de quantos Créditos de Carbono o suinocultor poderá receber (Potencial de Redução de Emissões). O Instituto Sadia de Sustentabilidade capta, junto ao mercado, recursos para a instalação dos biodigestores e instala-os nas granjas participantes. O suinocultor operará o biodigestor em regime de comodato e poderá abater o investimento da instalação dos biodigestores através dos Créditos de Carbono. O Instituto negociará os Créditos de Carbono dos suinocultores no mercado. O montante recebido será distribuído entre os suinocultores (de acordo com o Potencial de Redução de Emissões de cada um), abatido o investimento realizado nos biodigestores e os custos de execução e operação do programa (Instituto Brasil *Foods* de Sustentabilidade, 2009).

Por essa razão, percebe-se a necessidade e a importância econômica e social desses empreendimentos, apesar de se saber que trata-se de obras de impactos significativos ao meio ambiente.

Além desse detalhe, essa preocupação ambiental “forçada” poderá também amenizar a imagem da empresa junto à sociedade, que é extremamente exigente com as questões ambientais, via marketing de empresa ambientalmente sustentável.

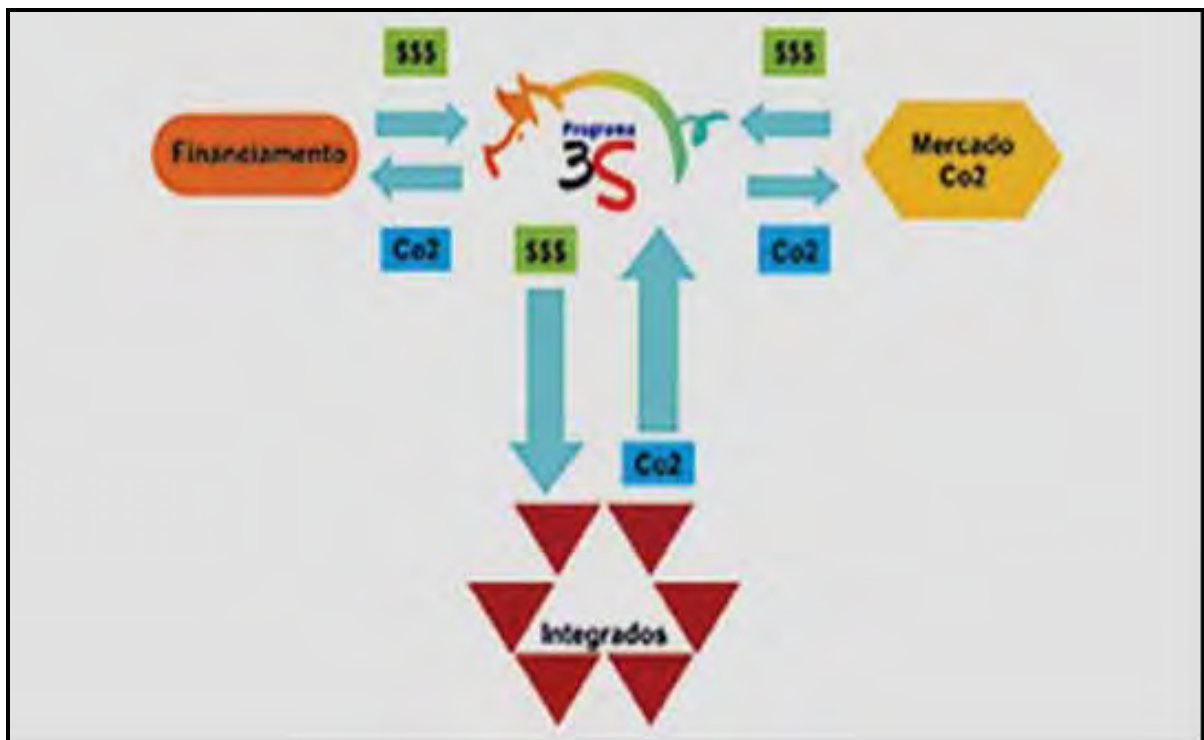
Em uma análise mais profunda, fica evidente que, na maioria das vezes, a compra desses créditos de carbono é executada por empresas européias e norte

americanas que não querem reduzir seus investimentos e seus impactos no âmbito local.

Ao repensar essa questão, a economia capitalista vinculada ao sistema agroindustrial, para se manter de forma sustentável, não hesita em procurar o uso de todos os mecanismos possíveis para solucionar os problemas gerados pela produção de suínos, quer seja em investimentos de mercado, quer seja na minimização de seus impactos ao meio ambiente e também na sociedade.

Por exemplo, parte de um sistema complexo, a comercialização de créditos de carbonos, vendidos no mercado mundial, é uma moeda (economia) ambiental que promove a sustentabilidade e contribui para a redução dos impactos ambientais de empreendimentos poluidores, conforme mostra a Figura 2.9.

Figura 2. 9: Crédito de carbono



Fonte: Instituto Brasil Foods de Sustentabilidade (2004)

A redução dos impactos ambientais dos dejetos de suínos, tanto no solo como na água subsuperficial, nos leva a acreditar que os produtores de suínos e a população em geral começam a se preocupar com a natureza, não só por força de uma lei, mas também via aquisição de produtos mais sustentáveis.

2.3 – Produção de Suínos: Globalização e as Questões Ambientais

Para entender as questões ambientais, Canali (2002) apóia-se nas análises de Santos (1996) para explicar que a apropriação dos recursos naturais está ligada à sociedade globalizada e ao avanço da técnica (tecnologia e ciência) e que, por fim, poderá alterar o próprio homem, no espaço geográfico. Essas novas configurações, segundo esses autores, ocorrem em função das modificações no espaço geográfico, nas paisagens, nos objetos geográficos. Santos (2008; 2002) define esse espaço como meio técnico-científico e informacional, o qual artificializa a natureza por meio dos fixos (granjas, silos e outros) e fluxos (comércio, conhecimentos, tecnologia, mercadorias, dentre outros). Esse processo configura-se, com mais intensidade, a partir de 1950. Como sugere Santos:

A história do homem sobre a terra é a história de uma ruptura progressiva entre o homem e o entorno. Esse processo se acelera quando, praticamente ao mesmo tempo, o homem se descobre como indivíduo e inicia a mecanização do planeta, armando-se de novos instrumentos para tentar dominá-lo. A natureza artificializada marca uma grande mudança na história humana da natureza. Hoje, com a tecnociência, alcançamos o estágio supremo dessa evolução (SANTOS, 2008b, p. 17).

Segundo o autor em questão, nessa configuração, conclui-se que as mudanças qualitativas e quantitativas acumularam-se a tal ponto que “[...] hoje a ação antrópica tem efeitos continuados, e cumulativos, graças ao modelo de vida adotado pela humanidade” (SANTOS, 2008b, p. 17).

A fragmentação do objeto para estudo não é suficiente para que se possam entender as dinâmicas e a resiliência do sistema e suas complexidades. A análise desses pontos possibilita o entendimento da situação de pressão, de intensidade, de carga, de instabilidade e de fluxo, e outros, e também suas relações com o solo, com a água, com os animais, com o ar, com a vegetação, etc (CANALI, 2002).

O racionalismo mecanicista e cartesiano, segundo Casseti (2002), surge no Iluminismo e é, em seguida, utilizada por Bacon, Newton e Descartes e, por fim, apropriada na concepção da geografia, para a análise ambiental, com o intuito de

dominação ideológica (alienação), de subjugação de povos, de expansão de territórios e de reprodução ampliada do capital.

Nesse viés, a natureza é externalizada, e visa-se somente atender aos ditames do sistema de produção capitalista. Contudo, na visão sistêmica, procura-se buscar um ponto de equilíbrio, ou ponto de mutação, tal como utilizado por Capra, entre uma produção capitalista selvagem e outra de base ecológica. A este respeito, Canali nos postula que

[e]m relação à organização do espaço mundial há uma tendência de que a atividade de produção, com todas as consequências negativas ao meio ambiente delas advindas, concentre-se nos países menos desenvolvidos, onde são mais baratos a mão-de-obra e o solo e são contornadas, com menores custos, as exigências de proteção ao meio ambiente. No território dos países mais desenvolvidos ficam as atividades mais ligadas ao desenvolvimento de tecnologias, à engenharia de produtos e à comercialização, ou seja, o subsistema “limpo” da produção industrial (CANALI, 2002, p. 168-169).

Esse processo sustenta-se da seguinte forma: “[...] meio técnico, científico e informacional está presente em toda a parte, mas suas dimensões variam de acordo com continentes, países, regiões: superfícies contínuas, zonas mais ou menos vastas, simples pontos” (SANTOS, 2008b, p. 48). Este autor nos mostra ainda que

[q]uando os Estados Unidos se sentiram prontos a entrar vantajosamente na competição, através das suas novas tecnologias, mesmo as da informação, e por meio dos sistemas produtivos correspondentes, compreenderam que a primeira tarefa era desmantelar as condições socioeconômicas e sociopolíticas que lhes constituíam um obstáculo [...] favorável ao processo de descolonização [...] desmantelam o arcabouço que permitiria aos impérios crescer [...] o império americano do após-guerra não tem como base a posse de colônias, mas o controle de um aparelho produtor de ciência e de tecnologia e a associação entre esse aparelho, a atividade econômica e a atividade militar [...] aberta a porta para o triunfo de um novo sistema (SANTOS, 2002, p. 44-45).

Sendo assim, a produção de suínos configura-se, nesse processo, como uma forma de exportação da carne desses animais por preços baixos, às vezes, contribuindo para uma remuneração baixa para os produtores desse setor.

Do ponto de vista ambiental, essa atividade provoca vários problemas no que se refere ao solo e à água. A minimização dessa situação seria o planejamento desses

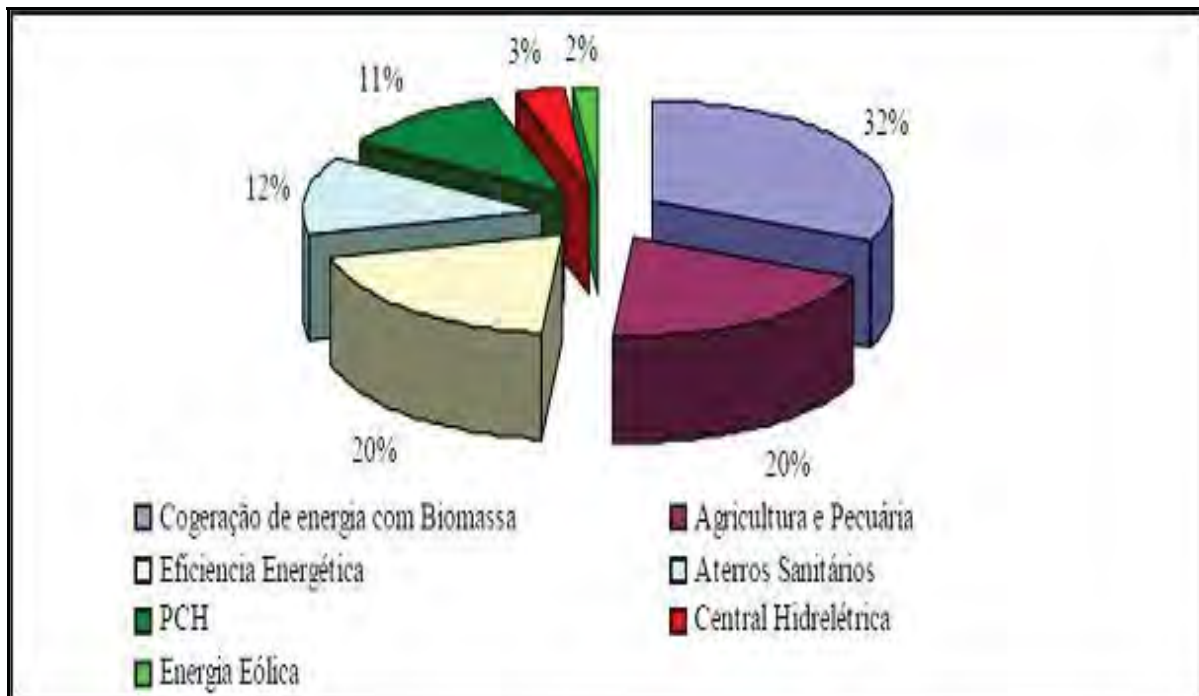
empreendimentos a partir da construção de uma carta de aconselhamento, com vistas a reduzir os danos ambientais dos dejetos de suínos no meio ambiente.

Contudo, verifica-se que a maioria das granjas de suínos situadas no município de Uberlândia está organizada de forma integrada com a agroindústria “Brasil Foods”, união da Sadia com a Perdigão, que utiliza desse sistema para se beneficiar e em troca ajuda e capacita o pequeno produtor, parceiro descapitalizado, na obtenção de conhecimentos técnicos e mercadológicos.

A agroindústria que se ancora nos ditames da globalização utiliza-se desse artifício para auferir grandes lucros, sem correr riscos com a produção de suínos e aves. Por esta razão, é necessário que se invista na construção das granjas, as quais devem ter como um de seus objetivos o cuidado com o meio ambiente, instalando biodigestores, por exemplo, e aprimorando o processo produtivo em si.

A Figura 2.10 mostra que 20% dos projetos de MDL estão relacionados com a agricultura e com a pecuária; salienta-se que a maioria desses projetos está relacionada à implantação de biodigestores nas granjas de suínos.

Figura 2. 10: Participação dos projetos de MDL no Brasil



PCH – Pequenas Centrais Elétricas

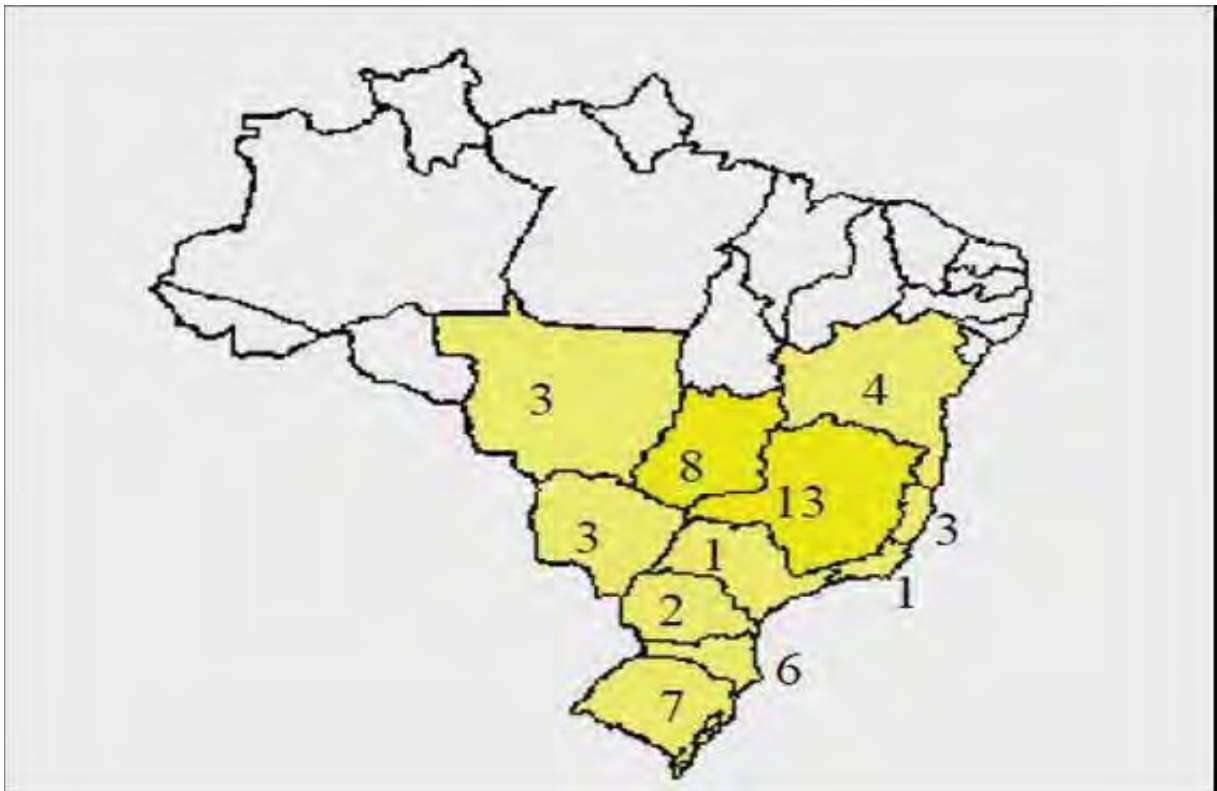
Fonte: Bartholomeu; Raniero; Miranda e Bartholomeu (2007, p. 9)

Como parte do planejamento ambiental de cunho econômico, torna-se necessária a implantação de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), como os biodigestores, as lagoas de estabilização, o zoneamento agroecológico, para que se possa obter a minimização dos impactos ambientais da produção de suínos; porém sabe-se que os suinocultores de Uberlândia estão preocupados, na verdade, com os rendimentos econômicos (lucros).

A Figura 2.11 destaca que MG e GO possuem o maior percentual de granjas envolvidas com o MDL, no Brasil, possibilitando a redução do gás metano, com valores de 36% (MG) e 19% (GO), do montante de 19 milhões de toneladas anuais deste gás, oriundos da produção de suínos (Bartholomeu; Raniero; Miranda e Bartholomeu, 2007).

Na Figura 2.12, os dados confirmam que a participação da suinocultura, com 15%, está em segundo lugar no rol de projetos de MDL, contribuindo de forma significativa para a minimização dos impactos ambientais no solo, na água e no ar.

Figura 2. 11: Localização das granjas suinícolas envolvidas no projeto de MDL

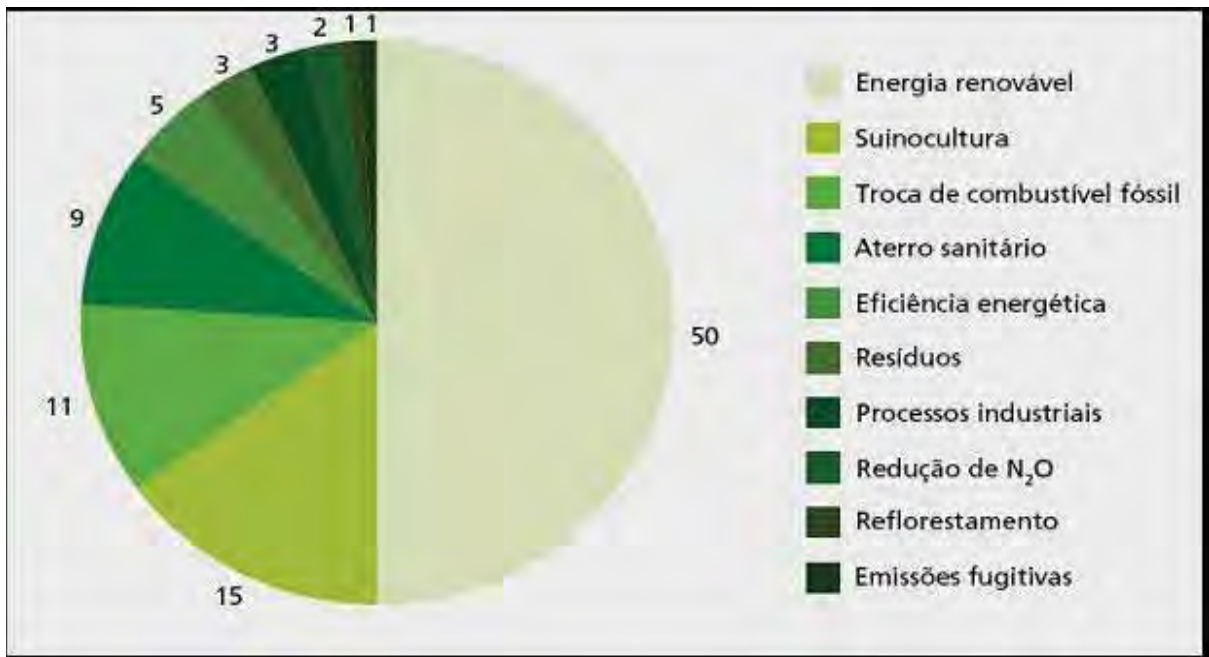


Obs. Mapa publicado sem escala e sem orientação.
 Fonte: Bartholomeu; Raniero; Miranda e Bartholomeu (2007, p. 15)

Para a pesquisa em questão, procura-se delinear a metodologia de Zuquette (1987) que possibilite a construção de uma carta de aconselhamento, visando propor áreas propícias para a alocação de granjas na bacia do córrego Bebedouro (BCB).

Diante desse fato, destaca-se a importância da produção de suínos para a economia do município, para os produtores e para os trabalhadores.

Figura 2. 12: Número de projetos por escopo setorial no Brasil



Fonte: Brasil (2010, p. 150)

Esses projetos de MDL que representam 70% das granjas de suínos estão implantados em estabelecimentos com um plantel entre 250 e 5.250 animais, segundo Bartholomeu; Raniero; Miranda e Bartholomeu (2007). Com base nessa análise, pode-se afirmar que, no geral, os pequenos produtores não conseguem se inserir nesse projeto de minimização dos impactos ambientais por falta de capital para esse investimento.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA E PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

3.1 - Caracterização da Área de Estudo

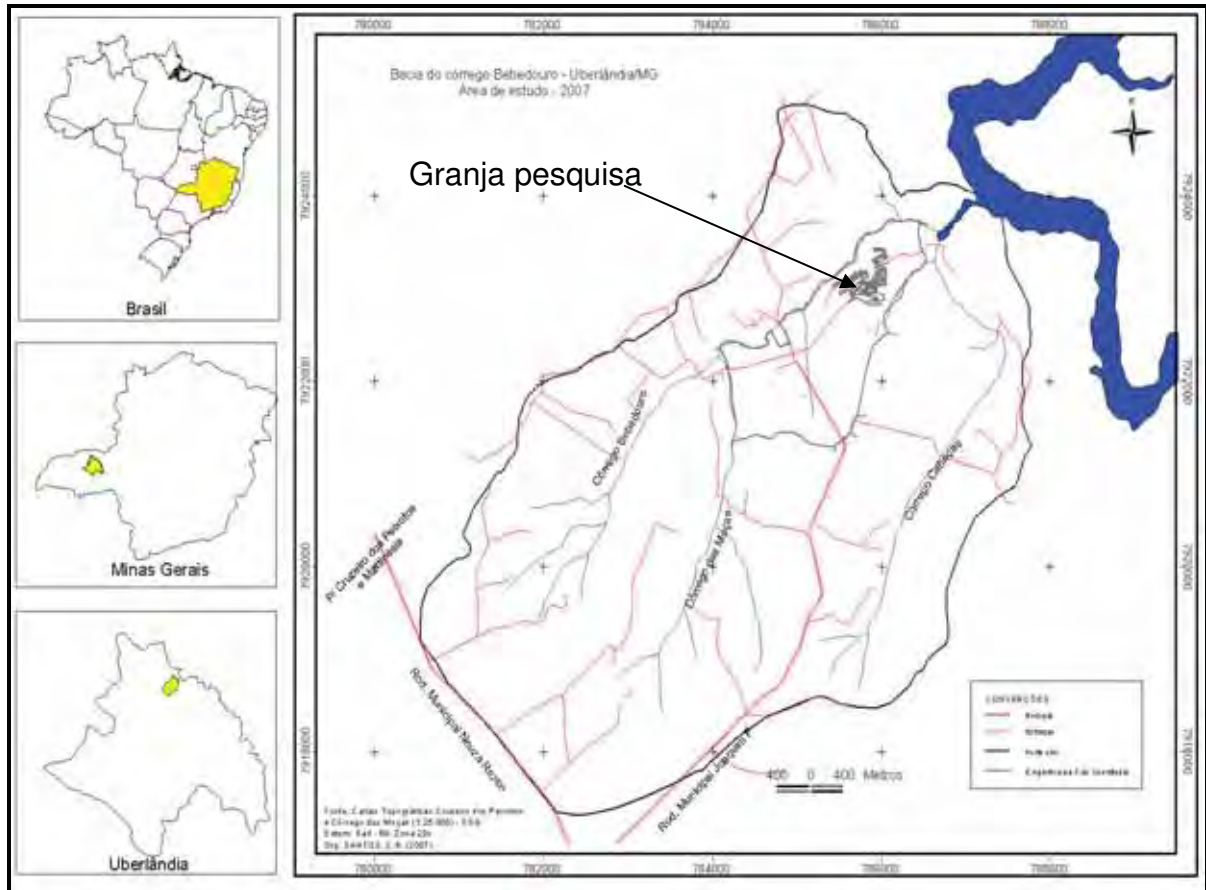
A bacia do córrego Bebedouro está localizada no município de Uberlândia, distante 25 km do centro da cidade e próxima aos distritos de Martinésia e Cruzeiro dos Peixotos. O acesso a esta compartimentação hidrográfica se dá pelas Rodovias Municipais Neusa Resende e Joaquim Ferreira, totalmente pavimentadas. O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) - Campus de Uberlândia é drenado pelo córrego Bebedouro (afluente do Rio Araguari), e seus afluentes da margem direita são os córregos das Moças e Cabaças (Mapa 3.1). Este córrego é responsável pelo abastecimento dos tanques de piscicultura, da granja de suínos do campus (área de pesquisa), da população do campus, para irrigação e dessedentação de animais. Completam a carga hídrica do referido Instituto, dois poços semi-artesianos que são utilizados para o abastecimento de água potável (NEHME, 2008).

Para melhor definir a pesquisa, faz-se necessária a descrição do local de estudo. A granja de suínos, de propriedade do IFTM – Campus Uberlândia, objeto de análise, tem aproximadamente 300 suínos, entre matrizes, cachaços e leitões, que se alimentam todos os dias, produzindo dejetos.

A bacia do córrego Bebedouro (BCB), área de estudo no município de Uberlândia, localiza-se no Triângulo Mineiro e insere-se na Bacia Sedimentar do Paraná e no Domínio coberto pelo cerrado e intercalados por matas de galerias ao longo de córregos e rios. Nessa bacia, local da pesquisa, apresentam-se, do topo para a base, as seguintes composições litológicas: sedimentos Cenozóicos, formação

Marília, formação Serra Geral, formação Botucatu, grupo Araxá e complexo Basal Goiano (NISHIYAMA, 1989).

Mapa 3. 1: Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Adaptado de Nehme (2008, p. 21)

Segundo Nishiyama (1989), os sedimentos cenozóicos são materiais oriundos de seixos de quartzo, quartzito e basalto, que recobrem todo o município de Uberlândia, podendo formar pacotes de até 10 metros, tanto em chapadas como nos vales fluviais. Estes materiais formam leitos de cascalheiras e, sobrepostos a estes, há uma camada de revestimento de óxido de ferro. Esse autor afirma que, nestes sedimentos mais arenosos, podem ocorrer erosões, devido a pouca cimentação, alta porosidade, alta permeabilidade e em função do desmatamento.

A formação Marília (Grupo Bauru) é formada por arenitos conglomeráticos, intercalados por cimentação carbonática e caracterizada por elevações residuais com topos planos e bordas abruptas, que se estabilizam em função do material ligante da rocha. Na bacia do córrego Bebedouro, área de pesquisa, esta rocha

arenítica está assentada sobre a formação Serra Geral (basalto). Salienta-se que sua caracterização, de forma ampla, na área de estudo, é difícil, em função da sobreposição dos sedimentos cenozóicos a esta formação (NISHIYAMA, 1989).

Quanto à terceira composição litológica, a formação Serra Geral (basalto) aflora ao longo dos vales fluviais dos rios Araguari, Uberabinha e Tijuco, bem como do córrego Bebedouro. Na região de estudo, o basalto acumulou-se em função das fissuras de dimensões continentais, no período Jurássico e Cretáceo, formando pacotes de até 150m dessa rocha (NISHIYAMA, 1989). Essa rocha basáltica, de origem vulcânica, foi recoberta pelos sedimentos, mais recentes, da era Cenozóica.

A nascente do córrego bebedouro e de seus afluentes (Moças e Cabaças) encontra-se na área de contato entre o basalto e os sedimentos da camada cenozóica. Nesta bacia, área de estudo, o basalto forma uma camada impermeável, retendo a água da chuva, e nas fendas, dá vazão ao córrego (SANTOS, 2008a).

Para Nishiyama, já citado, os arenitos da formação Botucatu estão dispostos entre o Basalto da formação Serra Geral e do Grupo Araxá na região de estudo – bacia do córrego Bebedouro. Os arenitos dessa formação estão assentados sobre o grupo Araxá e recobertos pela formação Serra Geral, dificultando o mapeamento dessa rocha na área de pesquisa.

De acordo com as informações do autor, na litologia do grupo Araxá, predominam o gnaiss, o xisto e o quartzito, com formações ao longo dos vales dos rios Araguari e Uberabinha. Estes materiais encontram-se deformados em função da ação tectônica regional (NISHIYAMA, 1989).

Nishiyama informa também que o complexo Basal Goiano é formado por granitos, migmatitos e gnaisses, formando a base que é encontrada somente no vale do rio Araguari. Essas rochas são pouco expressivas no local e de difícil mapeamento, em função de seu alto grau de decomposição.

Os aspectos geológicos dominantes nessa bacia são: Basalto da formação Serra Geral, Cenozóico, Formação Marília e Pré – cambriano. Sendo assim, a formação Serra Geral é consequência de um derramamento de basalto que, ao longo de milhões de anos, traduziu-se na formação de camadas sobrepostas sobre as rochas

do pré-cambriano e, em seguida, em um período recente, em uma cobertura sedimentar cenozóica, formada por cascalhos, areia e conglomerados, entre outros (SANTOS, 2008a).

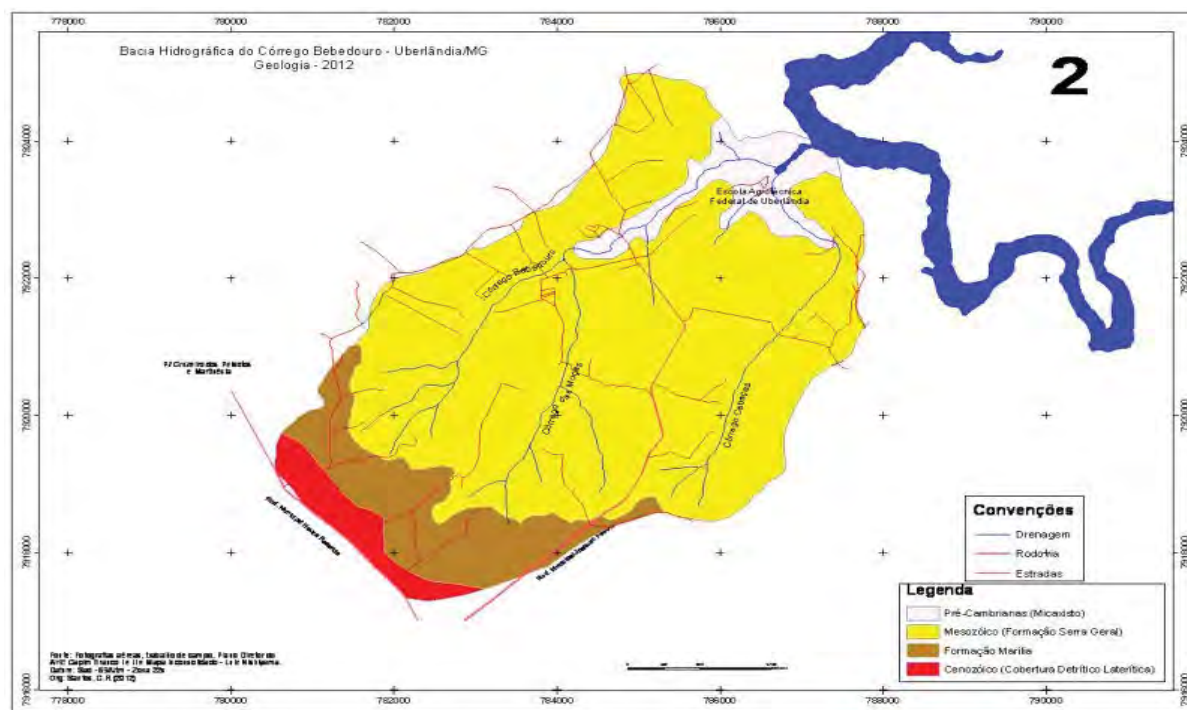
A rocha (basalto) da formação Serra Geral encontra-se no leito do córrego Bebedouro em vários pontos abaixo dos 700m, inclusive formando corredeiras ou cachoeiras. No local de perfuração dos poços, o basalto foi encontrado a partir dos 3 metros de profundidade, dificultando o serviço de perfuração. As rochas do pré-cambriano encontram-se acumuladas nas áreas de vales intensamente dissecadas do vale do rio Araguari. Os solos oriundos destas rochas são mais resistentes aos processos erosivos, amenizando os problemas de escorregamentos, devido à alta declividade desse local. A mata predominante nesse espaço também protege os solos desse ambiente. O mapa 3.2 apresenta as quatro unidades geológicas em destaque, conforme dados atualizados, com base na pesquisa de Nishiyama (1998) e de Santos (2008a).

Quanto à fisionomia, Baccaro (1989) caracteriza o relevo do Triângulo Mineiro dividindo-o em 4 unidades: áreas de topo, relevo intensamente dissecado, dissecado e residual. A geomorfologia da área de estudo, bacia do córrego do Bebedouro, está inserida no compartimento morfoestrutural da bacia sedimentar do Paraná com as seguintes divisões: relevo plano, intensamente dissecado e dissecado (BACCARO, 1989).

No município de Uberlândia, área de estudo, há áreas de topo entre 850 e 920m, com arenitos da formação Marília e recoberto por sedimentos cenozóicos. Nestas áreas, estão concentradas as lavouras, as pastagens e as rodovias municipais. Os processos erosivos dessa compartimentação geomorfológica são formados por escoamento pluvial laminar e difuso (SANTOS, 2008a).

Há ainda áreas de relevo dissecadas, entre 660 e 840m, com vertentes suaves. Neste relevo há amplas colinas recobertas pelo cerrado, com rupturas de lateritas, onde afloram as nascentes dos principais córregos. Essa compartimentação geomorfológica, com a presença de solos oriundos dos sedimentos cenozóicos e material arenoso, sem cimentação e de fácil desestruturação pelas águas da chuva, pode formar ravinas e voçorocas.

Mapa 3. 2: Mapa de geologia da BCB



Fonte: Mapa atualizado de Santos (2008a, p. 66)

São observadas áreas de relevo intensamente dissecadas, com altitudes entre 600 e 640m, e outras, em um patamar mais elevado, em torno de 700 e 800m, formadas por basalto e rochas do grupo Araxá. Essas áreas são bastante vulneráveis à erosão, porém a presença de vegetação arbórea, nesse espaço de argissolos, reduz os processos erosivos.

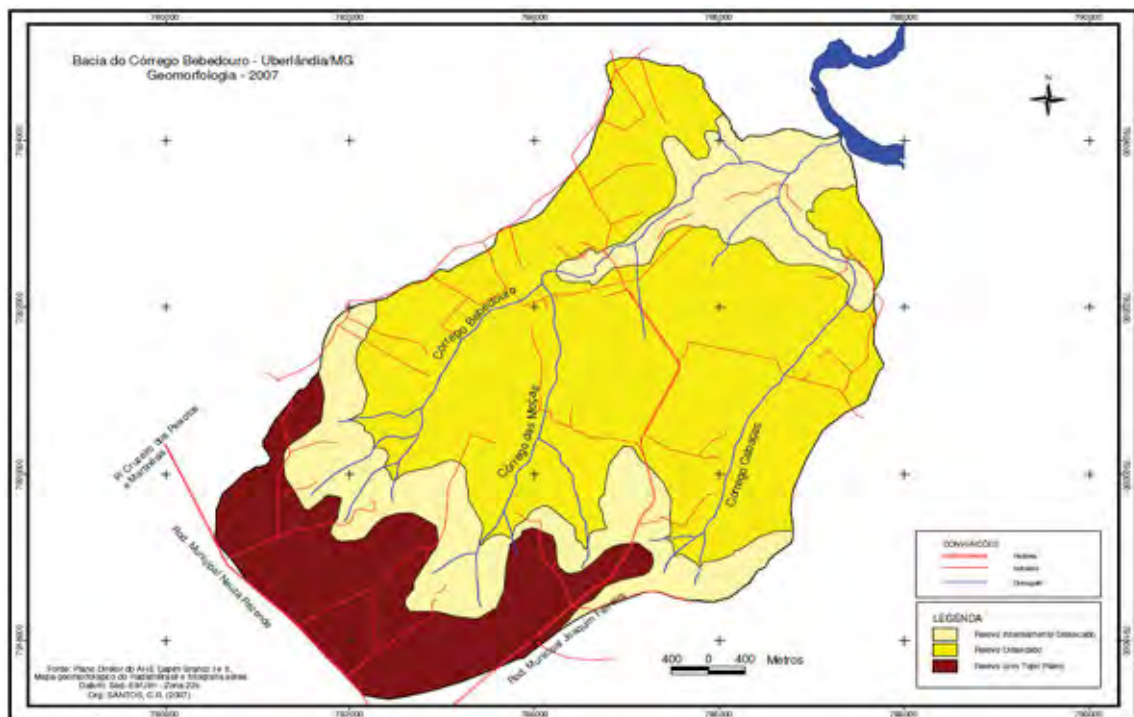
Com base no mapa que se segue, pode-se verificar que aproximadamente 56,73% da bacia estão entre 600 a 840 metros de altitude e enquadrados como relevo dissecado, com amplas colinas localizadas no médio curso de seus córregos. No topo, parte alta da BCB, de relevo plano, com plantação de soja e pastagens, tem-se 18,58% de área da bacia. Já na parte do relevo intensamente dissecado, há vales encaixados, com 24,69% de área da BCB (SANTOS, 2008a). O Mapa 3.3 mostra essa morfologia do relevo em questão.

A BCB apresenta um desnível topográfico de 840m a aproximadamente 500m no rio Araguari, no ponto de deságue do córrego Bebedouro. No local de pesquisa, a declividade está abaixo de 12%, porém apresenta locais de declive mais acentuado. O mapa hipsométrico, mostrado no Mapa 3.4, apresenta os níveis altimétricos da bacia em destaque, segundo Santos (2008a).

A declividade nessa área é de 12 a 20% no ponto de montante da granja (ponto 1); já nos pontos de jusante desse empreendimento (2 a 6), é de 3 a 6%. A hipsometria da área da pesquisa é de 600 metros no (Córrego) a 660 metros de altitude (mata), confirmando, nesse espaço, um relevo dissecado, de acordo com os dados da autora (SANTOS, 2008a).

Segundo Del Grossi (1991, p. 70), as camadas de arenito, sobrepostas ao basalto, tendem a formar áreas propícias para a recarga de aquíferos e tornam os corpos hídricos superficiais perenes, mesmo na estação do ano de tempo seco. Sendo assim, a água que alimenta os córregos da BCB e de outras redes de drenagem da região é concentrada sobre a camada superior de basalto e couraças, impermeabilizantes, que impedem a infiltração da água para aquíferos mais profundos. Os rios nascem entre a cobertura cenozóica e o basalto, ou seja, na área de contato.

Mapa 3. 3: Mapa de geomorfologia da BCB



Fonte: Santos (2008a, p. 71)

Essa configuração geomorfológica possibilitou a formação de diversos canais fluviais, inclusive o córrego Bebedouro. Esse corpo hídrico afluente da margem esquerda do rio Araguari está situado no município de Uberlândia, na mesorregião do Triângulo Mineiro e no sudoeste do Estado de Minas Gerais.

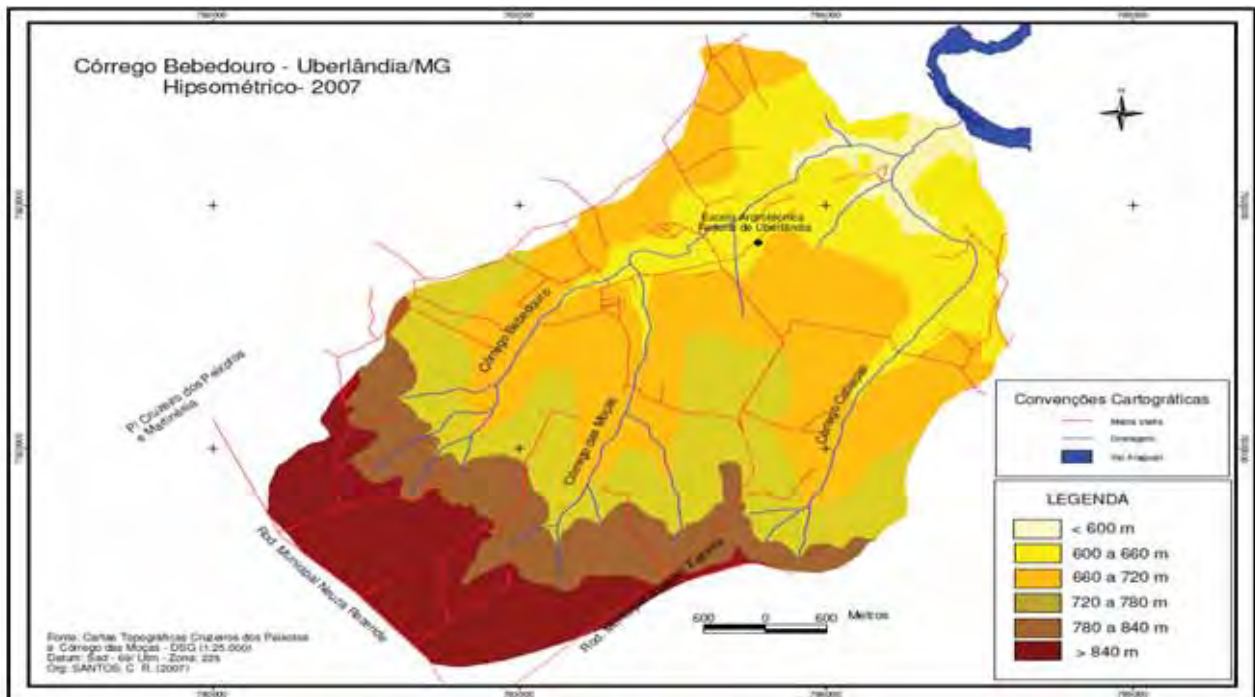
O clima da área de estudo, bacia do córrego Bebedouro, apresenta duas estações bem definidas, sendo uma seca e uma chuvosa. A precipitação pluviométrica gira em torno de 1600 mm. Na Tabela 3.1, pode-se visualizar os dados do clima de Uberlândia e da área pesquisada.

As diferenças apresentadas em relação à precipitação devem-se à influência das massas de ar que, no verão (dezembro a Março), são influenciadas pela Massa Equatorial Continental, provocando chuvas mais intensas. Nos meses de abril a outubro, estações de outono e de inverno, tem-se a influência da Massa de Ar Polar com poucas chuvas (BERNARDES, 2007). A insolação é maior e as temperaturas são mais baixas nos meses de inverno, devido à pouca formação de nuvens nesta época. Segundo Bernardes (2007), isto se justifica em função da Massa Tropical Atlântica, que domina toda a região sudeste do Brasil.

Tabela 3. 1: Dados climatológicos de Uberlândia no período de 1981 a 2003.

Mês	Insolação (média)	Precipitação média (mm)	Dias de chuva (média)	Temp. Média (°C)	Temp. Média Máxima (°C)	Temp. Média Mínima (°C)
Janeiro	170,3	312,3	19	23,5	29,2	19,6
Fevereiro	179,7	203,4	15	23,6	29,9	19,5
Março	184,4	223,7	17	23,5	29,4	19,4
Abril	225,9	82,3	8	22,8	29,1	18,3
Maió	239,3	38,5	4	20,7	27,5	15,9
Junho	239,2	15,3	1	19,3	26,5	14,3
Julho	253,9	9,4	1	19,4	27	14
Agosto	251,8	14,9	2	21,1	28,9	15,4
Setembro	202,8	51,1	6	22,9	30,2	17,4
Outubro	209	107,2	10	24	30,5	18,9
Novembro	184,9	203,4	15	23,7	29,7	19,2
Dezembro	162,4	320,6	20	23,5	29	19,4

Mapa 3. 4: Mapa hipsométrico da BCB



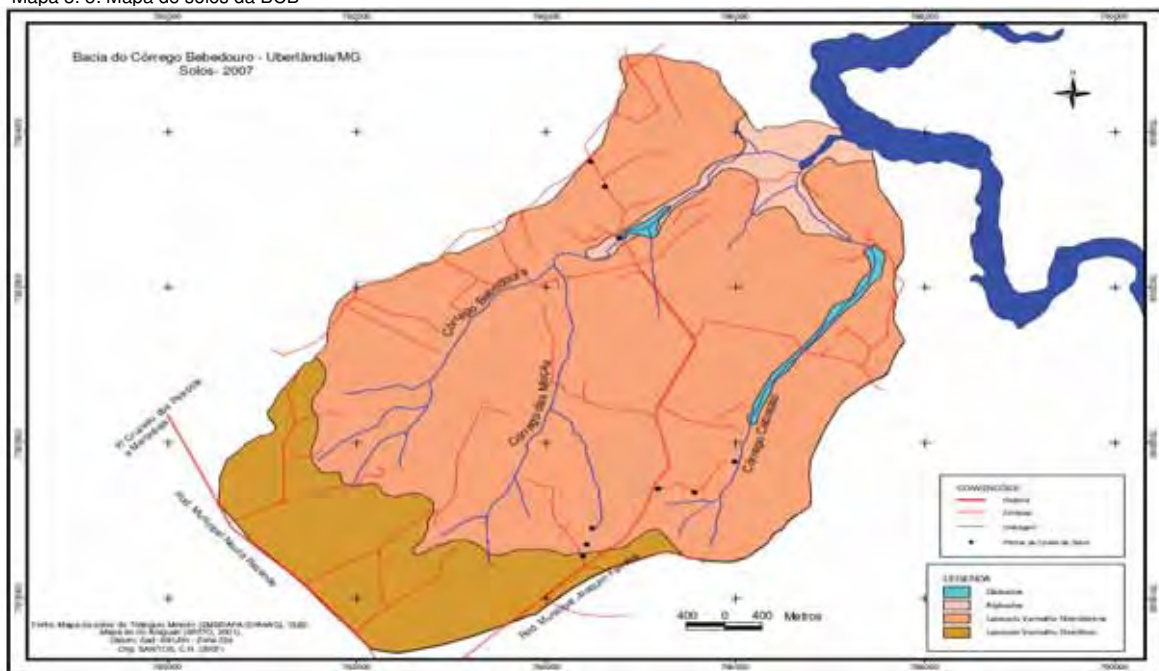
Na área em questão, predomina o clima tropical, com secas de inverno e cheias de verão, com vegetação de cerrado dividida em várias fitofisionomias, tais como: cerrado típico; cerradão; campo cerrado; campo limpo; vereda e florestas (mata ciliar, mata de galeria e mata de encosta), que são elementos do ecossistema possíveis de serem alterados.

O solo da bacia do córrego Bebedouro tem a seguinte composição: predomínio do latossolo vermelho distroférico (76,70%) e do distrófico (18,05%), do argissolo (4,20%) e, por último, do gleissolo, com 1,05% (SANTOS, 2008a). O Mapa 3.5 apresenta os quatro tipos de solos da bacia do córrego Bebedouro (BCB). Segundo Santos (2008a), o solo distroférico é originado a partir do intemperismo do basalto; o distrófico é de textura argilosa e bastante porosa.

O gleissolo é um solo hidromórfico permanentemente úmido. Este tipo de solo forma-se próximo aos cursos de água (Bebedouro, Moças e Cabaças) com materiais cólvio-aluviais, em locais de afloramento das águas subterrâneas, sob vegetação hidromórfica (herbácea, arbustiva e arbórea), ocupando um percentual de 1,05% do total da bacia (SANTOS, 2008a).

O argissolo é constituído de horizonte B textural de base argilosa, profundidade variável e drenagem ruim em seu interior. Nessa classe, têm-se os solos classificados como podzólico vermelho, amarelo e acinzentado e terra roxa estruturada (SANTOS, 2008a).

Mapa 3. 5: Mapa de solos da BCB



Fonte: Santos (2008a, p. 74)

3.2 - Abordagem Teórica do Método

Antes de iniciarmos a descrição dos procedimentos metodológicos que nortearam o trabalho, faz-se necessário mostrar qual é a concepção de método em que nos apoiamos. Segundo Oliveira (2001),

[m]étodo significa a ordem que se deve impor aos diferentes processos necessários para atingir um objetivo ou um resultado desejado. Em ciência, método é o conjunto de processos que devem ser empregados na investigação e demonstração da verdade. O método não se inventa. Depende do objeto da pesquisa. Os sábios da antiguidade tiveram o cuidado de anotar os passos percorridos e os meios que os levaram aos resultados descritos. Outros, depois deles, analisaram tais processos empíricos transformaram-se gradativamente em métodos verdadeiramente científicos [...] A época do empirismo passou. Hoje em dia não é mais possível improvisar quando se trata de entender e explicar um fenômeno [...] A atual fase é da técnica, da precisão, da previsão, do planejamento. Ninguém se pode dar ao luxo de fazer tentativas ao acaso para ver se colhe algum êxito inesperado (OLIVEIRA, 2001, p. 17).

Para o autor em questão, a investigação surge de um problema ou fenômeno a ser observado e é guiada por uma ou mais hipótese(s) ou pressuposição(ões) para que se possa delimitar o tema a ser pesquisado. As etapas e os processos referentes ao método científico são: a observação e a coleta de dados; as hipóteses; a experimentação; a indução, que fornece a explicação, e a teoria, que abrange o assunto de forma ampla.

Para Alves (1996, p. 83), “o experimento tem muitas vantagens. Ele permite medir as coisas com precisão”. Dessa forma, fica clara a idéia de que a ciência da natureza necessita da experimentação para que se obtenham respostas para a confirmação ou não das hipóteses levantadas. Mas, segundo esse autor, em algumas pesquisas, como aquelas desenvolvidas pelos astrônomos (nebulosas ou buracos negros), os objetos de investigação poderão ser analisados via observação.

E ainda, para dar sustentação ao método, torna-se necessária a discussão acerca de como formular a hipótese de pesquisa. Para Alves (1996),

[u]sualmente chamamos de hipótese às perguntas que os cientistas propõem à natureza. A experimentação é a tortura a que submetemos a natureza para obrigá-la a manifestar-se sobre a pergunta [...] Lembre-se de que, na verdade, a pergunta, a que dá o nome de hipótese, já contém a resposta [...] O cientista, ao formular a hipótese, diz o que ele pensa que a interrogada, a natureza, deverá dizer. E depois lhe pergunta: sim ou não? [...] Basta observar a natureza, no seu comportamento normal, ou provocá-la, através da experimentação [...] Note que a hipótese já determina o que buscar [...] (ALVES, 1996, p. 80-84).

No contexto desta pesquisa, a geografia física estuda o espaço físico (bacia hidrográfica) a partir de uma hipótese previamente estabelecida e de mensuração e amostragem feita por meio da coleta da água subsuperficial estudada. Assim sendo, de acordo com a teoria de geossistema, a pesquisa aborda os sistemas ambientais físicos, que, na atualidade, podem ser estudados com o uso do geoprocessamento e de outras ferramentas. Nas palavras de Christofolletti:

A Geografia Física, como subconjunto da disciplina Geografia, preocupa-se com o estudo da organização espacial dos sistemas ambientais físicos, também denominados de geossistemas. Como a expressão concreta na superfície terrestre constitui a relevância espacial para a análise geográfica, torna-se necessário que os componentes do geossistema surjam ocupando territórios, que sejam visualizados em documentos tais como fotos aéreas, imagens de radar e de satélites e outros documentos, sendo sensíveis à observação visual. Deve-se (sic) também distinguir as fontes fornecedoras de energia e matéria, responsáveis pela dinâmica do sistema, e as redes de circulação envolvidas nos processos de interação, servindo de canais aos fluxos (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 41).

O estudo, nesse contexto, deve apoiar-se nas técnicas do geoprocessamento. Segundo o pensamento de Christofolletti (1999), alguns atributos físicos do meio ambiente, tais como a topografia, a geomorfologia, os solos e os corpos hídricos, podem ser mais facilmente percebidos, nessa perspectiva, mas “o clima não é um componente materializável e visível na superfície terrestre, embora seja perceptível e contribua significativamente para se sentir e perceber as paisagens” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 41).

Para aprimorar esse conhecimento, Popper, segundo Christofolletti (1999), aponta hipóteses de pesquisas que podem ser refutadas sob a luz de novas formas de análise do objeto.

Na concepção de Karl Popper, o fundamental no conhecimento científico não consiste em realizar pesquisas e experimentos para ratificar os enunciados ou hipóteses, mas sim em criar condições passíveis de refutá-las. A quantidade de exemplos receptivos não aumenta a validade e conteúdo dos enunciados, que somente ganham consistência quando submetidos e ratificados em inúmeras condições diferentes [...] Na perspectiva de Popper, os enunciados que não são passíveis de refutação devem ser considerados como não científicos e dogmáticos (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 21).

Dentro do contexto exposto, as pesquisas buscam o entendimento e o conhecimento do objeto e criam a possibilidade de análise sob vários pontos de vista. Para que se possa conhecer as dinâmicas da natureza na perspectiva sistêmica, deve-se relacionar os atributos ambientais (pedologia, geologia, climatologia, etc.) com os possíveis impactos ou alterações no meio ambiente.

3.3 - Metodologia Operacional

Para o estudo da concepção geossistêmica, é necessária a institucionalização das seguintes etapas: analítica, sintética e dialética. Rodrigues e Carvalho (2005, p. 6) definem assim essas etapas:

Analítica: diagnóstico geoambiental da região em seus aspectos geoecológicos e socioeconômicos; **Sintética**: caracterização dos sistemas espaciais de uso e ocupação do solo através da caracterização dos agentes de pressão sobre o espaço regional; **Dialética**: confrontação das potencialidades e limitações das unidades geoambientais, com as organizações impostas pela sociedade e os problemas emergentes em face da ocupação e apropriação dos recursos naturais [...] (grifo nosso).

Para a realização de pesquisas com ênfase em uma abordagem geossistêmica, é importante o entendimento acerca da vulnerabilidade dos ecossistemas e suas limitações. Para isso, torna-se necessário delimitar a pesquisa em unidades geoambientais, face ao processo de uso e de ocupação do espaço geográfico, que pode ser uma bacia hidrográfica. De acordo com Rodrigues e Carvalho (2005),

[p]ara melhor caracterização dos geossistemas, é importante a elaboração de uma matriz na qual serão definidos os seguintes aspectos: “(1) unidade geoambiental; (2) potencial geoambiental e limitações de uso dos recursos naturais; (3) condições ecodinâmicas

e vulnerabilidades à ocupação; (4) zonas propostas conforme uso compatível e sustentabilidade” (RODRIGUES; CARVALHO, 2005, p. 8).

Para a efetivação desse processo, na pesquisa aqui relatada, necessitou-se da elaboração de alguns pontos, de acordo com os autores em destaque: análise visual das imagens de sensoriamento remoto; verificação dos quadros hidroclimáticos regional e local (BERNARDES, 2007); integração dos componentes ambientais e sua correlação com os impactos ambientais; verificação do mapeamento temático: geologia; geomorfologia; declividade; hipsometria, solos e vegetação e uso e ocupação do solo, adaptado de Santos (2008a) e confecção do mapa de zoneamento geoambiental (NISHIYAMA, 1998; SILVA *et al.*, 2000; RODRIGUES *et al.*, 2007).

Nessa perspectiva, segue uma proposta metodológica para a carta de aconselhamento com vistas à alocação de granjas de suínos na BCB, objeto de nosso estudo. Para isso, é necessário esquematizar os recursos cartográficos utilizados nesta carta.

3.3.1 – Carta de aconselhamento para alocação de granjas de suínos na BCB

A escolha dessa metodologia deu-se em função de o pesquisador ter estudado a disciplina Mapeamento Geotécnico no Mestrado e ter desenvolvido um artigo sobre o levantamento de áreas propícias para a fertirrigação no setor norte do município de Uberlândia.

Para a realização da carta de aconselhamento, necessita-se fazer a descrição minuciosa em 4 etapas, conforme postula Costa (2008):

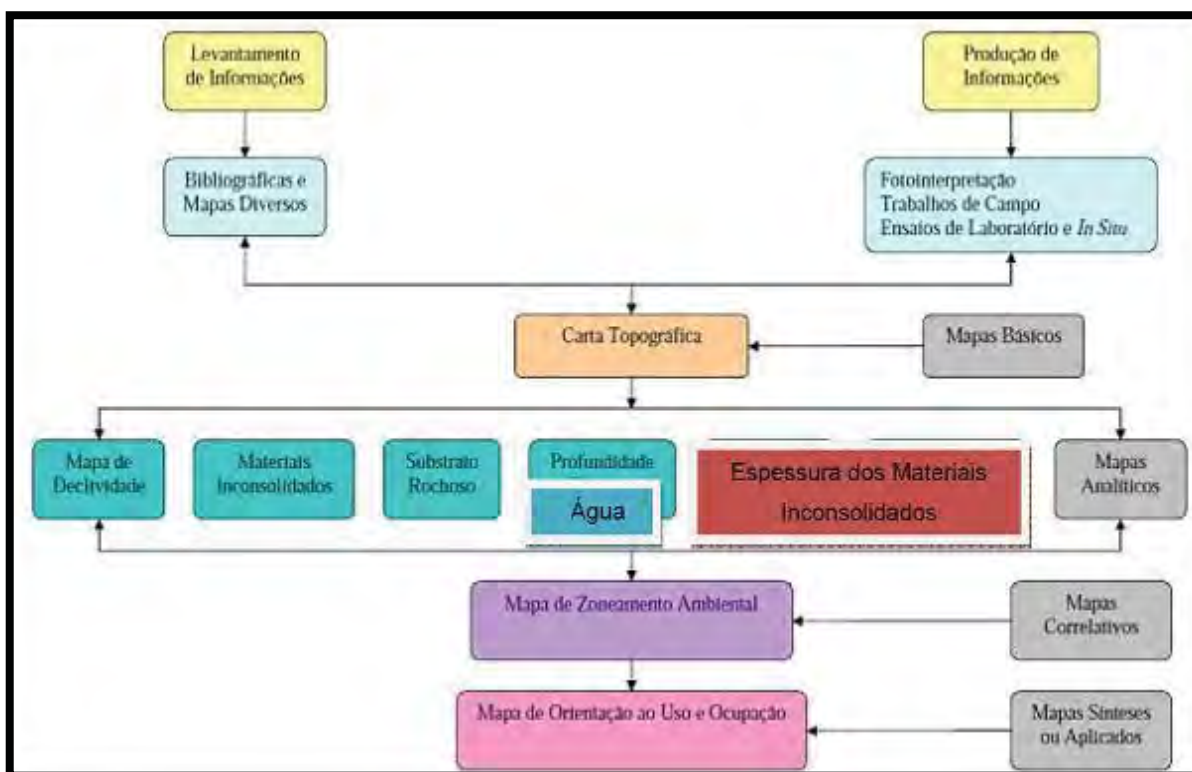
Mapas básicos – que podem ser em escala local e regional e são a base da pesquisa para mapeamentos; **mapas analíticos** - cruzamento dos mapas de declividade, de nível de água subsuperficial, de substrato rochoso e de materiais inconsolidados, compilados na pesquisa de Nishiyama (1998); **mapas correlativos** – são mapas oriundos da interpretação de outros mapas, que são os de zoneamento(s) e de planejamento; **mapa síntese** – carta de aconselhamento – que propõe as áreas propícias para a instalação

de granjas de suínos ou de outros equipamentos que, em tese, poderiam causar impactos ambientais, na BCB (grifo nosso).

A carta de aconselhamento foi desenvolvida com base nas pesquisas realizadas por Zuquette (1987) e Zuquette e Gandolfi (2004). Já as análises cartográficas foram realizadas em um ambiente Spring, conforme mostrado na Figura 3. 1. Nishiyama (1998), em sua tese de doutorado, já georeferenciou os mapas bases (materiais inconsolidados, declividade, nível de água e substrato rochoso) do município de Uberlândia. Segundo a literatura, os aspectos do meio físico a serem analisados, conforme listados abaixo, são suficientes para se fazer a carta de aconselhamento dessa bacia: Mapa de declividade; nível da água; materiais inconsolidados e espessura dos materiais inconsolidados.

Em consonância com a linha de pesquisa da área de estudo em questão, destaca-se o esquema detalhado por Foster e Hirata (1988), para a apresentação dos dados científicos e metodológicos em relação à proposta de investigação, a fim de se entender o processo de contaminação em aquíferos (FIGURA 3.2).

Figura 3. 1: Fluxograma metodológico da carta de aconselhamento para a alocação de granjas suínos

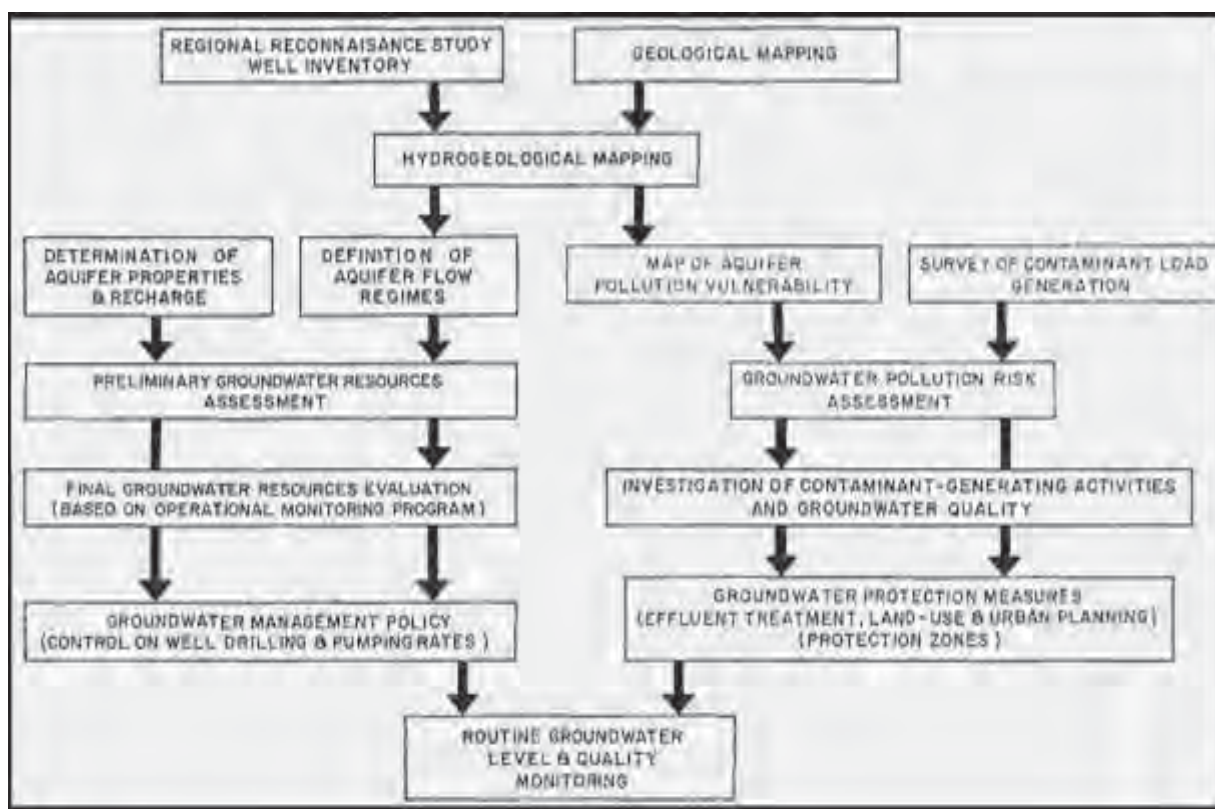


Fonte: adaptado de Costa (2008, p. 27)

Para a elaboração dessa classificação, será necessária a construção de tabelas com as informações e os valores para o cruzamento desses elementos. Esse levantamento fornecerá uma avaliação geral, sendo necessário realizar outros procedimentos para a confirmação da instalação de uma granja, tais como: análise granulométrica do solo, profundidade da água no solo, proximidade com APP, etc. (RODRIGUES *et al.*, 2007). Para a confecção da carta de aconselhamento, foram utilizadas as matrizes de cruzamentos com os atributos físicos apresentados, conforme dados da Tabela 3.2.

Esse esquema apresenta um detalhamento essencial, de forma abrangente, contribuindo para a análise ambiental, em aquíferos ou em águas subsuperficiais, de forma geral, com os seguintes pontos estruturantes para a pesquisa nesses ambientes: definição de profundidade e recarga da água subterrânea, vulnerabilidade do aquífero, avaliação de risco à contaminação dos aquíferos, análise das cargas dos contaminantes e investimentos em políticas de controles via planejamento.

Figura 3. 2: Esquema de avaliação da vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos



Fonte: Foster e Hirata (1988, p. 13)

Após o cruzamento dos 5 mapas, com o objetivo de delimitar e definir as possíveis áreas para a construção de granjas de suínos, para minimizar os impactos ambientais desses empreendimentos, serão estipuladas 4 divisões homogêneas, com vistas a garantir a sustentabilidade ambiental desse local (RODRIGUES *et al.*, 2007). São elas: Adequada (A); Moderada (M); Restritiva (R) e Inadequada (I).

Tabela 3. 2: Matrizes dos cruzamentos dos atributos físicos da carta de aconselhamento da BCB

ESPESSURA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS	PROFUNDIDADE DA ÁGUA SUBSUPERFICIAL					
	Inferior a 2 metros	Entre 2 e 5 metros	Entre 5 e 10 metros	Entre 10 e 20 metros	Acima de 20 metros	Controlado pelo substrato rochoso
Entre 2 e 5 metros	5	5	5	4	-	6
Entre 5 e 10 metros	5	5	5	4	-	6
Inferior a 2 metros	4	4	3	2	1	6

Materiais Inconsolidados	DECLIVIDADE				
	(A1) Mais de 85% da área no intervalo de < 5%	(B1) 85% da área no intervalo de 5 a 10%	(B2) 70 a 85% da área no intervalo de 5 a 10%	(C1) Até 25% da área com declividades >20%	(C4) Mais de 75% da área com declividades >20%
Residuais de pequena espessura da Formação Marília (1)	3	3	3	3	3
Residuais da Formação Marília - arenosos 1 (2)	3	1	1	3	3
Residuais de pequena espessura da Formação Serra Geral (5)	3	2	2	3	3
Residuais da Formação Serra Geral (6)	3	3	3	3	3
Residuais de pequena espessura do Grupo Araxá (7)	3	3	3	3	3
Retrabalhado argiloso - contribuição dos resíduos da Formação Serra Geral (12)	3	2	2	3	3

DECLIVIDADE X MATERIAL INCONSOLIDADO	PROFUNDIDADE DA ÁGUA SUBSUPERFICIAL X ESPESSURA DO MATERIAL INCONSOLIDADO					
	1 - Adequada	2 - Adequada	3 - Razoável	4 - Inadequada	5 - Inadequada	6 - Inadequada
1 - Adequada	Adequada	Adequada	moderada I	restritiva I	restritiva I	restritiva I
2 - Razoáveis	moderada II	moderada II	restritiva II	inadequada IV	inadequada IV	inadequada IV
3 - Inadequadas	Inadequada I	Inadequada I	inadequada III	inadequada II	inadequada II	inadequada II

Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

O cruzamento dos mapas foi realizado com o auxílio do software Arcgis 9.2, com a utilização da técnica de “*overlay maps*”, ou seja, com o cruzamento de mapas. Para tanto, foi utilizada a ferramenta “*Analysis Tools Overlay Intersect*”. Inicialmente, foram cruzadas as cartas de profundidade das águas subsuperficiais x espessura de

materiais consolidados e foi atribuído peso para cada categoria do cruzamento. Em seguida, foi feito também o cruzamento das cartas de materiais consolidados x declividade, e, deste, foram atribuídos pesos para cada categoria do cruzamento originado.

Finalmente, os produtos dos dois cruzamentos iniciais deram origem à carta de aconselhamento final. Para a definição da legenda final, respeitando-se a matriz de cruzamento de todos os mapas, foi utilizada a técnica de seleção espacial a partir da ferramenta de pesquisa na linguagem SQL.

Os pesos atribuídos para cada categoria de cruzamento foram embasados na metodologia de Zuquette, proposta no livro Cartografia Geotécnica, (ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

3.3.2 – Estudo de caso - qualidade da água subsuperficial sob Influência da Granja de Suínos do IFTM – *Campus* Uberlândia

No que se refere aos ensaios de campo, Tundisi (2005, p. 129) apresenta os principais estágios do monitoramento:

I) Definição de metas e das escalas espaciais horizontais e verticais do monitoramento (em bacias hidrográficas, reservatórios, rios, áreas alagadas). II) Plano para coleta de dados e informações, e como período e frequência. III) Tipo de tratamento da amostra (armazenamento, transporte, preservação, métodos de análise). IV) Análise dos dados – tipos de distribuição estatística, relações entre variáveis. V) Interpretação dos resultados, apresentação das condições e recomendações.

O autor também enfatiza a necessidade de se levar em consideração as seguintes questões acerca do monitoramento:

I) Seleção dos dados e informações necessárias, o que deverá estar relacionado com a definição dos objetivos da pesquisa e avaliação. II) As medidas de cada variável devem compreender níveis de sensibilidade, detectabilidade e acuracidade. III) A relação custo-benefício do monitoramento deve ser levada em conta. Por exemplo, podem-se colocar poucas variáveis em muitos pontos de amostragem ou aprofundar o número de variáveis em pontos estratégicos e selecionados de amostragem. IV) Deve-se levar em

conta o nível de informação proporcionado pelas amostras e pelo monitoramento, dependendo do rigor e da seleção dos melhores métodos de amostragem e avaliação (TUNDISI, 2005, p. 129).

Salienta-se que a presente pesquisa resume-se em um relevante esforço realizado em favor da Geografia e para a temática ambiental, que adota o ponto de vista sistêmico, uma vez que, nesse local, a bacia do córrego Bebedouro (BCB), no município de Uberlândia – MG, ocorre entrada (*input*), de insumos, luz, água, equipamentos, etc, e a saída (*output*) de resíduos e efluentes, dentre outros impactos.

Sendo assim, esse processo configura-se em um ciclo aberto, formando um todo interligado. Neste ciclo, ocorre também a entrada de água (chuva) e energia do sol (radiação) e a saída de água com resíduos, e calor (irradiação) do sol da bacia hidrográfica.

Para a avaliação dos impactos ambientais gerados pela disposição dos dejetos de suínos “*in loco*” foi utilizado um sistema de monitoramento da qualidade da água em cinco poços de visita, ou de observação, e uma nascente, dispostos de forma a se averiguar a contaminação, na bacia do córrego Bebedouro, nas proximidades do setor de suinocultura do IFTM – *Campus* Uberlândia.

Essa metodologia de distribuição dos pontos de coleta foi pensada no intuito de se obter o máximo de informações e respostas a serem confrontadas entre os pontos, nas partes de montante e jusante da granja. A coleta dos poços a montante da granja de suínos serviu como testemunho aos ensaios da área principal e para que os possíveis poluentes oriundos do lançamento de dejetos no solo ou de resíduos da agricultura pudessem ser verificados, de acordo com os parâmetros analisados nesta pesquisa. Esses dados, referentes à qualidade da água de subsuperfície, foram importantes para a análise desenvolvida na área de estudo da bacia do córrego Bebedouro, segundo as Resoluções do CONAMA (BRASIL, 2004; BRASIL, 2005; BRASIL, 2008).

Sendo assim, sem prejuízo para a pesquisa, foram inseridos os referidos poços (A e B), devido à localização (jusante da granja) e por serem poços rasos alimentados

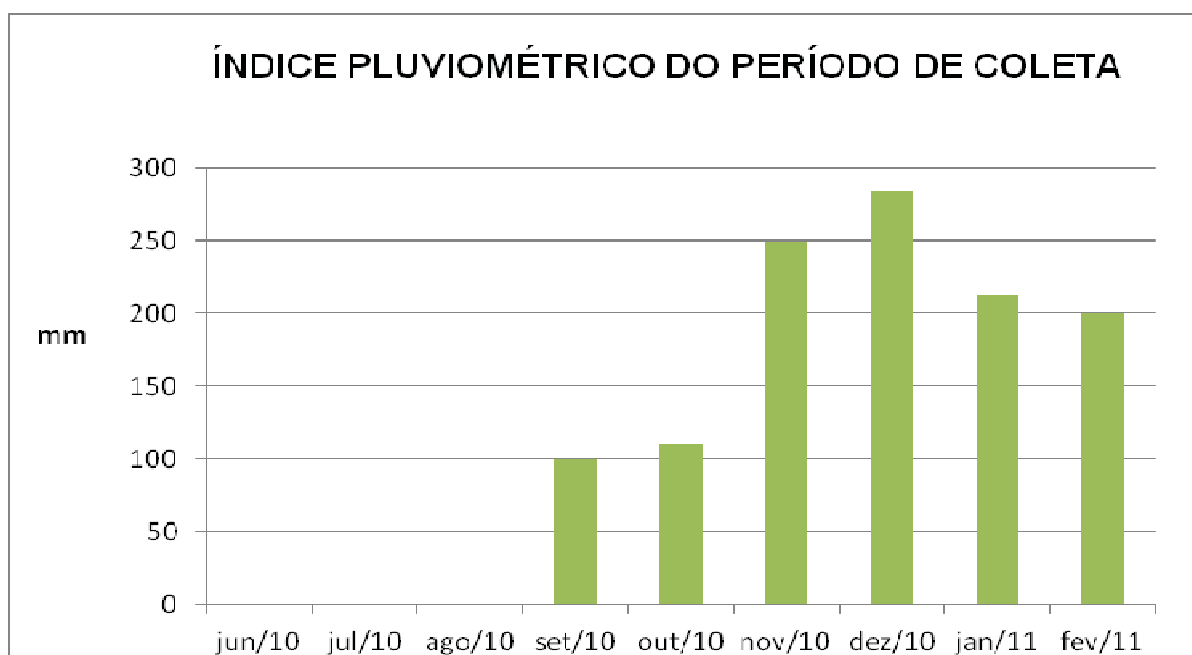
pela água subsuperficial (área brejosa), com possíveis interferências do empreendimento situado a montante.

Por outro lado, na estação do ano de tempo chuvoso, o acúmulo de água nas proximidades do ponto 4 impossibilitou a coleta de água no dia 25 de fevereiro de 2011. Sendo assim, foi executada a coleta nesse ponto no dia 28 de fevereiro de 2011. Contudo, naquele dia foi realizada a coleta no ponto A, sem prejuízo para a pesquisa, conforme mostra a Figura 3.3.

Destaca-se que a coleta da estação chuvosa foi realizada após um período de chuvas concentradas, de aproximadamente 1.100 mm, referente aos meses de setembro de 2010 a fevereiro de 2011, contudo, no mês de coleta (fevereiro) foi contabilizado aproximadamente 200 mm, segundo dados de pluviosidade da UFU (2011), segundo Figura 3.3.

A tabela 3.4 apresenta detalhes da localização e dos aspectos físicos dos poços de monitoramento. Em função do longo período (estação do ano) de estiagem na região, foram acrescentados os pontos de coleta A* e B* (referidos na tabela 3.3). Essa situação rebaixou o nível de água dos poços 3 e 5, inviabilizando a coleta de água nestes no dia 6 de setembro de 2010, conforme mostra a Figura 3.3.

Figura 3. 3: Dados de pluviosidade de Setembro (2010) e Janeiro (2011) de Uberlândia (MG)



Fonte: Estação automática da UFU (2011)

Para destacar a visualização dos pontos de coleta na perspectiva altimétrica do terreno, segue o transecto da area experimental, ver figura 3.4

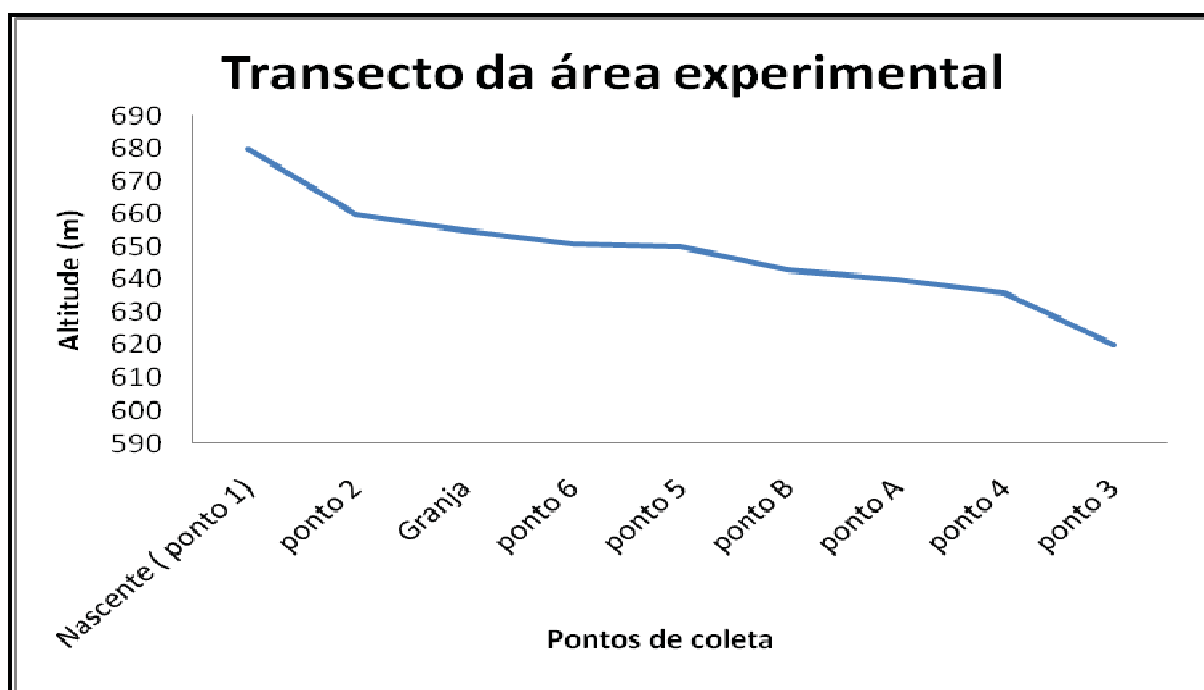
Tabela 3. 3: Caracterização física dos poços de monitoramento

Poço	NA	NA	Profundidade final (m)	Altitude (m)	Granja	Coordenadas Geográficas	
	6 set 2010	25 fev 2011				Latitude	Longitude
1	Superficial	Nascente	Nascente	680	Montante	18° 46' 14"	48° 17' 47"
2	6, 30m	5,54m	6, 80m	660	Montante	18° 46' 04"	48° 17' 42"
3	3, 50m	2,56m	4, 00m	620	Lateral	18° 45' 58"	48° 17' 43"
4	1, 60m	1,50m	2, 70m	636	Jusante	18° 46' 00"	48° 17' 44"
5	3, 70m	3,80m	4, 70m	650	Jusante	18° 46' 02"	48° 17' 44"
6	2, 65m	1,56m	4, 65m	651	Lateral	18° 46' 05"	48° 17' 45"
A*	Superficial	Superficial	poço em brejo	640	Jusante	18° 46' 00"	48° 17' 44"
B*	Superficial	Superficial	poço em brejo	643	Jusante	18° 46' 01"	48° 17' 44"

Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

* Poços rasos no brejo a jusante da granja – NA – Nível de água subsuperficial

Figura 3. 4: Transecto da area experimental



Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

Em relação à escolha do local para perfuração dos poços, levou-se em consideração a proximidade do objeto de pesquisa (granja de suínos) e a presença dos seguintes solos: latossolo vermelho distroférico, (pontos 1, 2, 5 e 6), gleissolo (ponto 4) e argissolo (ponto 3), segundo a descrição do mapa de solos, elaborado por Santos (2008a). Com relação à descrição nos poços de monitoramento, a denominação de

“montante”, “jusante” e “lateral” é uma forma de referenciar os pontos no local de pesquisa - a granja de suínos, como pode ser visto na Figura 3.5.

Para se entender a distribuição dos pontos de coleta na área experimental, é necessária a explicação desse croqui. Os pontos de coleta (P1 ao P6) estão localizados na vertente direita do córrego Bebedouro, sendo os pontos 1 e 2 à montante da granja. Os outros pontos (3 a 6) situam-se na lateral e jusante da granja, situada na área brejosa, área de preservação permanente (APP), próxima ao corpo hídrico em questão (Figura 3.5).

Figura 3. 5: Imagem orbital de localização dos pontos de coleta



Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

O local em que realizaremos a pesquisa é de propriedade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), *Campus Uberlândia*, granja de suínos, localizado no córrego Bebedouro, ponto de apoio aos trabalhos de campo e de laboratórios.

A Figura 3.6 mostra fotografias dos locais onde se dá o manejo dos resíduos sólidos de suínos, com tratamentos parciais, com despejo na lagoa de maturação sem fazer

a remoção de matéria orgânica (biodigestor), de organismos patogênicos e de nutrientes e, por fim, é descartado nas áreas agricultáveis ou de pastagens.

Com relação ao biodigestor e à lagoa abandonada, salienta-se que os mesmos estão sem uso, sem manutenção e sem plano de recuperação, até o momento, para esses locais. Salienta-se que o biodigestor está desativado (8 de dezembro de 2011) e sem possibilidade de contribuir com a redução da carga orgânica e patogênica dos dejetos de suínos; porém o mesmo estava funcionando, quando tirou-se a fotografia da Figura 3.6.

Figura 3. 6: Fotos do local de pesquisa



Elaborado por João Mateus de Amorim (05 de janeiro de 2010) às 9h

Para a construção dos poços de monitoramento da área experimental, utilizou-se dos seguintes dispositivos e equipamentos: Diâmetro de 2"; nível da água variando de 1,60 a 6,30 m de profundidade; revestimento tubo de PVC geomaneado; filtro com ranhuras de 0,55 mm; caps liso (tampão inferior); selo de massa forte 0,5 m de comprimento (bentonita + cimento); preenchimento do poço; pré-filtro de areia lavada quartzítica; selo de proteção; tampa expansível com cadeado câmara de calçada; tampa metálica com símbolo de identificação do poço; bailers para coleta da água; trados manuais e escavadeira e GPS Garmin para o levantamento das coordenadas e da altitude, referentes à localização dos poços.

Figura 3. 7: Visualização do ponto 1 (área de nascente)



Elaborado por João Mateus de Amorim (5 de janeiro 2010) às 10h

Para a determinação da composição físico-química do solo retirado, na abertura de cinco poços de monitoramento da água subsuperficial, foram caracterizadas as camadas, por meio de croqui, segundo suas variações de textura e de cor, em toda a dimensão do poço, ou seja, da base à superfície, como é mostrado nas Figuras 3.7 a 3.13.

A localização e a caracterização física dos poços de monitoramento foram importantes para o entendimento dos mesmos, conforme pode ser visto na Tabela 3.8. Obteve-se, nas perfurações dos poços, a profundidade média de 4,57 m.

Destaca-se que a perfuração dos poços, com profundidades entre 2 e 7 metros, segundo a norma da ABNT (1997), foi no nível hidrostático, possibilitando a coleta de água, após o acúmulo de no mínimo 1 metro de água nos poços.

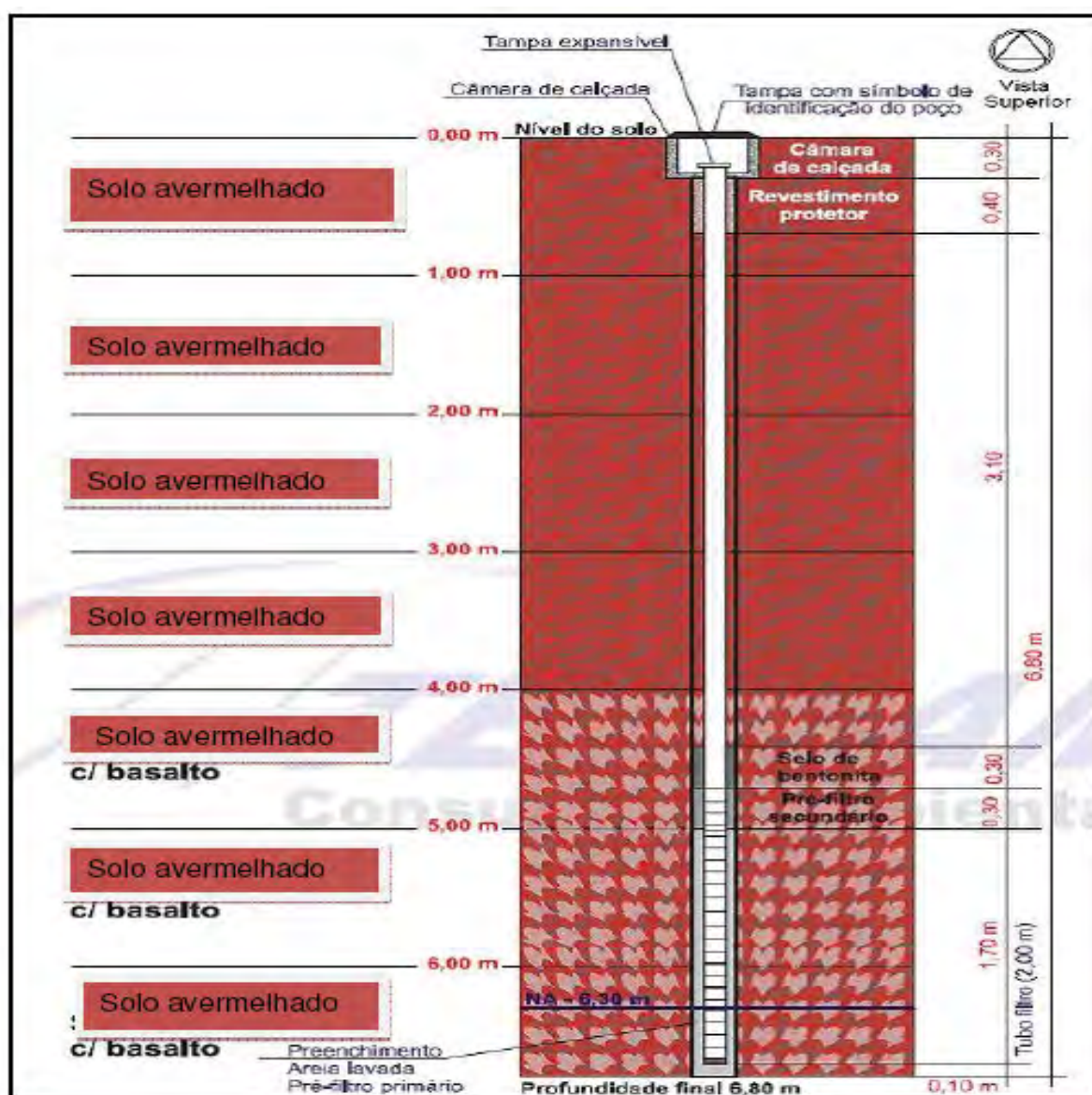
Figura 3. 8: Detalhes dos pontos de coleta a montante, a jusante e na lateral da granja



Elaborado por João Mateus de Amorim (23 março de 2010) às 14h

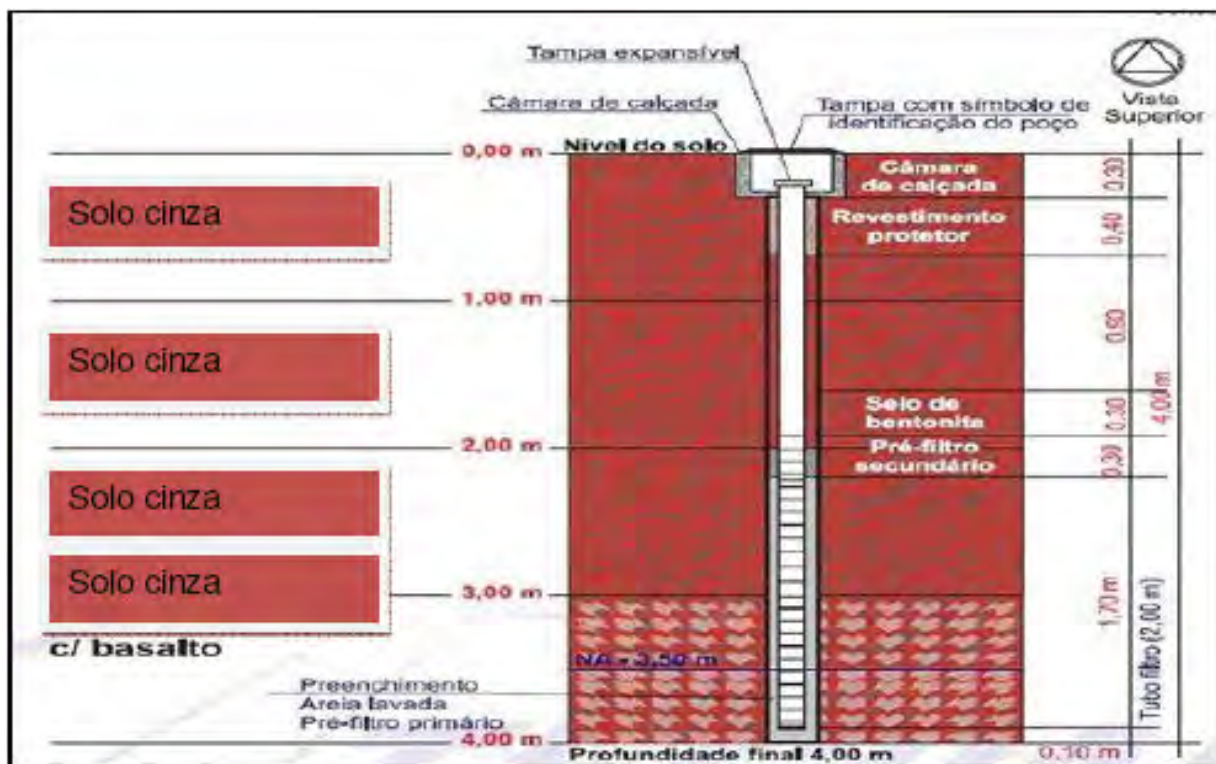
Salienta-se que as Figuras 3.8, 3.11 e 3.12 mostram um croqui esquemático de solo retirado dos poços perfurados, com a cor avermelhada, resultante da decomposição do basalto; enquanto que a cor cinza refere-se à presença de água, ou seja, trata-se de áreas hidromórficas com a presença de gleissolos, que segundo o Código Florestal, devem ser preservadas por ser locais APP. A base destes poços é composta de basalto, já o solo cinza dos poços das Figuras 3.9 e 3.10 é composto de área pantanosa.

Figura 3. 9: Perfil do poço 2 a montante da granja de suínos



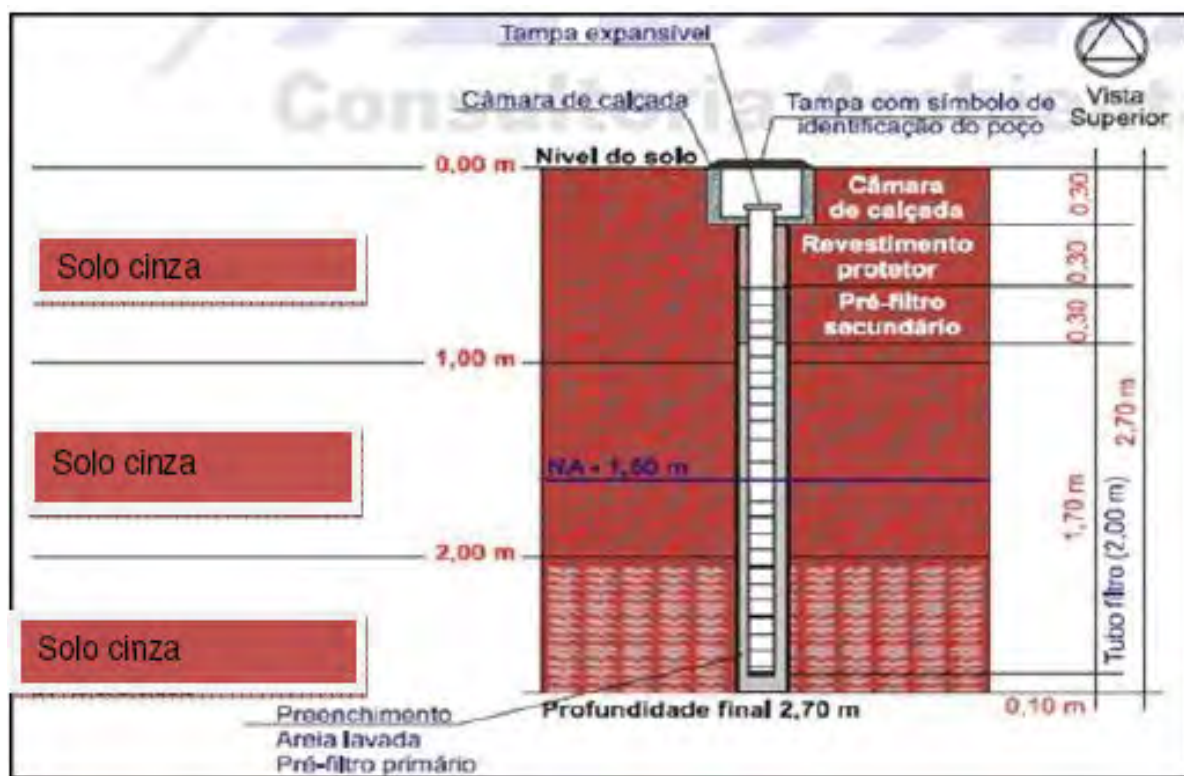
Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

Figura 3. 10: Perfil poço 3 na lateral próximo a uma moita de bananeira



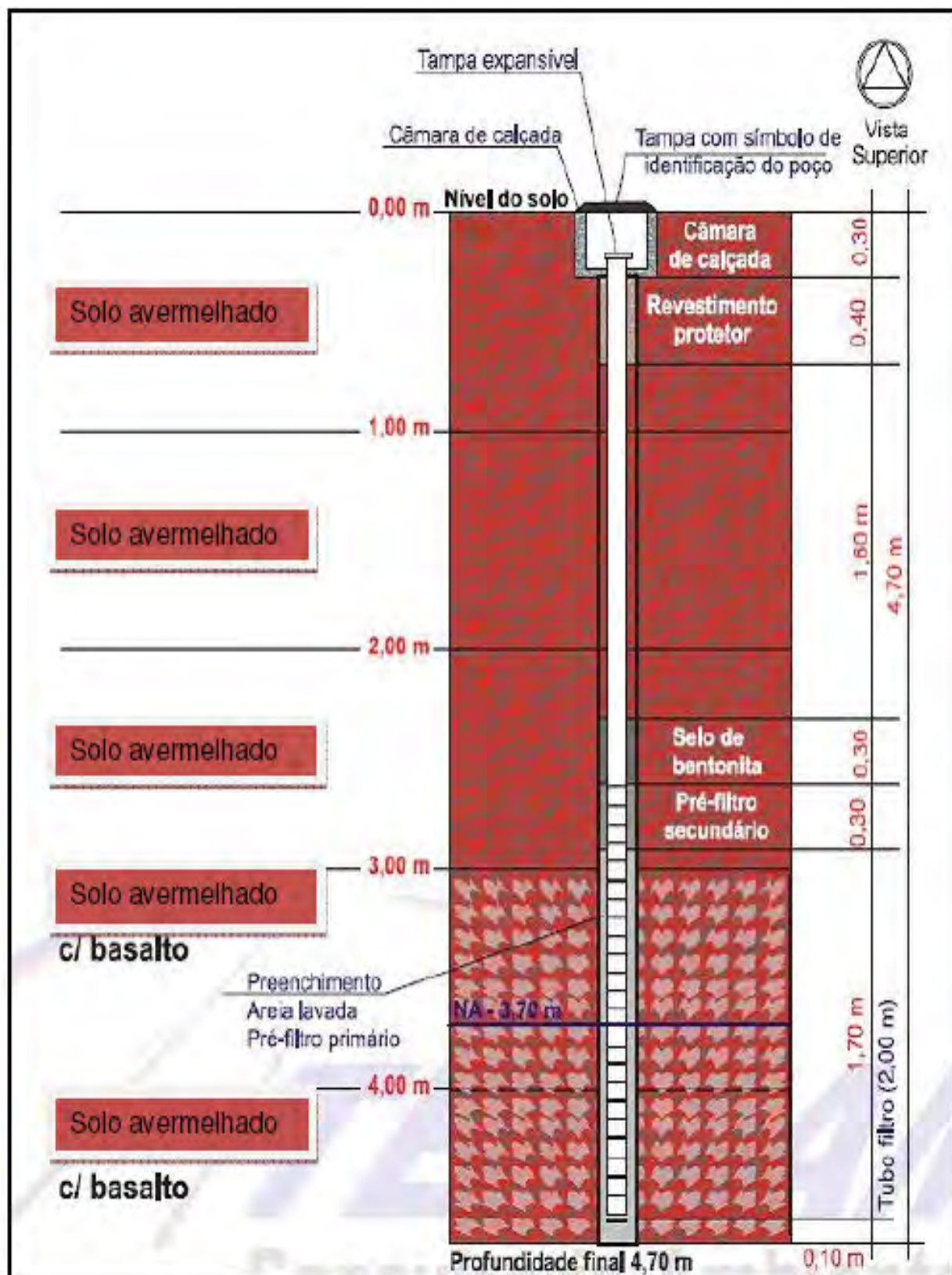
Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

Figura 3. 11: Perfil do poço 4 a jusante do biodigestor



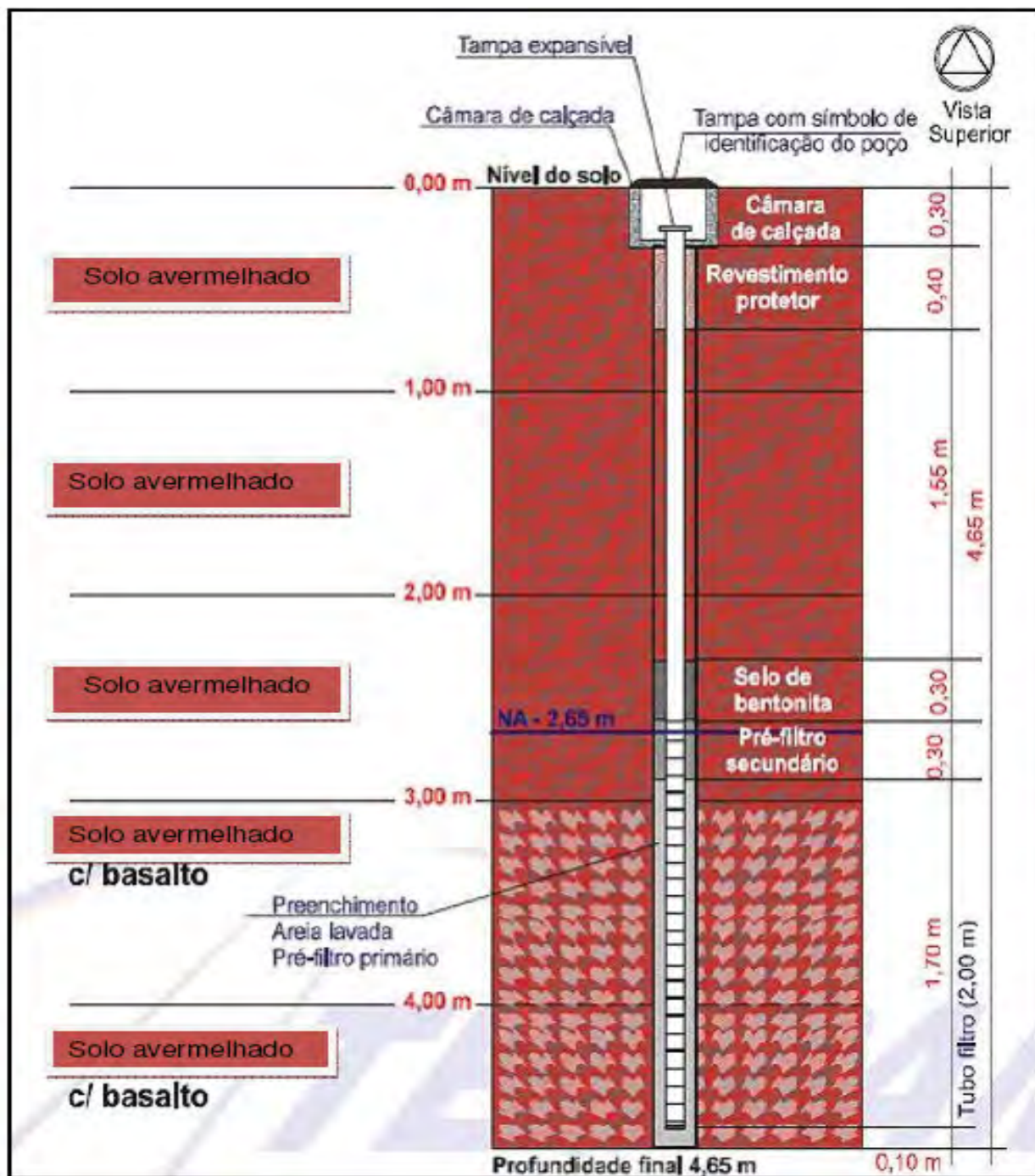
Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

Figura 3. 12: Perfil do poço 5 a jusante da granja de suínos



Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

Figura 3. 13: Perfil do poço 6 na lateral da granja de suínos



Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

Para concluir a selagem da perfuração, foi executada ao nível da superfície do solo, uma câmara de calçada em cujo topo assentou-se tampa de ferro fundido apropriada para a vedação do poço. Finalmente, o tubo de revestimento do poço foi fechado com tampa expansível e cadeado. A instalação dos poços de monitoramento seguiu as instruções contidas na ABNT (1997; 2008; 2009). O pré-

filtro secundário poderá variar de altura, de acordo com o tipo de solo, embora a altura sugerida seja de 300 a 600 mm.

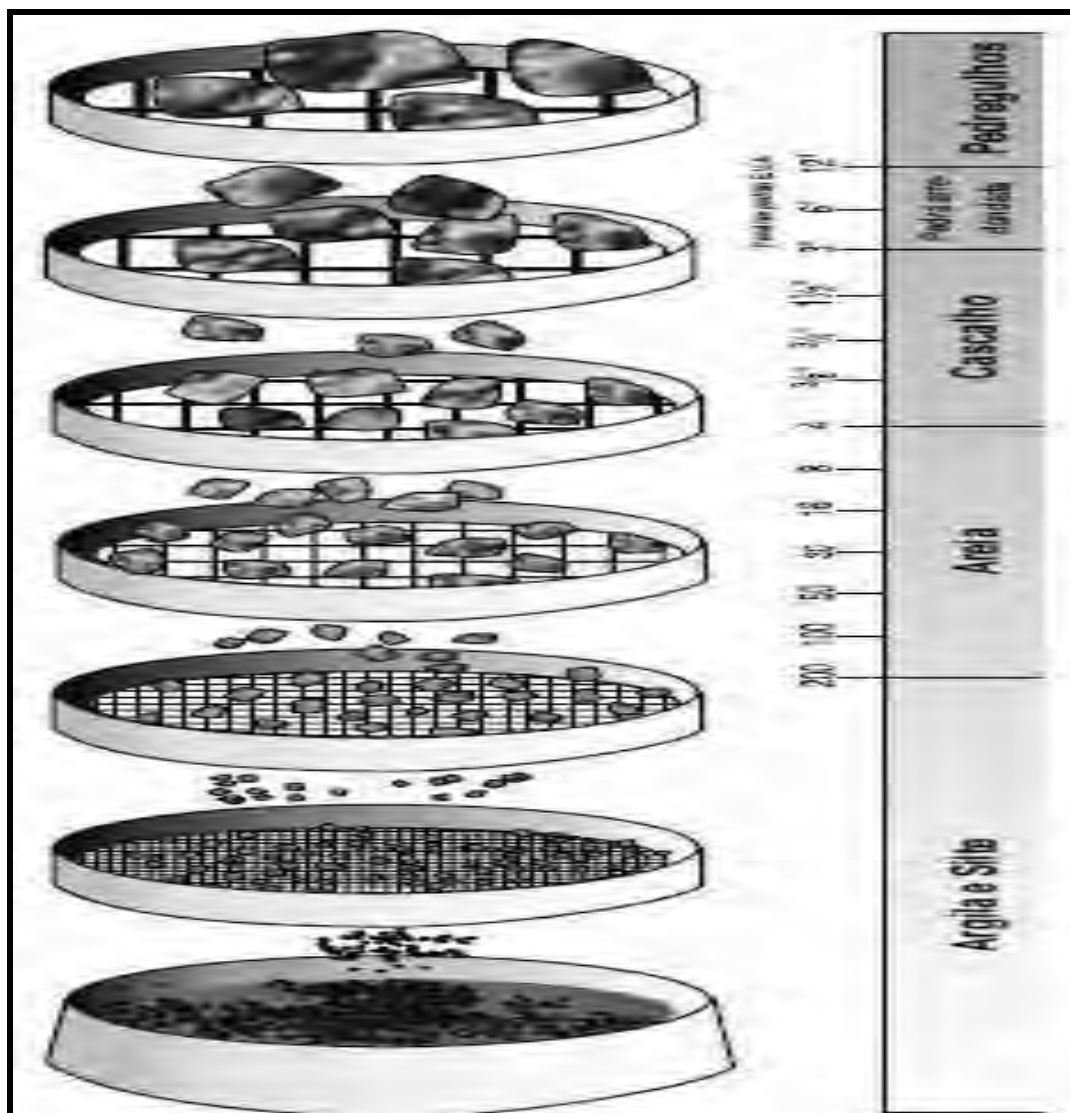
No momento da perfuração dos poços, coletou-se o solo úmido da franja capilar de quatro (4) poços de jusante da granja para análise ambiental, utilizando-se a metodologia de quarteamento para amostragem composta, segundo as recomendações técnicas dadas pela Bioagri Ambiental. As amostras para análise química do solo foram misturadas e parceladas em quatro partes iguais em uma bandeja e, em seguida, retirou-se uma parte significativa para as análises em laboratório de solos da Bioagri. E, também, com o objetivo de contrapor os dados químicos do solo da franja capilar dos poços de jusante, foi retirado o solo da franja capilar do poço 2, situado à montante da granja de suínos.

Para a análise granulométrica, retiraram-se duas amostras da camada superficial do solo (montante e jusante) e uma amostra de sedimentos de subsuperfície do solo de jusante, segundo as normas da ABNT (1984), no laboratório de solos da engenharia civil da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). A curva granulométrica do solo em superfície e em subsuperfície foi realizada com base na metodologia da ABNT (1984), por meio de cálculos matemáticos, em decorrência da passagem desse material em uma sequência de peneiras e também pela metodologia de sedimentação das partes finas dessa amostragem.

A curva granulométrica foi obtida pelo método convencional de peneiramento e sedimentação das partes finas do solo. As peneiras utilizadas foram as seguintes: 4, 10, 16, 30, 40, 60, 100 e 200, conforme pode ser constatado na Figura 3.14. As partículas que passaram na peneira 200 foram submetidas ao ensaio de sedimentação, seguindo a ABNT N^o 7181 (1984).

Neste estudo, foi realizado o ensaio de permeabilidade em campo (infiltração de água no solo) em quatro pontos diferentes na área de trabalho, sendo três (3) a jusante e um (1) a montante da granja de suínos, com o objetivo de analisar o coeficiente de permeabilidade no local.

Figura 3. 14: Sistema de peneiramento para classificação das partículas do solo



Fonte: Multiquip (2004, p. 5)

Para medir o coeficiente de permeabilidade (infiltração) é preciso adotar os seguintes procedimentos com base nos dados explicativos de Costa; Duarte e Nishiyama (2007, p. 632):

Os valores de infiltração são interpretados de acordo com o método teórico desenvolvido por Reynolds e Elrick (1983) baseado na equação de Richards (1931) para fluxo permanente num furo cilíndrico. O fluxo permanente é aproximado por uma equação onde a vazão (Q) é determinada da seguinte forma: $Q = R \times A$, onde Q é a vazão do regime permanente, R é a razão da vazão constante obtida durante os ensaios e A é a área do reservatório do permeâmetro utilizado ($36,19 \text{ cm}^2$).

Costa; Duarte; Nishiyama (2007) e Soares (2008) comentam que, no ensaio de permeâmetro de Guelph, a altura hidráulica (H) da água deve ser mantida constante no furo realizado no solo. Nesse ensaio, a altura hidráulica foi definida em 10 cm e o diâmetro do orifício no solo em 3.1 cm. Para o coeficiente de Hazen (C), adotou-se o valor de 1,1, pois os dados da pesquisa aproximam-se da classe de argilas não estratificadas. A utilização desse parâmetro depende do H/a e do tipo de solo. Para determinar a condutividade hidráulica (Kfs), adotou-se a seguinte expressão:

$$Kfs = \frac{CQ}{(2\pi H^2 + \pi a^2 C + 2\pi H / \alpha)}$$

Sendo que,

Q: volume de água infiltrada dentro do solo;

H: profundidade da água no anel quando ensaiado a regime constante;

C: coeficiente de Hazen (constante).

Para o cálculo do coeficiente de permeabilidade é preciso conhecer também o valor de α , com base nos dados da Tabela 3.4.

Tabela 3. 4: Dados para o parâmetro α

A (cm ⁻¹)	Tipo de solo
0,01	Argilas compactadas (aterros, sedimentos lacustres e marinhos)
0,04	Solos de textura fina, principalmente sem macroporos e fissuras
0,12	Argilas até areias finas com alta a moderada quantidade de macroporos e fissuras
0,36	Areia grossa, inclui solos com macroporosidade e fissuras evidentes

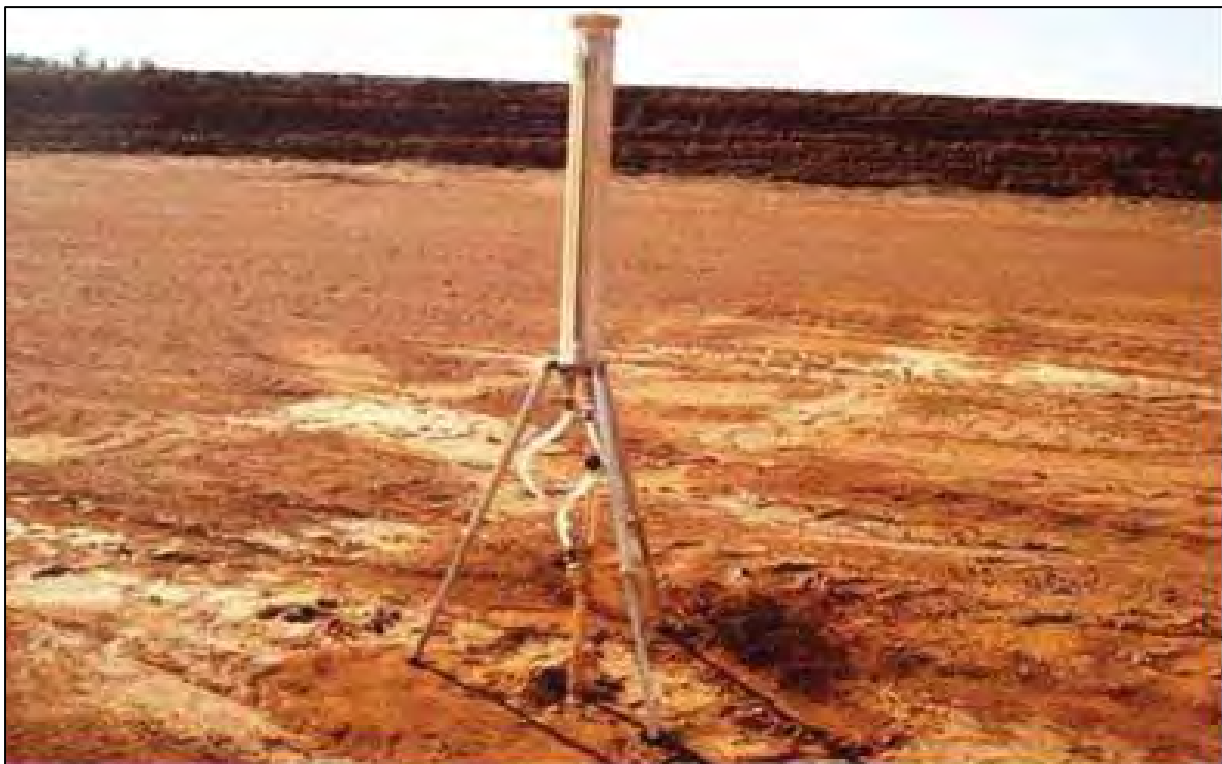
Fonte: Soto (1999, p. 49 apud SOARES, 2008, p 101)

Para esta pesquisa utilizou-se o valor de 0,12 para o parâmetro de α , com base nos dados de campo e laboratório.

A Figura 3.15 mostra os detalhes do permeâmetro utilizado na pesquisa de propriedade do Instituto de Geografia da UFU. Para o entendimento da permeabilidade, torna-se necessário mostrar a Figura 3. 16, com representação esquemática do permeâmetro de Guelph, que permite determinar a condutividade

hidráulica saturada do solo, ou seja, todo o processo que envolve a infiltração da água no solo.

Figura 3. 15: Permeâmetro de Guelph



Elaborado por João Mateus de Amorim (30 de abril de 2010)

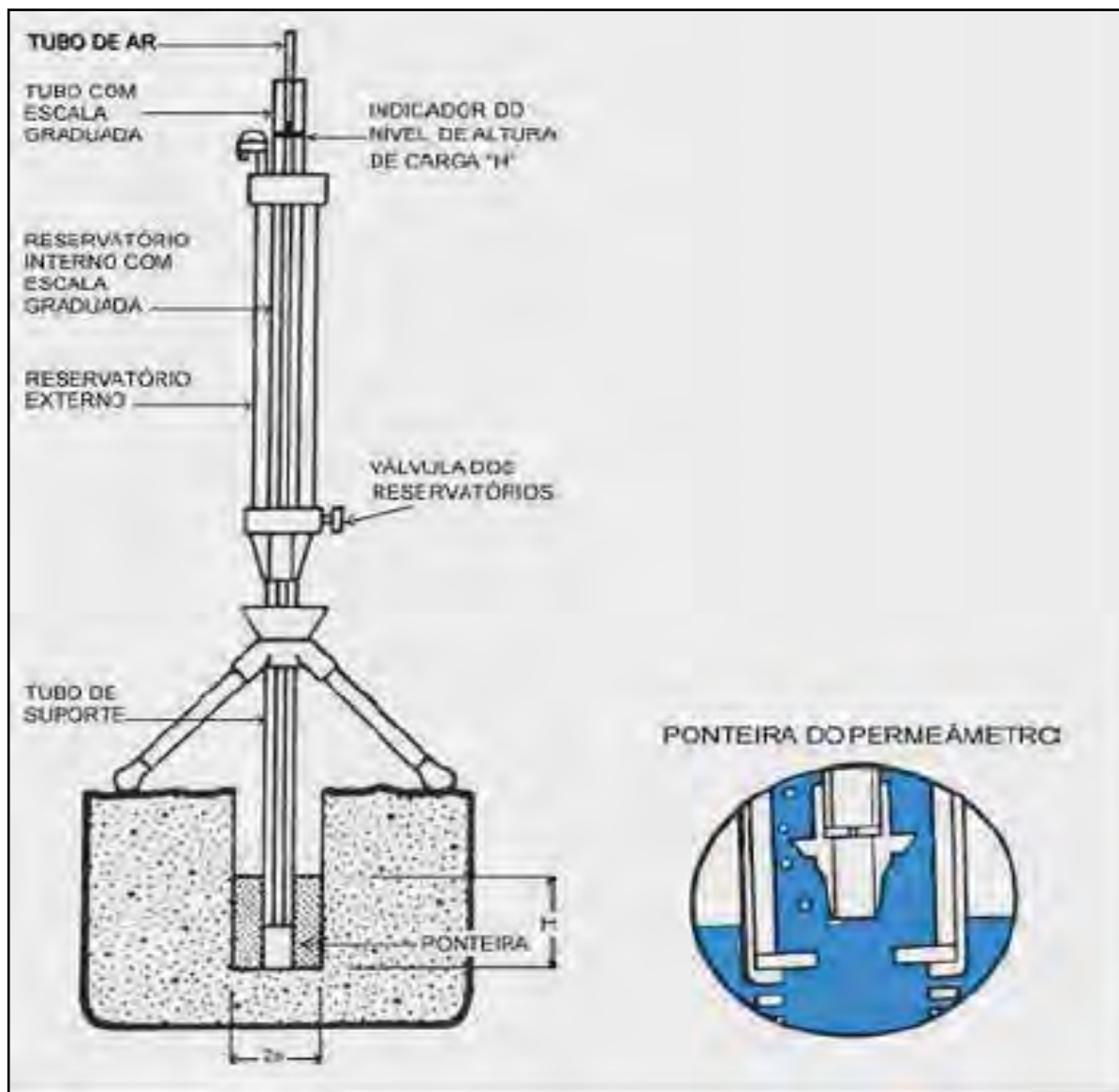
A Tabela 3.5 mostra os valores de permeabilidade para diversos tipos de solos, que podem variar de permeáveis a impermeáveis. Esse dado é importante para a análise dos dados levantados na pesquisa em questão.

Tabela 3. 5: Grau de permeabilidade utilizado na BCB

CONDIÇÕES DOS SOLOS	GRAU DE PERMEABILIDADE	TIPOS DE SOLOS	COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE (CM/S)
Solos permeáveis	Alta	Pedregulhos	$>10^{-1}$
	Média	Areias	10^{-1} a 10^{-3}
	Baixa	Siltes e argilas	10^{-3} a 10^{-5}
Solos Impermeáveis	Muito baixa	Argilas	10^{-5} a 10^{-7}
	Baixíssima	Argilas	$<10^{-7}$

Fonte: Vargas (1981) apud Costa 2008

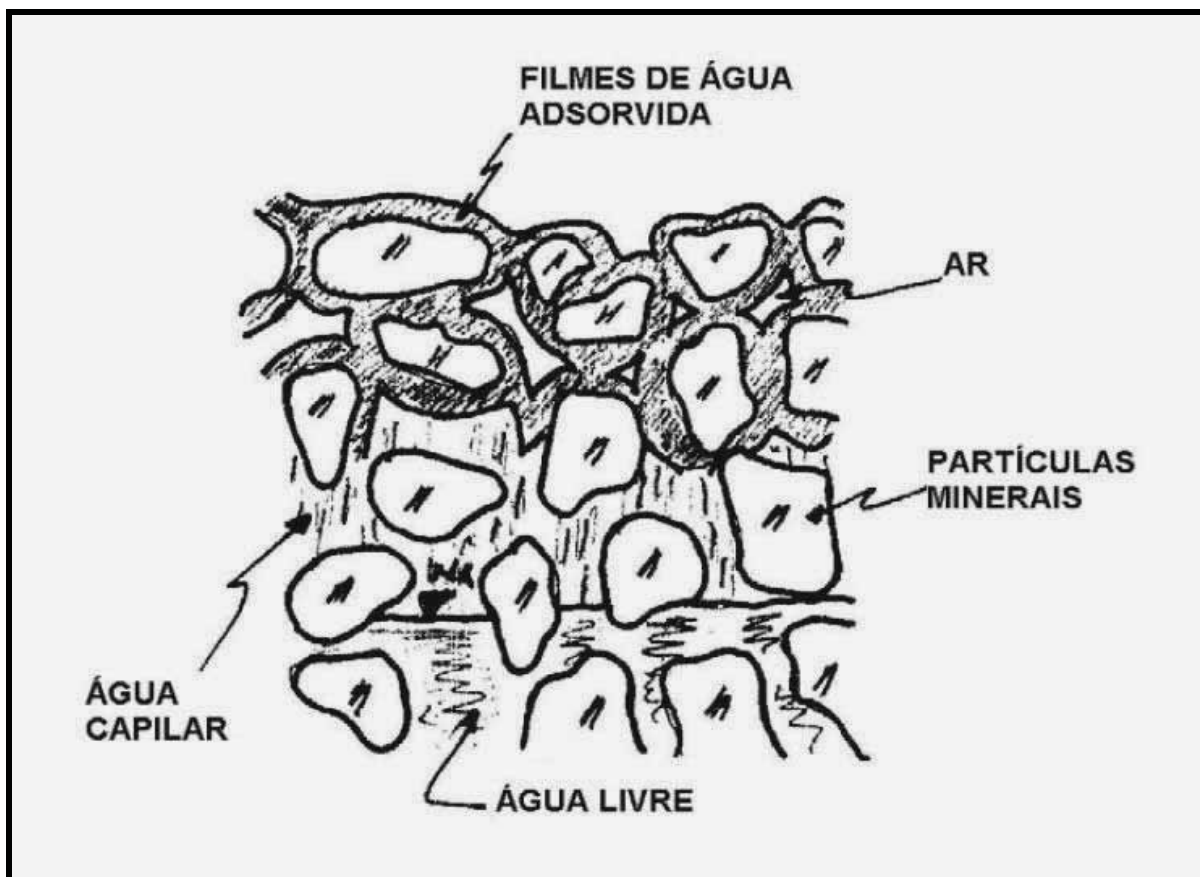
Figura 3. 16: Representação esquemática do permeâmetro de Guelph



Fonte: Soto (1999 apud COSTA, 2009, p. 23)

Já a porosidade do solo, como pode ser visto na Figura 3.17, refere-se ao deslocamento de água, ar e minerais nos poros do solo. Também pode ser verificado, nesse método, o índice de vazios e a massa dos grãos, com vistas a identificar a velocidade da infiltração da água no solo (condutividade hidráulica).

Figura 3. 17: Distribuição dos poros, águas e ar no solo



Fonte: Silva (2009, p. 16)

Para realizar o parâmetro de porosidade, foi necessário adotar as medidas descritas a seguir, em 3 (três) pontos de coleta (montante, jusante e lateral) da granja de suínos, com vistas a se obter uma amostra indeformada de superfície de forma adequada e representativa. Para isso, escolheu-se um solo mais encharcado para que fosse possível coletá-lo com maior facilidade, de forma rápida e eficiente. Sendo assim, preparou-se o local, com cuidado, executou-se um corte no solo em “V” e enterrou-se um cilindro no solo com as mãos para fazer a coleta *“in loco”*. Após o enchimento desse cilindro, o excesso de solo foi retirado com uma faca até atingir às proporções apresentadas na Figura 3.18.

Em seguida, colocou-se o solo do recipiente dentro de um saco de plástico próprio para coleta. Ao término da coleta destas amostragens em campo, no dia 6/9/2010, elas foram encaminhadas ao laboratório de solos da engenharia Civil da UFU para a realização de ensaios de porosidade e de granulometria. Para estimar a

porcentagem de porosidade do solo em questão, efetivaram-se os seguintes procedimentos: determinação do teor de umidade, característica do corpo de prova no campo, característica do anel, índices de vazios e peso específico dos grãos secos e úmidos.

Figura 3. 18: Modelo de ensaio de amostra de solo em cilindro



Fonte: Costa (2009, p. 29)

Diante ao exposto, pressupõe-se que a realização dos ensaios de granulometria (textura), permeabilidade e porosidade possibilite a compreensão e a correlação entre os dados levantados nas análises laboratoriais e os dados de infiltração e de oscilação da água subsuperficial. Tal procedimento permitiu a execução da pesquisa geossistêmica, de forma simplificada, mas com algumas correlações físicas, naturais em relação ao processo de uso e ocupação do solo.

3.3.1 - Procedimentos para a Construção de Poços de Monitoramento e o Plano de Amostragem

Para a construção dos poços de monitoramento, atentou-se para os seguintes detalhes, segundo a norma da ABNT (1997, p. 2), visando-se a obtenção de informações sobre os possíveis impactos nesse local: diagnóstico; memorial descritivo do local de pesquisa, relacionado aos aspectos geológicos (distribuição litológica e estratigráfica) e aos hidrológicos (espessura do aquíferos); mapa de amplitude do nível de água; parâmetros de análise da qualidade da água; e localização e distribuição dos poços, montante e jusante da instalação a ser analisada.

Para a realização do plano de amostragem, houve coleta *"in loco"*, sem especificação da necessidade de se fazer outorga de uso de água, conforme a norma da ABNT (1997, p.10). Diante disso, foram levados em consideração os seguintes aspectos:

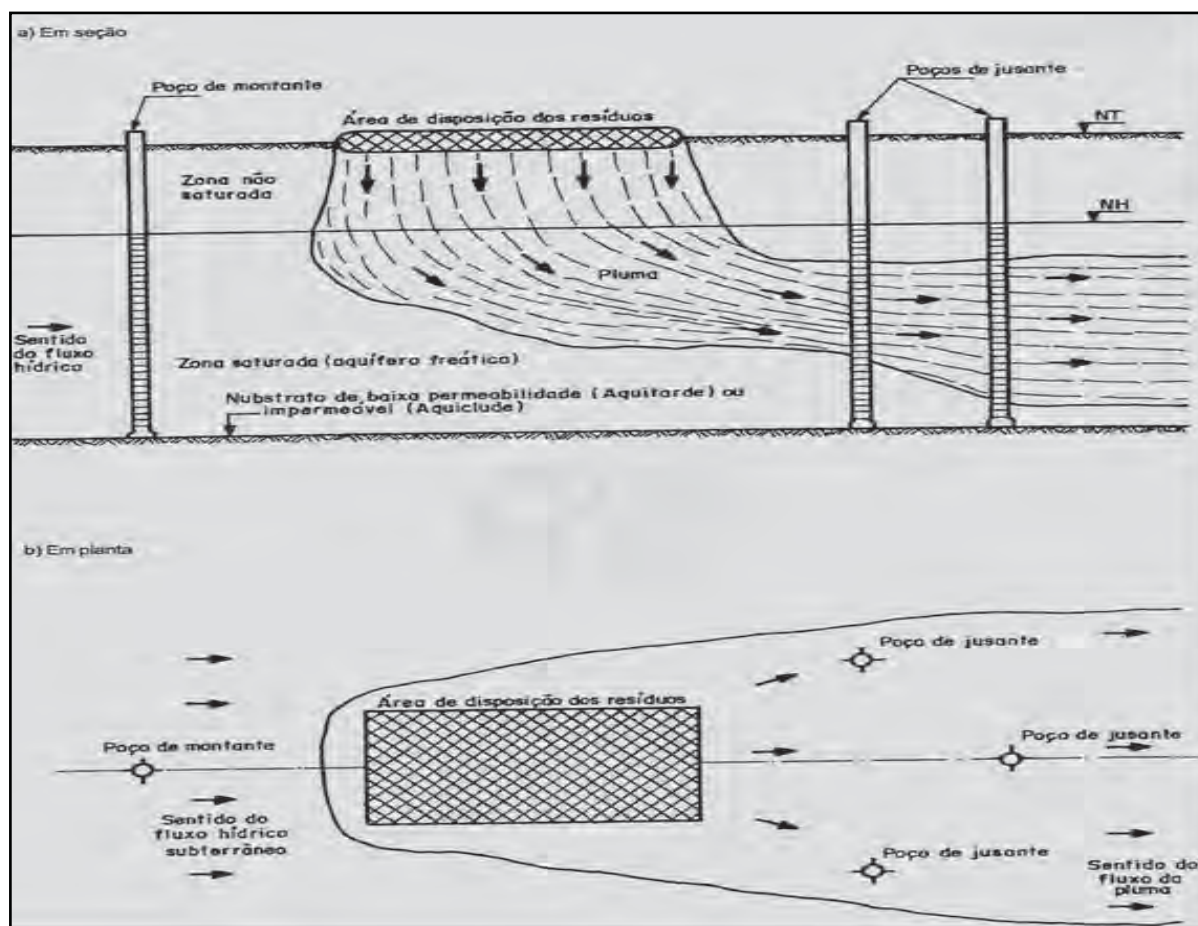
Esgotamento do poço, uma ou mais vezes, dependendo da quantidade de água no mesmo; utilização da técnica de coleta, de armazenamento e de análise das amostras, de forma adequada; utilização de equipamentos que, nesse processo, devem ser de teflon, de PVC ou de aço inoxidável; evitação de turbulência, o que deve ser evitada no momento da coleta; controle de qualidade de campo e de laboratório, com vistas à preservação das amostras e à eficácia dos resultados, para o que será essencial: fazer a coleta nos poços de montante primeiro, ou seja, do menos contaminado para o mais contaminado, observando-se a direção do fluxo (pluma) hídrico subterrâneo; usar os equipamentos de coleta, uma vez, e, em seguida, lavá-los com detergente sem fosfato e água destilada.

No que tange ao plano de amostragem, conforme apresenta a Figura 3.19, o *"layout"* em destaque permite avaliar a pluma de contaminação, segundo o sentido do fluxo hídrico, de montante para jusante de uma área de disposição de resíduos (granjas, aterro sanitário) com risco potencial de contaminação.

Os poços de monitoramento são constituídos dos seguintes elementos, conforme a norma (ABNT, 1997, p. 4): tubo de PVC com pequenas ranhuras ou orifício, para a entrada da água de coleta; filtro (tela protetora) ao longo do tubo, para impedir a entrada de impureza nesse recipiente; pré-filtro, localizado entre a parede do poço e

o tubo, que pode ser preenchido de areia, cascalho, brita ou solo retirado da perfuração do poço; proteção sanitária (vedação removível na parte superior do tubo), “selo sanitário”, para impedir a entrada de solos, água e outros resíduos no poço; e a colocação de um tampão fixo (na extremidade inferior do tubo) sob uma camada impermeável, vedando a entrada de materiais sólidos do fundo do poço no interior do tubo, conforme mostrado na Figura 3. 20.

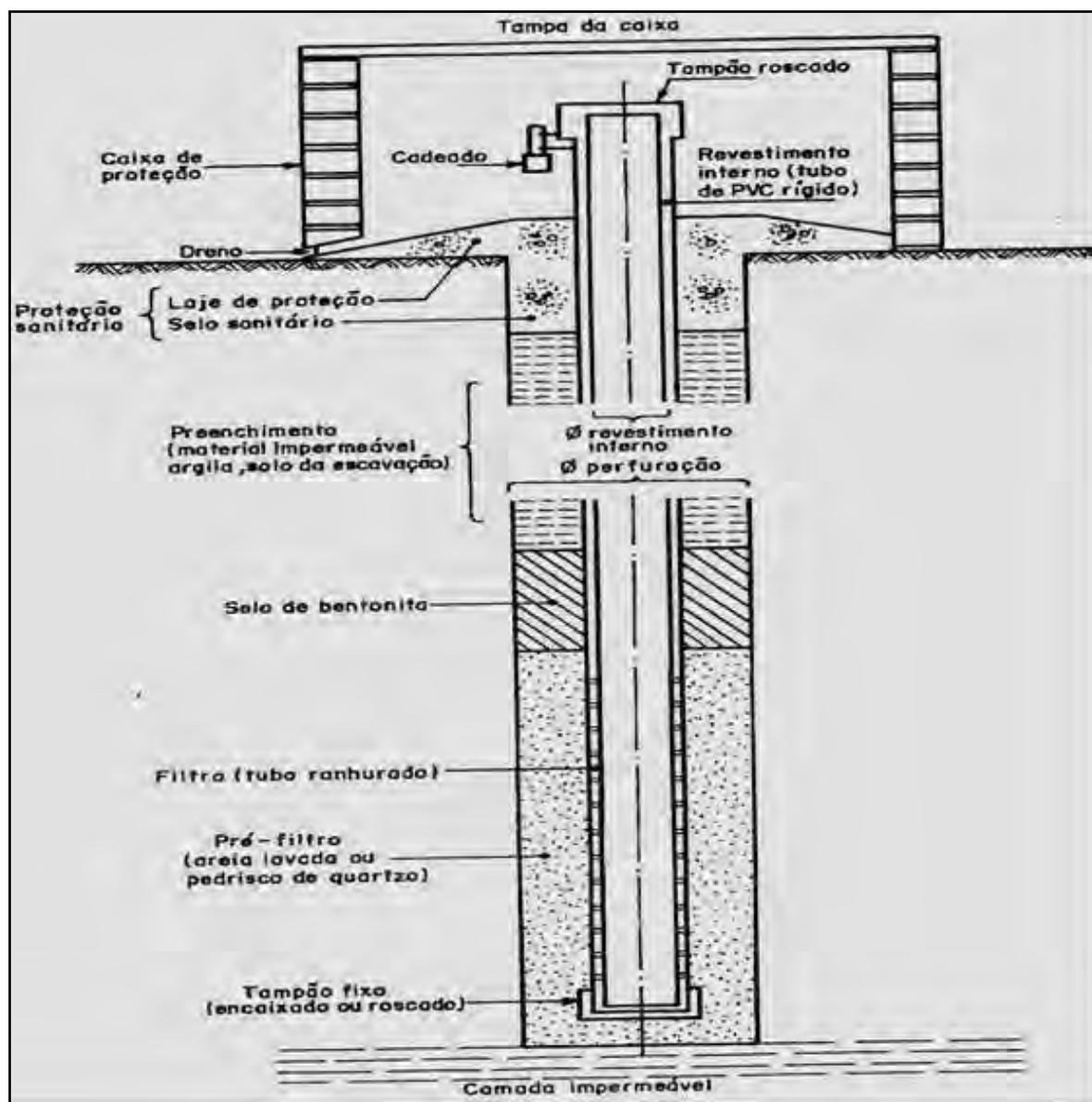
Figura 3. 19: Perfil esquemático do plano de amostragem adaptado na BCB



Fonte: ABNT (1997, p. 3)

Após o levantamento de dados sobre a poluição e os impactos ambientais, principalmente nos corpos hídricos subterrâneos, de forma geral, e levando-se em consideração, ainda, a forma como o diagnóstico dos destes deve ser feito, torna-se necessário relacioná-los sob a perspectiva da problemática ambiental, em relação aos dejetos de suínos no espaço geográfico, delimitado por uma bacia hidrográfica.

Figura 3. 20: Condição específica para a construção de poços de monitoramento



Fonte: ABNT (1997, p. 6)

Sendo assim, o plano de amostragem deve abarcar, em sua amplitude, a eficácia dos processos de coleta, armazenamento e análise dos ensaios. Para isso, deve-se ter o cuidado com a volatilização dos elementos a serem analisados, segundo a sequência de susceptibilidade, do mais ao menos volátil, que são: “voláteis, compostos semivoláteis [...], metais totais, metais solúveis, carbono orgânico total, halogênios totais orgânicos [...], nitrato e amônia, sulfato e cloreto”, segundo a norma (ABNT, 1997, p. 13):

3.3.2 - Ensaio de Laboratório

No solo retirado, com a perfuração do poço, foi monitorada a concentração dos seguintes parâmetros químicos: nitrogênio amoniacal, matéria orgânica, nitrito, nitrato, fósforo total, zinco, cobre, CTC, condutividade elétrica e pH.

Os parâmetros físicos analisados no solo da área de trabalho são a textura, a granulometria e a porosidade.

Os ensaios químicos foram realizados na empresa Bioagri Ambiental e os físicos, na empresa Bioagri Ambiental e no laboratório da Engenharia Civil da UFU, com base nas seguintes metodologias de análise do solo apresentadas na Tabela 3.6.

Tabela 3. 6: Metodologia de análise do solo da BCB

Parâmetros Químicos	Metodologia
pH	APHA 4500-H + B (1997)
Nitrito	USEPA 9056 (1994)
Nitrato	USEPA 9056 (1994)
Amônia	APHA 4500 (1997)
Fósforo	USEPA 6010 (1996)
Cobre	USEPA 6010 (1996)
Zinco	USEPA 6010 (1996)
CTC	USEPA 3050 (1986)
Sulfeto	USEPA 9030 (1996)
Condutividade	APHA 2540B (1997)
Parâmetro Físico	
Granulometria – BIOAGRI - franja capilar	ISO 13320-1 (1999)
Granulometria – UFU – superficial	ABNT (1984)

Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

Os parâmetros analisados na água subterrânea (água subsuperficial) foram: pH, DBO, OD, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, bactérias heterotróficas e coliformes termotolerantes. Essa análise ocorreu no Laboratório do SENAI e na Bioagri Ambiental, conforme especificado na tabela 3.7.

Tabela 3. 7: Metodologia de análise da água subsuperficial da BCB

PARÂMETROS	METODOLOGIA
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)**	ABNT NBR 12614 (1992) método de incubação (20° C – cinco dias) Standard Methods for the examination of water and wastewater, 21 th de 2005.
pH**	ABNT NBR 14339 de 1999 – método eletrométrico
Nitrogênio Amoniacal (NH ₃ mg/L em N**	ABNT NBR 10560 de 1988 – método titulométrico
Nitrato (mg/L)**	APHA - Standard Methods for the examination of water and wastewater, 21 th de 2005 – método colorimétrico – APHA 4500 (2005)
Nitrito (mg/L)**	APHA - Standard Methods for the examination of water and wastewater, 21 th de 2005 – método colorimétrico – APHA 4500 (2005)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)**	ABNT NBR 11958 de 1989 – método eletrodo de membrana
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)**	Silva; Junqueira e Silveira (1997)
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)**	APHA (2005) e Silva; Junqueira e Silveira , (1997)
Fósforo (mg/L)*	APHA 4500 P - E. (1997)
Cobre (mg/L)*	APHA 3120 B (1997)
Zinco (mg/L)*	APHA 3120 B (1997)
Sulfeto (mg/L)*	APHA 4500S-2 /D (1997)
Condutividade (mol)*	APHA 2510 B - Laboratory Method (1997)

** ensaios realizados no SENAI - *ensaios realizados no laboratório da Bioagri
Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

CAPÍTULO 4 - QUALIDADE DA ÁGUA SUBSUPERFICIAL: O CASO DA GRANJA DE SUÍNOS DO IFTM – CAMPUS UBERLÂNDIA

4.1 - Caracterização Física do Solo da BCB

Com relação às características físicas do solo da bacia do córrego Bebedouro (BCB), foram observados fatores como porosidade, estrutura dos solos, condutividade hidráulica, permeabilidade, entre outros aspectos. Assim, faz-se necessária, conforme aponta Oliveira; Gonçalves e Martins (2010), a definição conceitual dos termos *condutividade hidráulica* (K) e *permeabilidade*. O primeiro trata da dinâmica de percolação da água no solo, já o segundo refere-se às características do meio (textura, porosidade, estrutura, etc).

Nos ensaios de permeabilidade, foram obtidos os valores de coeficiente de permeabilidade (k) em cm/s. Para contextualizar essas informações, seguem os dados de permeabilidade apresentados na Tabela 4.1 e na Figura 4.1.

Os ensaios de porosidade, tanto nos pontos a jusante, na lateral, e a montante da granja, foram altos, contribuindo para a percolação de água e resíduos no perfil do solo. Contudo, mesmo com altos dados de porosidade, a presença da matriz argilosa e a permeabilidade baixa fizeram com que esse impacto fosse amenizado, conforme mostra a Tabela 4.1 e a Figura 4.2. Para a melhor compreensão do ocorrido, faz-se necessário analisar um comentário acerca da porosidade e permeabilidade, bem como suas correlações.

A porosidade se expressa pela porcentagem do volume de vazios em relação ao volume total da amostra previamente coletada. Quanto mais poroso for um solo, maior será a quantidade de vazios, conseqüentemente mais permeável. De posse do valor de condutividade hidráulica, a permeabilidade de um solo pode ser inferida. A porosidade do solo depende do arcabouço da rocha e da característica do solo, sendo as características mais importantes aquelas relacionadas ao diâmetro e forma dos minerais, assim como

a compactação e a cimentação (Oliveira; Gonçalves e Martins, 2010, p. 231).

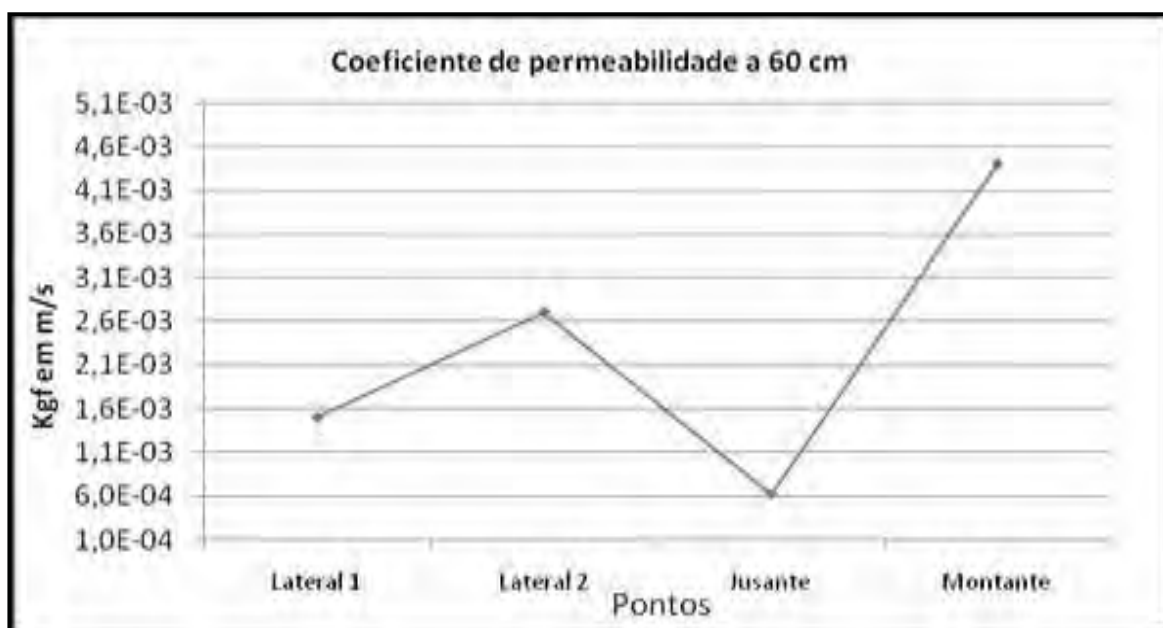
Tabela 4. 1: Coeficiente de permeabilidade da área de estudo

Local do ensaio de permeabilidade	K (cm/s)	Intensidade
Lateral (18° 46' 06"/ 48° 17' 46")	1.5*10 ⁻³ cm ³ /s	(baixa)
Lateral (18° 45' 60"/ 48° 17' 44")	2.7*10 ⁻³ cm ³ /s	(baixa)
Jusante (18° 46' 06"/ 48° 17' 47")	6.2*10 ⁻⁴ cm ³ /s	(baixa)
Montante (18° 46' 60"/ 48° 17' 43")	4.4*10 ⁻³ cm ³ /s	(baixa)

Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

Os dados de coeficiente de permeabilidade foram classificados, conforme Vargas (1981 *apud* COSTA, 2008), que propõe que valores de 10⁻³ cm/s a 10⁻⁵ cm/s sejam analisados como de baixa permeabilidade.

Figura 4. 1: Coeficientes de permeabilidade da área de estudo

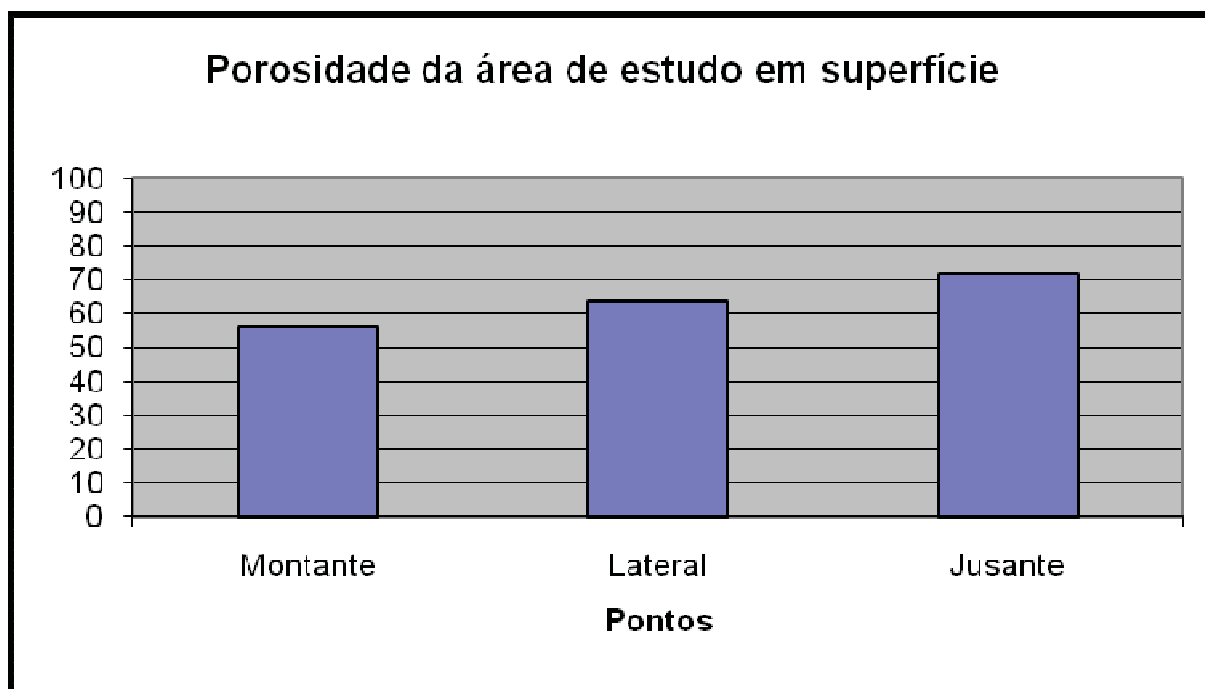


Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

A Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) estipulou que a porcentagem de porosidade acima de 50% e índices vazios superiores a 1 tornam a dinâmica de circulação dos fluídos no interior do solo muito alta, com base nos dados da IAEG (1979). Sendo assim, pode-se afirmar que os dados da área de estudo, com valores de porosidade de 55,8 % (montante), 63,5% (lateral) e 71,5% (jusante), são muito altos e poderão contribuir para a percolação de

água e resíduos em taxas muito altas no interior do solo da área de estudo (UFSM, 2010). A este respeito, Oliveira; Gonçalves e Martins (2010) apresenta uma definição abrangente da porosidade, quando diz que a mesma depende da rocha, da textura, das características e de outros fatores.

Figura 4. 2: Porosidade da área de estudo em superfície



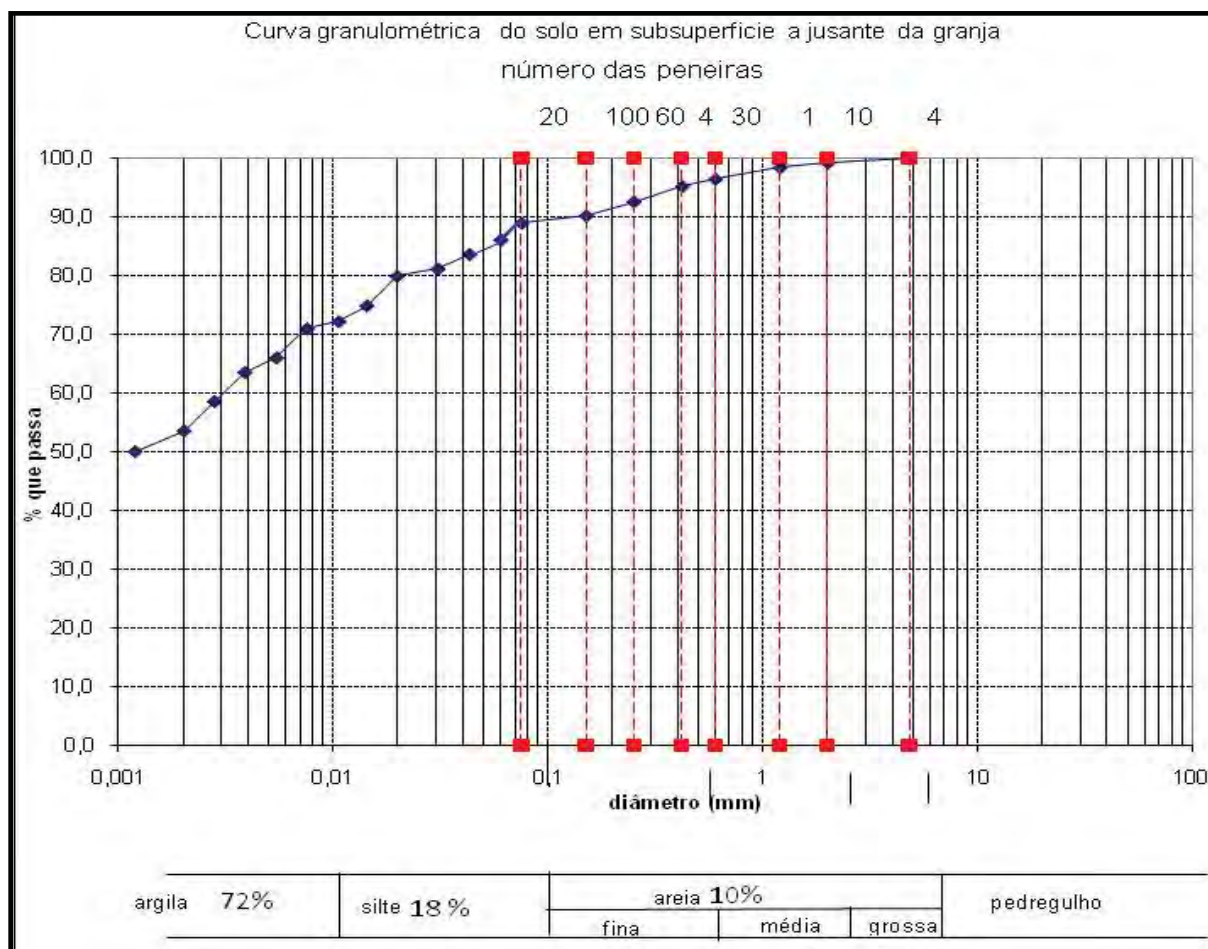
Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

A curva granulométrica, resultante dos dados de textura do solo em subsuperfície retirado do poço 6 (jusante), conforme apresentada na Figura 4.3, refere-se aos dados de argila (72,0 %), silte (18,0 %) e areia total (10,0%), o que representa a soma de valores de areia fina, média e areia grossa. Com base nos resultados apresentados, pode-se afirmar que, no solo em profundidade, predomina a fração argila pesada, segundo, o diagrama triangular elaborado pela Embrapa.

Com base nos dados das curvas granulométricas, pode-se deduzir que o solo tem uma estrutura semelhante aos dados de superfície dos pontos de jusante e montante. Diante desses resultados, pode-se afirmar que, em profundidade, possivelmente, ocorreu a deposição de uma camada de silte. Essa situação (de solo argilo e siltoso), baixa permeabilidade, contudo, minimizou os impactos dos resíduos

na água subsuperficial, devido à sua característica esponjosa, que reteve os contaminantes dessa granja.

Figura 4. 3: Curva Granulométrica do solo em subsuperfície a jusante da granja

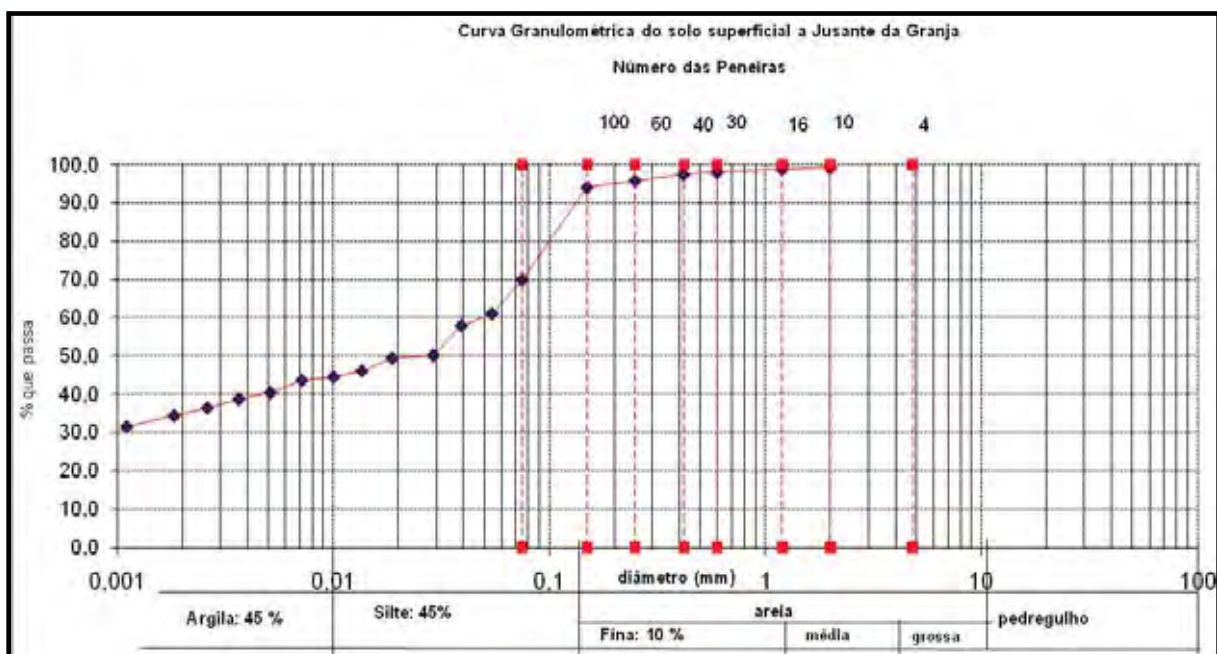


Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

Na Figura 4.4, é possível afirmar que a curva granulométrica em questão mostra um solo mais franco siltoso em superfície, na parte de jusante, pois trata-se de um argissolo nas proximidades de área brejosa, segundo dados de Santos (2008a).

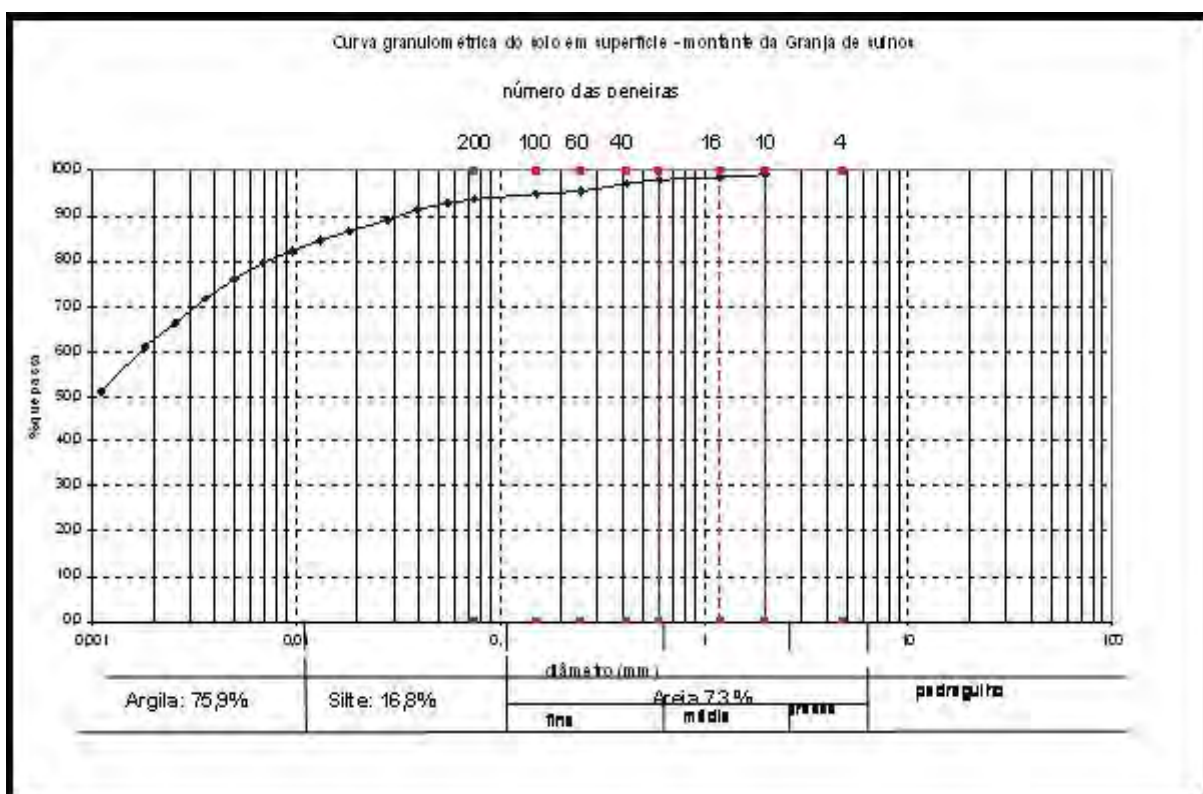
Em superfície na área de montante da granja, nas proximidades do poço de monitoramento (2), o solo (latossolo distroférico) é muito argiloso (argila pesada), porém bastante poroso, devido à sua estrutura, contendo macroagregados, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 4.5.

Figura 4. 4: Curva Granulométrica de solo em superfície a jusante da granja



Elaborado por João Mateus de Amorim (2010)

Figura 4. 5: Curva granulométrica de solo superficial na área de montante da granja



Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

Com relação aos dados obtidos nos ensaios químicos do solo da área experimental, é possível verificar a qualidade ambiental a partir da comparação com os valores de pesquisa da CESTESB (SÃO PAULO, 2005), de outros levantamentos da literatura, da legislação ambiental para águas subterrâneas e da comparação entre dados de ensaios de montante e jusante.

A diminuição dos valores de cobre, zinco e fósforo na água subsuperficial, possivelmente, refere-se à sua diluição no corpo hídrico subterrâneo ou à formação de outros compostos na camada mais superficial do solo. Ao comparar os dados de montante e jusante, foi possível entender esse processo e afirmar que os dados químicos do solo da franja capilar desses dois ambientes estão com alguns valores altos, devido a uma concentração significativa de matéria orgânica (fertirrigação com dejetos de suínos, compostos nitrogenados adubo químico), etc, sendo lançada sob o solo no âmbito da área de estudo.

Para o entendimento dos resultados da análise físico-química do solo da BCB, foi relevante a realização da porosidade, da permeabilidade e da textura, com vistas a entender a percolação dos resíduos no perfil do solo em profundidade.

Sendo assim, ao confrontar os resultados da parte química levantada no solo, percebe-se que ocorrem valores bem mais altos de cobre nos pontos de (jusante e montante) e de zinco no ponto de (jusante), segundo dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (São Paulo, 2005), como pode ser visto na Tabela 4.2.

Domingues (2009) afirma que o ácido húmico não só pode atenuar a carga de metais pesados por meio da complexação na solução do solo, mas também pode aumentar a contaminação quando esse ácido torna o metal solúvel, facilitando o seu transporte e, por fim, a contaminação das águas subterrâneas e superficiais. No tocante ao fósforo, pode-se deduzir que o valor apurado na coleta de jusante (1351 mg/Kg) foi bem superior ao resultado no ensaio de montante (524 mg/Kg) (Tabela 4.2).

Segundo Domingues (2009), na natureza, diversos processos podem ocorrer com a possibilidade de interferir na mobilidade e na disponibilidade dos metais no solo. Isto

se dá pela capacidade de troca catiônica (CTC), pelo pH (potencial hidrogeniônico), pela material de origem, pela matéria orgânica, dentre outros fatores.

Essa autora concluiu, em sua pesquisa, que valores de CTC acima de 100 mmol/dm³ para solos, de uma forma geral, poderão poluir ou contaminar, principalmente por metais, os solos e as águas subsuperficiais. Como o resultado do solo situado na franja capilar, nas proximidades da água subsuperficial, foi de 100 mmol/dm³ para a coleta de jusante e 215 mmol/dm³ para o ensaio de montante, foi observada expressiva contribuição para os altos valores de Cu e Zn, como pode ser constatado na Tabela 4.2.

A CTC refere-se à capacidade do solo em adsorver cátions de forma trocável no solo. Isto se dá em função de o solo, de uma forma geral, ter a carga negativa (ânion) e trocá-la com os cátions dos metais. Segundo Sposito (2008 *apud* DOMINGUES, 2009), quanto maiores forem os valores de CTC, mais colóides de adsorção aos metais pesados terão esse solo. As cargas elétricas negativas do solo, sua matéria orgânica e a elevação do pH também contribuem para o aumento desse parâmetro.

Tabela 4. 2: Comparação qualitativa dos resultados de amostragem química do solo da BCB

Parâmetros	Ensaio de jusante solo franja capilar	Ensaio de Montante solo da franja capilar	São Paulo (2005) – valores referência de qualidade
N. Amoniacal (mg/kg)	ND	310	-
Nitrito (mg/kg)	ND	ND	-
Nitrato (mg/Kg)	ND	3,70	-
Fósforo (mg/Kg)	1351,0	524,00	-
Zinco (mg/Kg)	130,00	42,00	60,0
Cobre (mg/Kg)	82,00	47,00	35,0
Sulfeto (mg/Kg)	ND	ND	-
pH	6,60	4,90	-
Condutividade (ds/m)	0,04	0,04	-
Matéria orgânica (g/dm ³)	8,00	11,00	-
CTC (m mol/dm ³)	100,00	215,00	-

ND= Não detectado
Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

Os resultados obtidos nos ensaios de solo, da franja capilar, foram importantes para que se pudesse afirmar que ocorreu uma significativa percolação de resíduos, de uma forma geral, em profundidade no solo da BCB.

4.2 - Qualidade da Água Subsuperficial da Bacia do Córrego Bebedouro

Para garantir a qualidade das águas subterrânea e superficial, como um corpo único, na medida em que a água da chuva infiltra-se no solo e, logo em seguida, formam os rios e córregos, é imprescindível a realização de pesquisas com vistas a equacionar a questão do uso e da ocupação do solo de forma planejada, buscando-se sempre manter o equilíbrio entre espaço físico natural e desenvolvimento agropecuário de cunho antropogênico.

Sabe-se que a água subterrânea necessita desse processo (vegetação e solo) para manter sua qualidade e sua quantidade. A tabela 4.3 evidencia os dados levantados nos poços de coleta e mostra a qualidade da água subsuperficial.

Destaca-se, nas amostragens dessa tabela, que os pontos de jusante (3, 4, 5, 6, A e B) e o efluente foram significativos e confirmaram a hipótese levantada nesta pesquisa sobre a possibilidade de contaminação do solo e da água em questão pela granja de suínos.

Fica evidente que as legislações ambientais (BRASIL, 2004; 2005; 2008), aliadas à educação ambiental, são instrumentos legais de grande validade para o meio ambiente, como pode-se ver na Tabela 4.4.

Salienta-se que a água de aquíferos é mais difícil de ser contaminada, pois tem camada de solo filtrante sobrejacente aos lençóis de água subterrânea. Porém, se ela for alterada, é quase impossível descontaminá-la, de forma ampla, devido à complexidade para se entender a sua movimentação no subsolo.

A utilização da classe 3, da Resolução do CONAMA, Brasil (2005), deu-se em função de sua classificação, por ser menos restritiva, possibilitando fazer

comparação com os resultados dos ensaios da Tabela 4.3. Destaca-se que esta legislação possui diversas classes de enquadramento, com classes mais restritivas e outras menos restritiva, referente à qualidade da água superficial.

Tabela 4. 3: Resultados da coleta da água subsuperficial em período seco e chuvoso

1ª Coleta	Ponto	pH	Cond. $\mu\text{S/cm}$	P mg/L	Nitrato mg/L	Nitrito mg/L	Amônia mg/L	Col. NMP/100 mL	DBO mg/L	OD mg/L	Sulf. mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	Bac. H/FC/mL
6/9/10	1	6,10	43	ND	0,80	ND	ND	2,2*	12,60	5,60	ND	ND	ND	ND
	2	5,97	520	0,2	1,60	ND	ND	23	20,70	6,00	ND	0,7	0,1	5300
	A*	7,90	267	ND	1,00	ND	ND	23	26,90	7,80	ND	ND	ND	790
	4	6,12	831	0,12	9,80	ND	ND	2,2*	22,80	5,50	ND	0,13	0,07	1200
	B*	8,22	42	0,03	0,70	ND	ND	23	27,10	7,80	ND	ND	ND	970
	6	6,71	1251	ND	2,30	ND	ND	12	12,50	4,20	ND	0,58	0,8	420
	2ª	1	5,92	55	21	0,10*	0,01*	11,39	1,1*	4,5	6,80	0,05*	0,000	0,013
Coleta	2	5,80	65	0,36	0,10*	0,01*	1,4*	1,1*	6,4	5,70	0,05*	0,014	0,019	5800
	25 fev	3	5,88	86	0,64	0,10*	0,01*	1,4*	1,1*	8,6	3,83	0,05*	0,040	0,084
2011	4	7,28	63	0,33	1,80	0,01*	1,4*	1,1*	14,0	4,50	0,05*	0,028	0,048	10000
	5	5,60	168	0,08	0,10*	0,01*	1,4*	6,9	5,1	3,16	0,05*	0,007	0,047	7600
28 fev 2011	6	5,72	81	0,31	2,10	0,03	14,23	9,2	12,6	3,42	0,05*	0,004	0,028	1900
	EF	8,49	44	35,64	0,10*	0,01*	14,35	16	470	0,10	1,0	0,064	0,101	6500000
	A	5,38	71	0,04	0,10*	0,01*	1,40	12	7,80	3,43	0,05	0,00	0,00	2300

EF= efluente dejetos de suínos ND= Não detectado (A e B) – poços rasos secundários
 * Valores aproximados e que estão inferiores aos limites de detecção pelos laboratórios.
 Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

Tabela 4. 4: Dados comparativos (legislação ambiental) acerca da água

Legislação Ambiental	pH	Cond. $\mu\text{S/cm}$	P mg/L	Nitrato mg/L	Nitrito mg/L	Amônia mg/L	Col. NMP/100 mL	DBO mgO ₂ L	OD mgO ₂ L	Sulf. mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	Bac. H/FG/mL
Brasil (2008)	-	-	-	10,00	1,00	-	0,00	-	-	-	2,00	1,00	500
Brasil (2004)	6 a 9	-	-	10,00	1,00	1,5	0,00	-	-	0,05	2,00	1,00	500
Brasil (2005)	6 - 9	-	0,075	10,00	1,00	2005 e 2008	2.500	10	>4	0,3	0,013	1,00	-

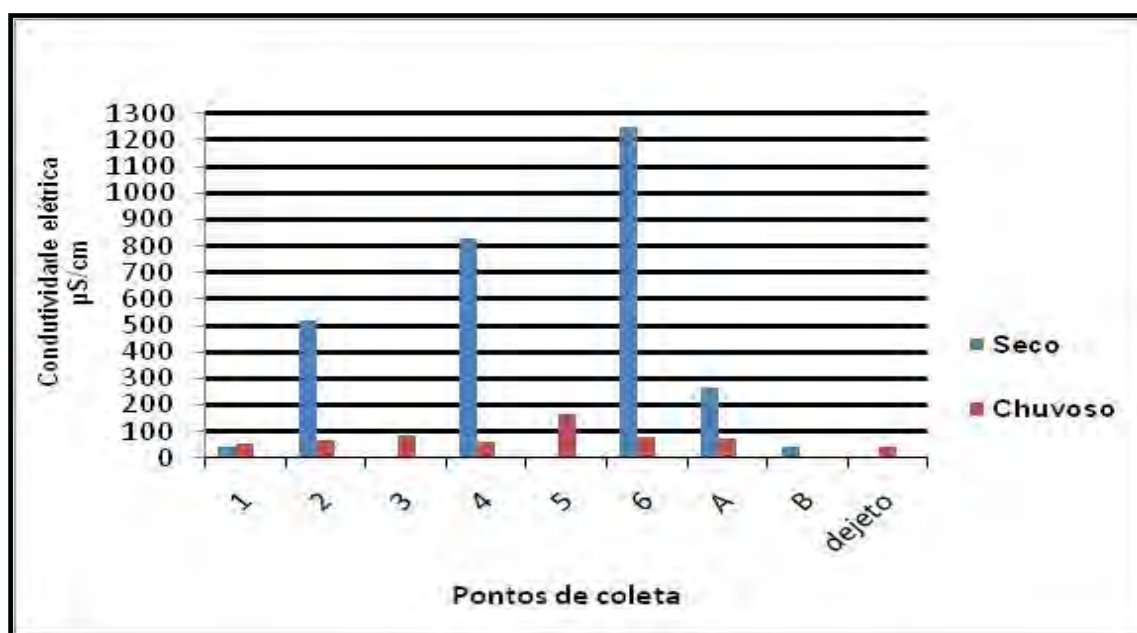
*Classe III – águas doces **13,3 mg/L N, para pH < 7,5
 Fonte: Brasil (2004; 2005 e 2008)

Os dados de condutividade elétrica, Figura 4.6, mostram que a área de estudo apresenta grande concentração de sais, principalmente nos pontos 2 (montante da granja), 4, 6 e A (jusante da granja), na estação seca, possivelmente devido à diluição dos sais na estação chuvosa. Contudo, os pontos 1 (nascente), 3, 5, B e efluente (dejeito de suínos) apresentaram um valor inferior aos pontos em questão. Esses sais podem ser: cloreto de potássio, iodeto de potássio, fluoreto de cálcio,

carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, sulfato de alumínio, sulfato de bário, carbonato de bário, bicarbonato de sódio, dentre outros. Segundo diversos autores pesquisados, os altos valores de condutividade elétrica poderão indicar sinais de poluição e de contaminação, tanto em solos quanto em água.

Segundo as legislações ambientais (Resoluções do CONAMA e a Portaria 518 do Ministério da Saúde – MS), em vigor em nosso país (BRASIL, 2004; BRASIL, 2005 e BRASIL, 2008), pode-se afirmar que os dados concernentes ao cobre encontrado na água subsuperficial, nas estações seca e chuvosa, estão em conformidades com essas exigências legais, exceto no que se refere aos valores levemente superiores dos pontos de montante (2) e dos pontos de jusante (3, 4, 6 e efluente), como pode ser constatado na Figura 4.7.

Figura 4. 6: Gráfico da condutividade elétrica da água subsuperficial da BCB

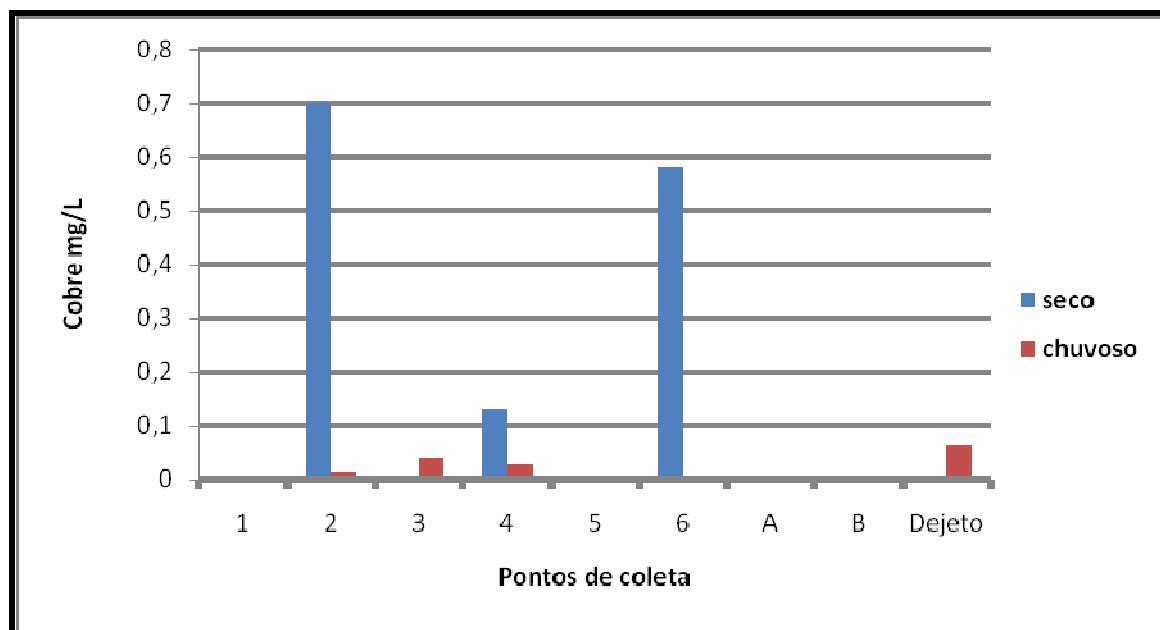


Fonte: Elaborado por João de Amorim (2011)

É imprescindível comentar que na área de nascente (ponto 1), a montante da granja, e nos pontos A e B (poços de acumulação da água subsuperficial), situados a jusante da granja, não foi possível detectar esses elementos químicos, na estação do ano de tempo seco.

Contudo, a partir da análise dos dados de solo da franja capilar, tanto de Cu 82 mg/l como de Zn 130 mg/l, pode-se afirmar que ocorreu uma redução da carga desses elementos na água subsuperficial (valores inferiores a 1,0), em função da diluição na água ou pela adsorção a outros compostos, como pode-se ver nas Figuras (4.7 e 4.8).

Figura 4. 7: Gráfico de cobre da água subsuperficial da BCB



Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

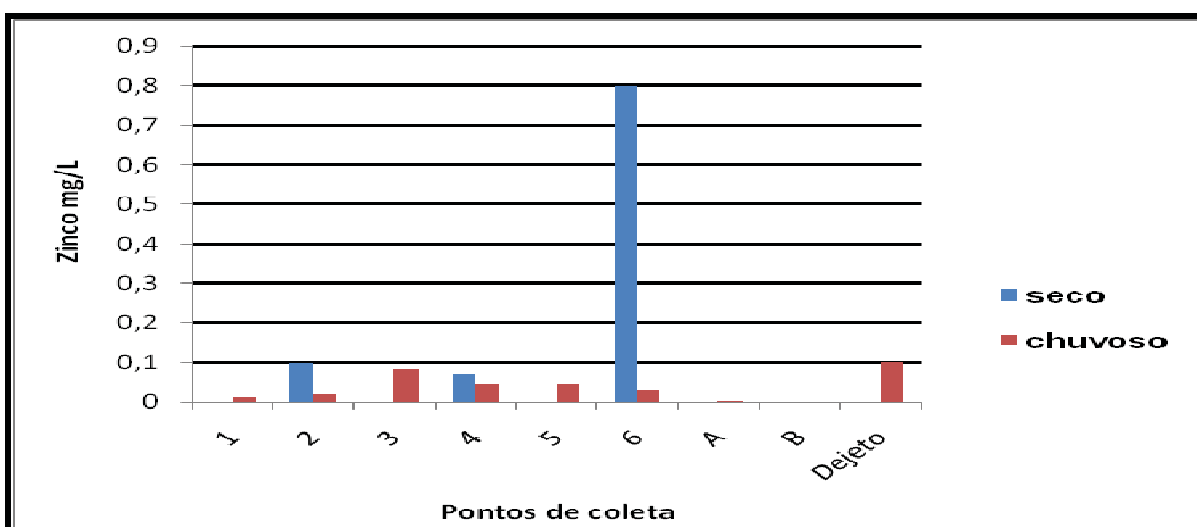
Ainda de acordo com as legislações ambientais, já mencionadas, em vigor em nosso país, pode-se afirmar que os dados de zinco encontrados na água subsuperficial, na estação do ano de tempo seco e chuvoso, estão em conformidades com essas exigências legais, conforme mostra a Figura 4.8.

Destaca-se que, no geral, os valores obtidos nos ensaios de zinco na estação do ano de tempo seco foram superiores àqueles encontrados na estação do ano de tempo chuvoso, possivelmente, devido à retenção dos mesmos no solo argiloso da bacia, conforme mostra a Figura 4.8.

Ressalta-se que, na estação seca, obtiveram-se valores superiores aos resultados do período chuvoso, possivelmente, devido ao processo acelerado de diluição deste metal, em função do aumento no nível hidrostático.

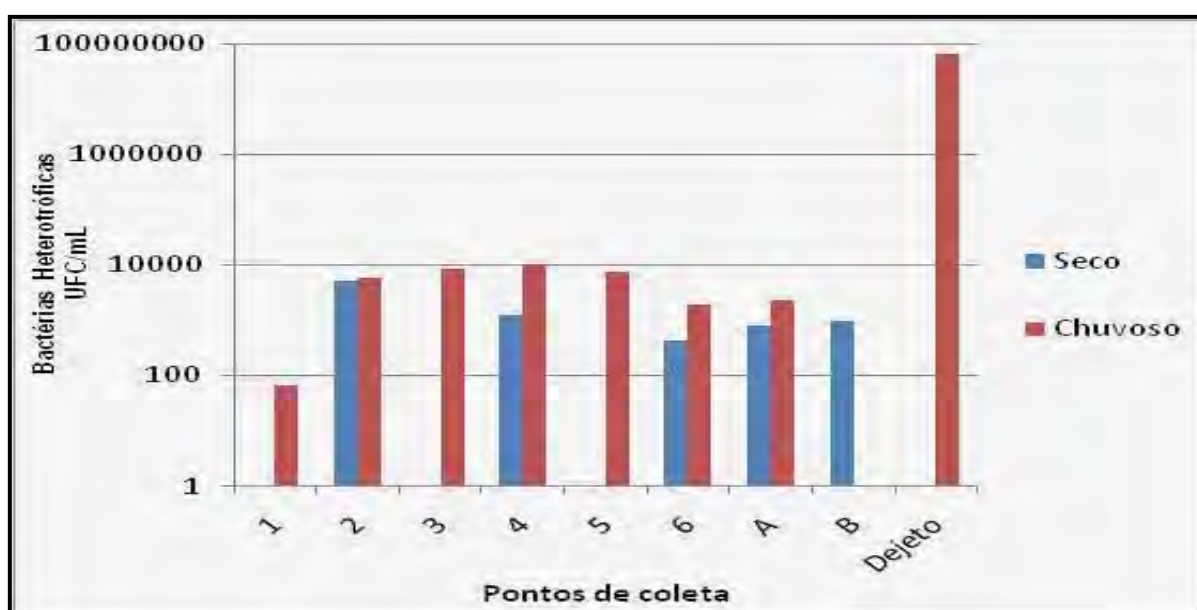
A portaria nº 518 do Ministério da Saúde – MS (Brasil, 2004), estipula o valor máximo de 500 UFC/ml para a contagem de bactérias heterotróficas. Fica evidente que, em quase todos os pontos analisados, os valores de unidades formadoras de colônias (UFC) para bactérias heterotróficas estão acima dos limites permitidos na Resolução 396 de 2008, exceto no ponto 1 (nascente), conforme exposto na Figura 4.9. Destaca-se que os valores de bactérias heterotróficas foram superiores na estação chuvosa, devido ao maior arraste de resíduos orgânicos via lixiviação.

Figura 4. 8: Gráfico de zinco da água subsuperficial da BCB



Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

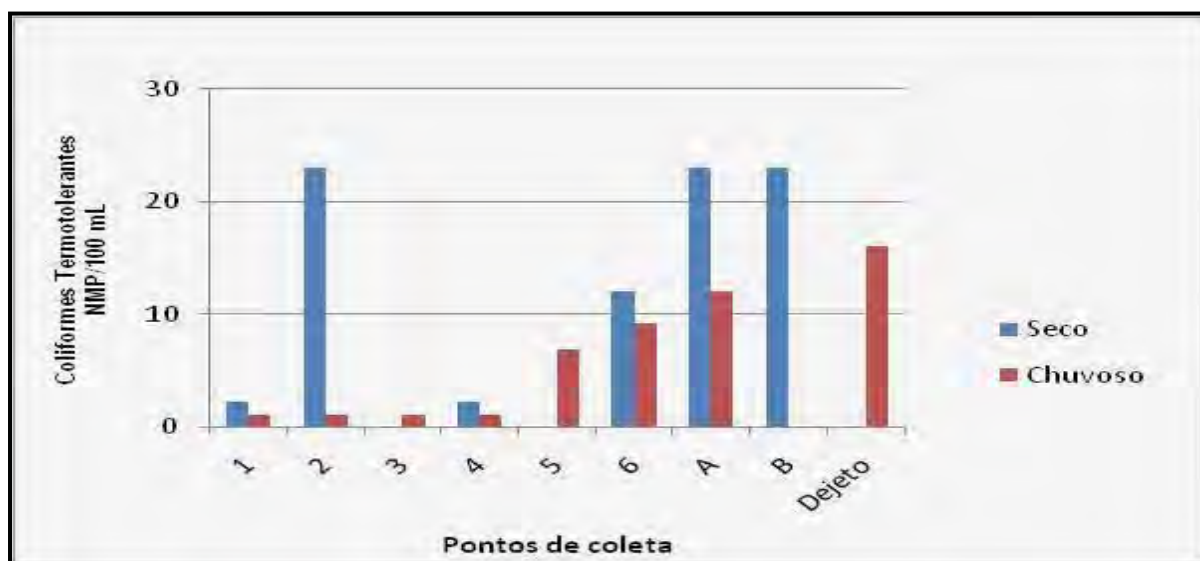
Figura 4. 9: Gráfico Bactérias heterotróficas da água subsuperficial da BCB



Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

A Resolução CONAMA 396, de 2008 (BRASIL, 2008), estabelece a ausência de coliformes termotolerantes (*escherichia*, *enterobacter* e *Kebsiella*) em coletas de 100 ml de água para consumo humano. Para a análise dos coliformes termotolerantes, pode-se afirmar que ocorre uma concentração em excessos de carga orgânica no solo, oriunda de fezes de animais (bovino, suíno e caprino), conforme mostra a Figura 4.10. Pode-se afirmar que os valores foram superiores na estação seca.

Figura 4. 10: Gráfico de coliformes termotolerantes da água subsuperficial da BCB



Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

Os valores de pH da Figura 4.11 estão em conformidade com a faixa entre 6,0 e 9,0 estipulada na Portaria 518 do Ministério da Saúde – MS (BRASIL, 2004), que trata da qualidade da água, e na Resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005), que enquadra as águas superficiais de acordo com seus usos.

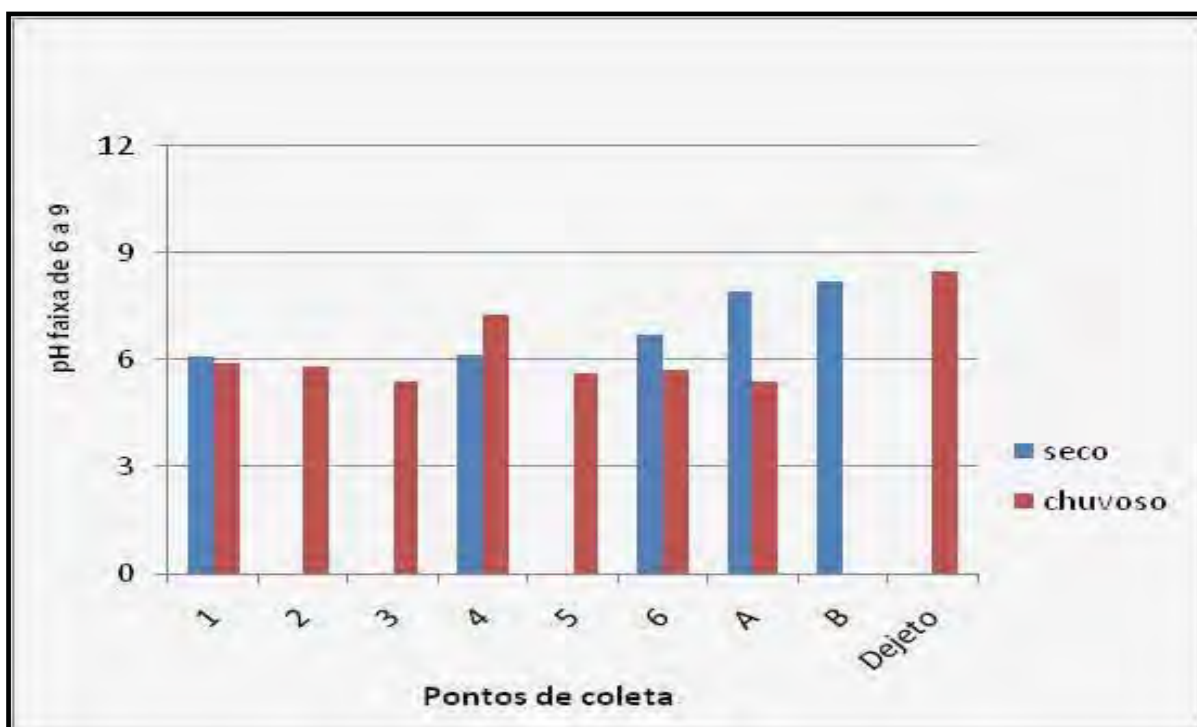
Com relação aos dados de pH, pode-se afirmar que a água subsuperficial em questão está dentro dos padrões de potabilidade e de qualidade, segundo as legislações ambientais vigentes (BRASIL, 2005; 2008).

Em sentido amplo, para essa afirmação, necessita-se da análise dos outros parâmetros e a verificação dos limites destes dados em consonância com as legislações em questão.

Como pode ser observado, o nível de fósforo mostrado na Figura 4.12, na estação do ano de tempo seco, está abaixo ou próximo dos valores permitidos na Resolução 357 de 2005 (BRASIL, 2005). Na estação do ano de período chuvoso ocorreu um leve acúmulo de fósforo nas análises, principalmente, no ponto 1 (nascente), devido ao maior arraste de resíduos para as camadas mais profundas do solo, nesta estação do ano.

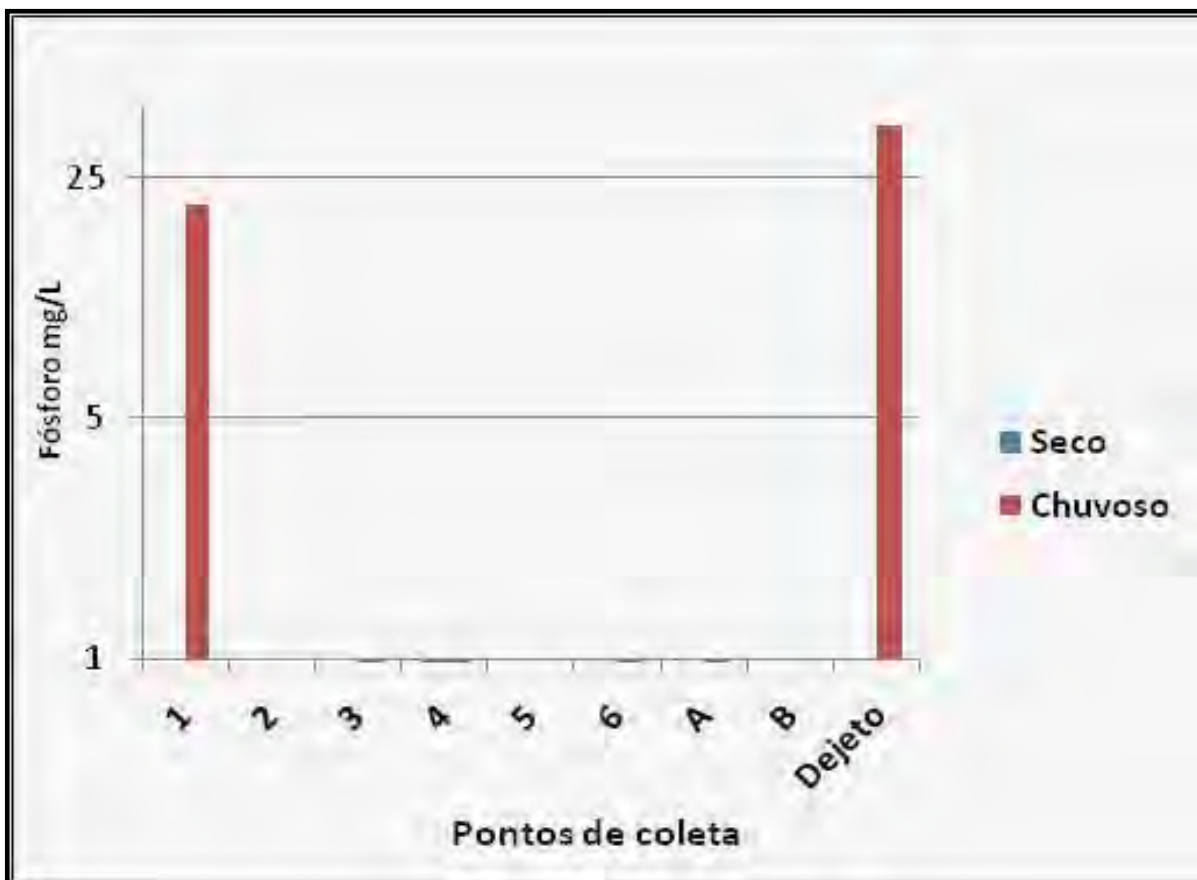
Entretanto, pode-se afirmar que, pelos resultados dos ensaios na água subsuperficial, o resultado de fósforo (1351 g/Kg) no solo foi superior aos ensaios da água superficial, exceto no ponto 1, que teve um valor significativo de fósforo, possivelmente, oriundo dos resíduos de fertilizantes utilizados na agricultura. Com relação à diferença em destaque, é possível deduzir que houve, entre outros fatores, uma dispersão deste elemento na água superficial da Bacia do córrego Bebedouro, ou a retenção deste parâmetro no solo, conforme mostra a figura 4.12.

Figura 4. 11: Gráfico de pH da água subsuperficial da BCB



Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

Figura 4. 12: Gráfico de fósforo da água subsuperficial da BCB

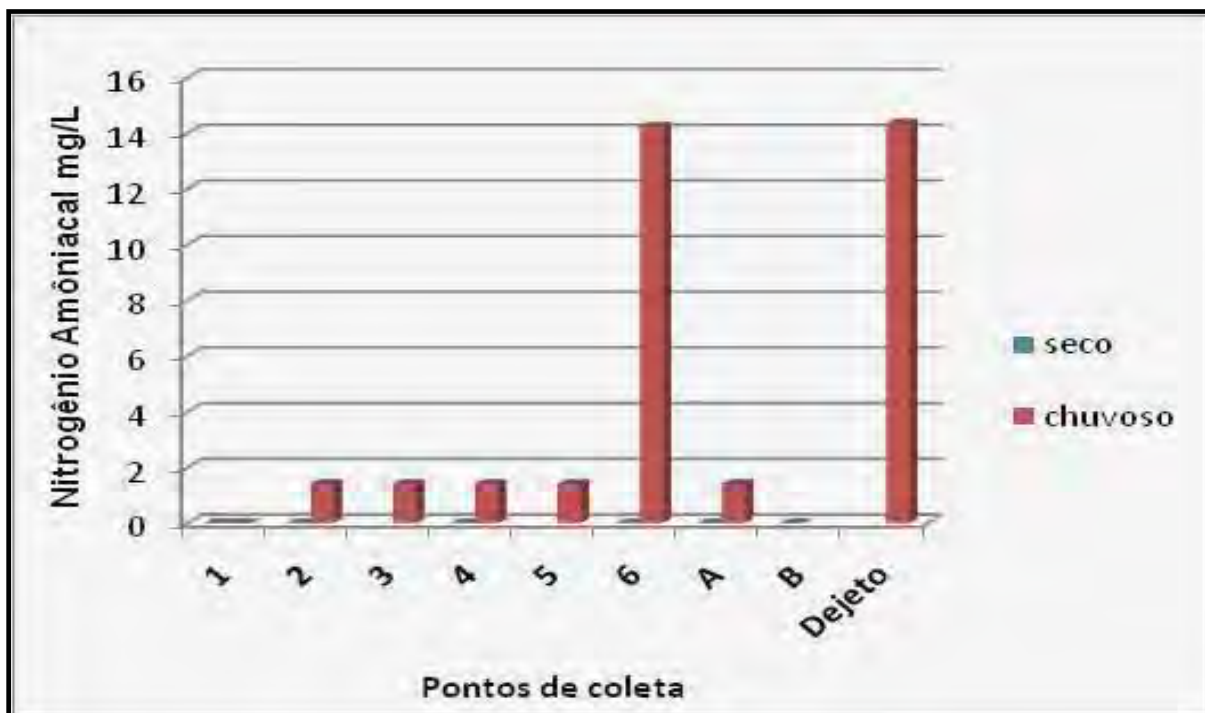


Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

Com relação, ao nitrito e ao nitrogênio amoniacal, pode-se afirmar que os mesmos foram detectados nas análises realizadas na estação do ano de tempo chuvoso, e que a lixiviação carregou poluentes e contaminantes recentes para as águas subsuperficiais. Porém, os índices, no geral, foram expressivamente baixos. O ponto 6 (jusante) obteve valores significativos nos dois parâmetros analisados, já o ponto 1 (nascente) foi alterado com a presença de nitrogênio amoniacal, possivelmente oriundo de fertilizantes e/ou adubo orgânico, como pode ser asseverado nas Figuras 4.13 e 4.14.

Os dados da Figura 4.15 denunciam um grau elevado de contaminação na parte de jusante da granja por nitratos, principalmente, nos pontos 4 e 6. Com relação ao ponto 4 (jusante), fica claro que o mesmo está no limite estipulado pelas resoluções do CONAMA (2004; 2005 e 2008).

Figura 4. 13: Gráfico de Nitrogênio Amoniaco da água subsuperficial da BCB



Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

Figura 4. 14: Gráfico de Nitrito da água subsuperficial da BCB



Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

Figura 4. 15: Gráfico de Nitrato da água subsuperficial da BCB



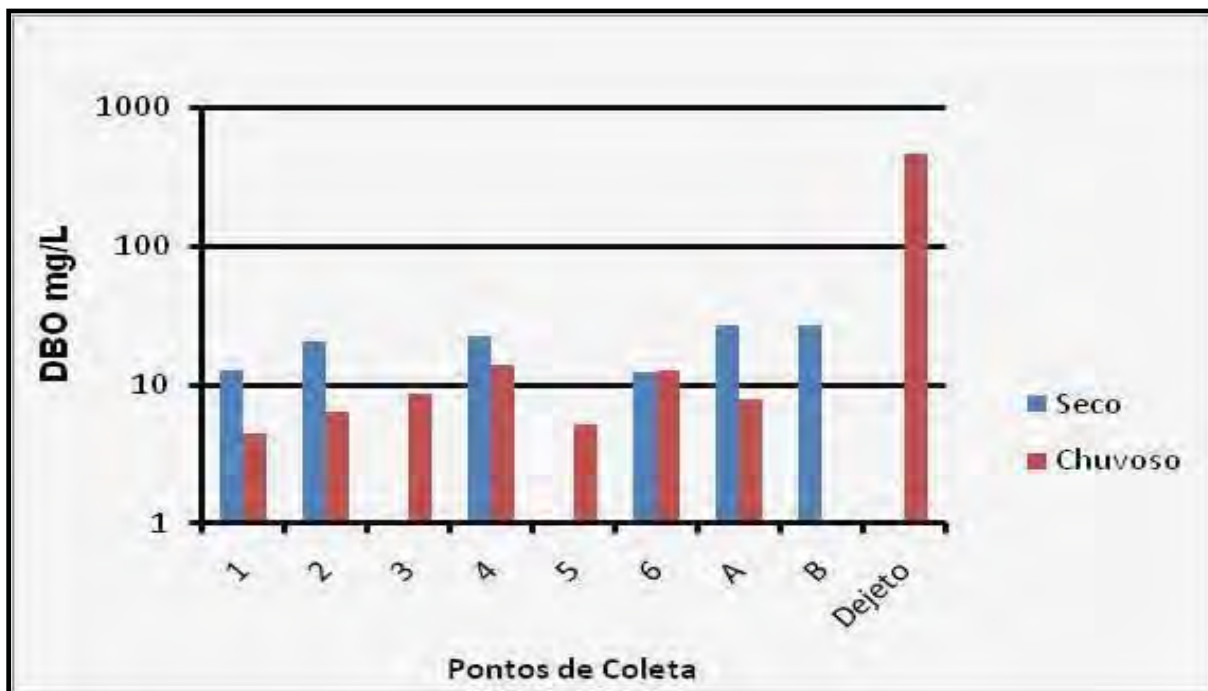
Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

Sendo assim, pode-se afirmar que o aumento de nitrato no ponto 4 (jusante da granja) deu-se em função da redução das bactérias heterotróficas, ou por estar localizado abaixo, sentido favorável ao escoamento em subsuperfície e bem próxima a uma fonte de poluentes (granja de suínos). A obtenção de valores altos na água subsuperficial no que se refere a esse parâmetro confirma a presença de uma poluição mais antiga, por estar no último estágio do elemento nitrogênio.

Levando-se em consideração os resultados de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dos poços de jusante da granja (A, 4, B e 6), e os pontos 1 e 2 (montante), na estação do ano de período seco, pode-se afirmar que estes estão acima do permitido na classe 3 da Resolução 357, de 2005 (BRASIL, 2005), que estipula valores até 10 mg/l.

Contudo, pode-se afirmar que os dados dos ensaios coletados na estação seca foram superiores ao do período chuvoso, o que pressupõe um acúmulo maior de compostos orgânicos na estação seca, devido à pouca diluição desse parâmetro nas águas subsuperficiais, conforme mostra a Figura 4.16.

Figura 4. 16: Gráfico de DBO da água subsuperficial da BCB



Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

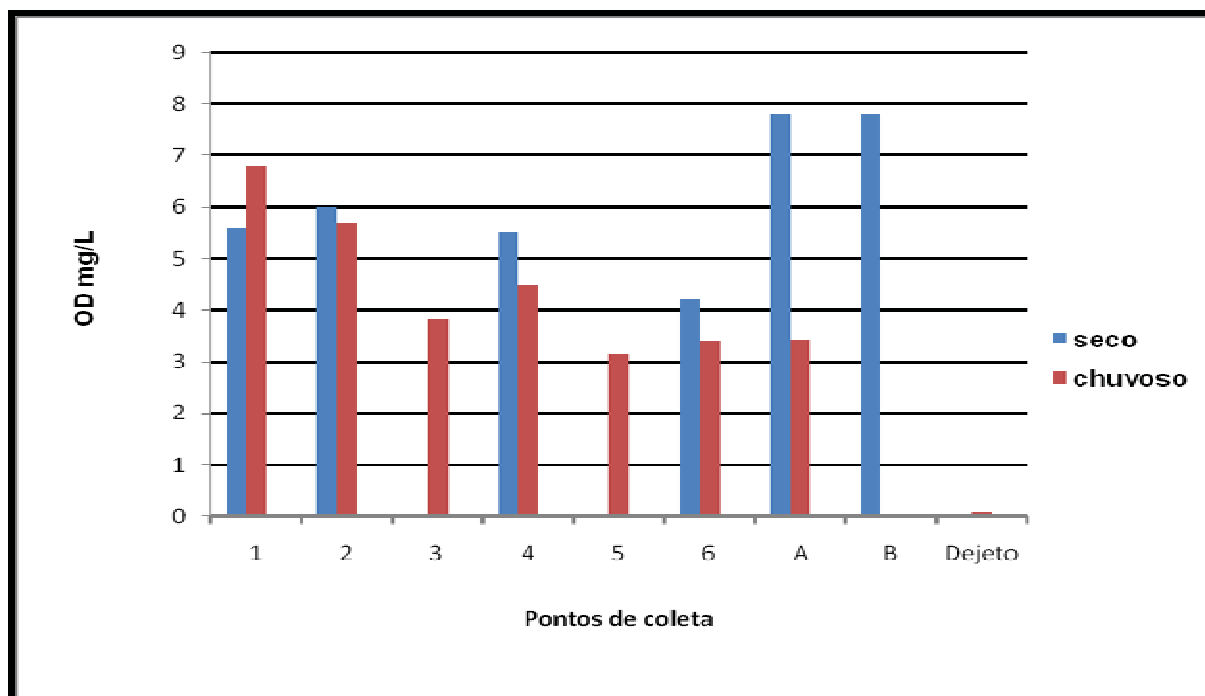
No entanto, pode-se observar, nos gráficos referentes à qualidade da água subsuperficial da BCB, mais especificamente na área de estudo, uma carga elevada de matéria orgânica refletindo nos resultados de nitrato, de bactérias heterotróficas, de DBO e de coliformes termotolerantes (fecais).

Sendo assim, pode se afirmar que, no geral, os pontos de montante apresentaram resultados inferiores aos de jusante, confirmando a hipótese sugerida para a justificativa da pesquisa. Salienta-se que alguns dados de montante da granja apresentaram resultados totalmente diferentes dos valores esperados pela proposta inicial da pesquisa, que eram bem inferiores aos de jusante.

O oxigênio dissolvido (OD) não está em conformidade com a classe 2 da Resolução 357, de 2005 (BRASIL, 2005), nos pontos de jusante, na estação do ano de período chuvoso, com valores inferiores a 4 mg/l, o que pode ser ratificado na Figura 4.17, possivelmente, devido ao aumento no fluxo de água, percolação, nesse período, influenciando os resultados deste parâmetro.

A coleta na estação do ano de tempo seco obteve valores superiores ao chuvoso, contribuindo com a qualidade da água. Os pontos de jusante obtiveram valores nos ensaios inferiores à classe 2 da Resolução 357.

Figura 4. 17: Gráfico de OD da água subsuperficial da BCB



Fonte: Elaborado por João Mateus de Amorim (2011)

Portanto, pode-se deduzir que ocorreu poluição da água subsuperficial por compostos nitrogenados e orgânicos (fecal) nas áreas situadas na parte montante da granja, possivelmente, oriundos de materiais (fertilização e adubação química), utilizados na agricultura e na cultura de hortaliças. Salienta-se que, em geral, o resultado dos ensaios está em conformidade com as normas ambientais em questão (BRASIL, 2004, 2005 e 2008).

Contudo, aponta-se a necessidade de se fazer, com antecedência, antes de construir a granja, um estudo amplo em relação ao meio ambiente, medida preventiva, que pode ser a carta de aconselhamento em questão; o estudo das partes físicas do solo (porosidade, permeabilidade e granulometria), da profundidade da água subsuperficial, da distância de APP e das residências, com base em levantamentos fitossanitários e outros.

Então, pode-se deduzir que ocorre poluição da água subsuperficial por compostos nitrogenados e orgânicos (fecal) nas áreas situadas na parte montante da granja, possivelmente, oriunda de materiais (fertirrigação e adubação química - fertilizantes) utilizados na agricultura (soja, banana, café e mandioca) e na cultura de hortaliças.

Essas análises em questão foram importantes, pois deixaram evidências de uma possível contaminação da água subsuperficial local, devido à acumulação de resíduos da granja e das áreas de fertirrigação (culturas anuais e horticultura) próximas à montante do estabelecimento.

Sendo assim, pode-se afirmar que, em geral, os pontos de montante apresentaram resultados inferiores aos de jusante, confirmando a hipótese sugerida para a justificativa da pesquisa. Salienta-se que a qualidade da água subterrânea pode se tornar um problema ambiental, de ordem sanitária, na medida em que ocorrer uma sinergia entre os valores apresentados nesta pesquisa, contribuindo para a proliferação de doenças aos animais e aos seres humanos nas proximidades desse local, além de provocar alterações físicas, químicas e biológicas no meio ambiente.

CAPÍTULO 5 - GEOGRAFIA FÍSICA E A COMPLEXIDADE AMBIENTAL: O DESAFIO DA ALOCAÇÃO DE GRANJAS DE SUÍNOS VIA CARTA DE ACONSELHAMENTO NA BCB

5.1 - Perspectiva Metodológica da Geografia no Contexto Ambiental

Na abordagem sistêmica, a Geografia física correlacionou-se com a Geografia humana, quando instituiu em suas análises e ou investigações o homem como sendo um ser capaz de alterar o espaço físico por meio da ação antrópica. Apesar de haver a fragmentação do espaço físico, objeto de análise em várias áreas do conhecimento ou abordagens, os estudos geográficos carecem cada vez mais de uma abordagem mais integrativa. No entanto, se a fragmentação em análise sobrepuser a abordagem sistêmica, ter-se-á uma compilação das partes sem uma conexão com o todo.

A Geografia física, como disciplina ou ciência, em suas análises, apoia-se nos estudos científicos de outras áreas do conhecimento: geomorfologia, geologia, climatologia, pedologia, hidrologia, cartografia, etc.

Nesse contexto, com base na integração entre os diversos conhecimentos, a Geografia, como ciência, apresenta uma discussão que envolve todos os aspectos relacionados à abordagem sistêmica, mas também teve, durante os seus primeiros levantamentos, de forma empírica, trabalhos científicos realizados por geógrafos e não geógrafos, que utilizavam a descrição da paisagem e do espaço geográfico, sob o viés de uma visão tradicional positivista.

Na perspectiva histórica, pode se afirmar que: “O rótulo da geografia é bastante antigo, sua origem remonta à antiguidade clássica, especificamente ao pensamento

grego [...] Tales e Anaximandro [...] e medição do espaço [...] Hipócrates [...] com a obra [...] ares, dos mares e dos lugares” (MORAES, 1995, p. 32). Segundo este autor em questão a Geografia estudava a terra (espaço geográfico) de forma fragmentada e localizada até o século XVIII. No início do século XIX, porém, é que se iniciou uma sistematização do conhecimento geográfico de forma ampla, em função do avanço do sistema de produção capitalista, das técnicas cartográficas, da teoria do evolucionismo e do conhecimento acumulado via expedições científicas voltadas para a compilação de dados físicos da natureza.

De acordo com esse autor, “Vidal de La Blache” definiu o objeto da Geografia como a relação homem-natureza, na perspectiva da paisagem. Colocou o homem como um ser ativo, que sofre a influência do meio, mas que também atua sobre ele, transformando-o (MORAES, 1995, p. 68). Surge, nesse contexto, segundo este autor, a obra “geográfica do homem” ou a “possibilidade da ação humana sobre o espaço geográfico”. Em sua visão, a natureza tornou-se, neste momento, alvo de possibilidades para sua ocupação. Moraes (1995) analisa a relação entre homem e natureza, sob o enfoque naturalista de Vidal de La Blache, e afirma que este pensamento não consegue analisar as relações entre os homens para entender as nuances da ação antrópica face às alterações ambientais do mundo contemporâneo.

Dessa forma, o olhar da Geografia, desde a sua origem, como ciência na Europa, centrava-se nos levantamentos da paisagem de forma empírica, via trabalho de campo e expedições, com base nos estudos de Humboldt, de Ritter e de Ratzel (determinismo e expansionismo do espaço alemão), e também no conhecimento dos espaços geográficos (locais), sem correlacioná-los de forma sistêmica, porém em consonância com a abordagem positivista da realidade (MENDONÇA, 2002). Nesse enfoque, Canali (2002) afirma que tanto Humboldt como a tradição Vidalina têm se preocupado, porém de forma empírica, com as questões ligadas ao geossistema e às relações terra-homem.

A renovação da Geografia necessitava a partir da década de 1970, segundo Moraes (1995), em função da complexidade do capitalismo com o avanço da urbanização, de uma situação que exigia uma melhor organização do espaço por meio do planejamento.

Além do mais, a Geografia tradicional estava com o seu fundamento filosófico desgastado devido às crises em suas técnicas tradicionais de investigação, à indefinição em seu objeto de análise e à falta de leis e de outros fundamentos. Por fim, essa disciplina tinha, em sua abordagem, generalizações simplistas de cunho determinista, o que contribuía para a sua crise. Os geógrafos começam, então, a buscar novos métodos de pesquisa, de forma variada, para entender as novas dinâmicas que estavam surgindo após a década de 1950, ou às vezes, até antes deste período, como os movimentos socioambientais, a revolução verde, a evolução da urbanização, e o avanço nas conquistas técnico-científicas (MORAES, 1995).

E ainda de acordo com esse enfoque, com destaque ao paradigma Marxista e positivista, Mendonça (2002) apoia-se nas análises de Moraes (1995), quando afirma que os dois pensamentos em tela foram limitados em suas análises acerca da questão ambiental (ação antrópica).

A análise marxista compreende a Geografia radical ou crítica, com base nas relações entre produção e sociedade de classe, as quais serviram de base para as investigações no âmbito da Geografia humana, mas sem uma preocupação com o espaço físico. A Geografia física, por outro lado, no modelo positivista, enfatiza a descrição dos atributos físicos, sem fazer a correlação entre a ação antrópica e os impactos ambientais. Para a confirmação desse dualismo, Carlos (2002), analisa da seguinte forma essas implicações.

Essa subdivisão está apoiada nos modos como se entende a relação homem/natureza. Enquanto o diálogo da geografia humana é, principalmente, com sociólogos, economistas [...] a geografia física tem como interlocutores principais os geólogos, os biólogos. A geografia física caminha sob uma perspectiva metodológica, fortemente marcada pelo estruturalismo, a análise integrada do meio físico através do conceito de geossistema, onde o desvendamento dos processos sociais é secundário, reduzindo-se a uma ação antrópica (CARLOS, 2002, p. 167).

Esse processo, no qual cada especialidade, de forma compartimentada, preocupava-se com seu objeto de estudo, provocou o dualismo na Geografia e sua fragmentação em duas novas ciências desconexas, Geografia física e Geografia humana (MENDONÇA, 2002).

5.1.2 – Geografia Física ou Ambiental e suas complexidades

A Geografia já possui em sua terminologia a palavra “geo”, que significa “terra”, de uma forma geral e possui a natureza (parte física), no conjunto, desse geossistema. Assim, para Canali, “[...] falar em Geografia Ambiental é falar da geografia de sempre, porém aberta para assimilar novos conceitos e reexaminar antigos a partir de novos desafios” (CANALI, 2002, p. 184). Essa disciplina tem em seu bojo, de uma forma geral, o escopo do meio ambiente “[...] a Geografia é a única ciência de cunho ambientalista *lato sensu* (sic) desde a sua origem, sendo que as outras são mais específicas no tratamento da referida temática” (MENDONÇA, 2002, p. 23).

A Geografia, uma das disciplinas chave no entendimento das questões ambientais, mas não a única, ao analisar o meio ambiente ou a natureza, deverá fazê-lo na tentativa de compreender a relação homem – natureza, com vistas, a desvendar as implicações da atitude mecânica (inconsequente) da sociedade para com o ambiente natural. Nessa concepção, o modelo de natureza apontado pelas religiões (orientação divina) e pela mitologia antiga apresenta uma natureza totalmente submissa aos caprichos do homem, contribuindo para a utilização de forma indiscriminada dos recursos naturais, da flora e da fauna. O capitalismo, com seu sistema de produção voraz, apossou-se destes aspectos citados, de forma intensa, sinalizando uma possível crise ambiental, a longo prazo, e, por fim, uma “crise da humanidade”, segundo Leff (2002). E ainda relacionado a este fato, Caseti (2002) afirma que,

[o] conceito de natureza externalizada tem origem na concepção mitológica da “natureza hostil”, criada em função da submissão do homem aos mistérios incompreensíveis da vida no estado mais primitivo. A busca da superação dos obstáculos impostos pela natureza é a prova de que o homem rompeu com o resto da criação, levando-o ao desejo de controlar o mundo natural, razão da idéia de natureza dominada [...] A concepção de uma natureza externalizada, de base mecanicista, foi recuperada no iluminismo para atender as expectativas do sistema de produção [...] (CASSETI, 2002, p. 146).

Com base nessas observações, questiona-se: como promover a ocupação do espaço rural de forma sustentável, sem agressão ao solo, à água e ao ar, com base nas orientações da abordagem mecanicista? O equilíbrio dessa dualidade deverá

levar em conta não só os aspectos econômicos, mas também os aspectos sociais, culturais, ambientais, políticos, psicológicos, espaciais, etc. A Geografia tem, em seu escopo, várias contribuições de diversas áreas da ciência, constituindo-se em um conhecimento bem amplo e complexo, mas de grande importância para a compreensão do meio ambiente na sua totalidade.

Para analisar o desenvolvimento sustentável, com base em Canali (2002), é preciso sair do enfoque reducionista cartesiano e dar ênfase às questões relacionadas ao não-equilíbrio, às estruturas dissipativas, à visão sistêmica, com vistas, a possibilitar uma visão integradora da Geografia com as questões ambientais, face às ações humanas no espaço geográfico. De acordo, com esse posicionamento, Leff (2002, p. 57) afirma que “a gestão do desenvolvimento sustentável exige novos conhecimentos interdisciplinares e o planejamento intersetorial do desenvolvimento [...] ação dos cidadãos [...] ordenamento ecológico e a descentralização territorial da produção [...]”. Nessa discussão, o saber ambiental possibilita a construção do desenvolvimento sustentável, com base nas definições, em destaque.

O saber ambiental que emerge dessa crise de civilização e de racionalidade do mundo moderno plasma-se no espaço de exterioridade do pensamento metafísico e do conhecimento científico que procuram abarcá-lo e atraí-lo para seu centro de gravidade. Foi essa a vontade das teorias de sistemas, dos métodos interdisciplinares e das ciências da complexidade que emergem nessa encruzilhada do pensamento [...] O saber ambiental está em fuga; mantém-se em um processo contínuo de demarcação, delimitação, disjunção, desconstrução [...] deslocando-se para a exterioridade dos paradigmas estabelecidos, libertando-se do jugo do propósito totalitário de todo pensamento global e unificado [...] (LEFF, 2002, p. 11).

Para analisar esse processo, segundo Prigogine (apud CANALI, 2002), será necessário o apoio de uma visão integradora e sistêmica, a criação da ordem e da desordem e o tempo irreversível na Geografia, tudo isso, sob a luz de uma ciência pluralista, e não pelo enfoque determinista e mecanicista. Nesse contexto, “a problemática ambiental abriu um processo de transformação do conhecimento, expondo a necessidade de gerar um método para pensar de forma integrada e multivalente os problemas globais e complexos [...]” (LEFF, 2002, p. 56-57).

Para a definição e o entendimento do objeto sob o enfoque geográfico, Moraes (apud CANALI, 2002, p. 170), aponta três situações: “[...] O homem é colocado como

elemento passivo ou determinado pelas condições do meio [...]; caberia estudar como o homem se apropria dos recursos oferecidos pela natureza [...] a Geografia deve buscar o estudo do equilíbrio entre o homem e a natureza”.

A perspectiva ambiental do desenvolvimento incorpora as condições e potenciais ecológicos aos processos de produção e traça cenários prospectivos que orientam as aplicações do conhecimento científico, assim como a assimilação de tecnologias ambientais apropriadas aos produtores, como condição de fortalecer sua capacidade de autogestão (LEFF, 2002, p. 63).

Nessa perspectiva, Leff (2002) apresenta uma definição de racionalidade ambiental com valores e conceitos, apoiada na sustentabilidade, na teoria crítica de produção, no reordenamento do território com novos paradigmas de produção e, não somente pelo viés do mercado ou do capital.

Para esse autor, a ciência moderna, para se aprofundar em suas análises, teve que se fragmentar e se especializar em relação ao “conhecimento das coisas”. Para unir e redirecionar esse processo adotou-se a interdisciplinaridade.

Contudo, devem-se abolir as divisões e a homogeneização do objeto a ser pesquisado. Há, entretanto, aqueles que ainda privilegiam a racionalidade econômica e tecnológica como único modelo a ser adotado (LEFF, 2002, p. 170).

Segundo o referido autor, a unificação e a conjugação dos saberes em relação ao meio ambiente estão além das fronteiras de uma ciência ou da “gestão científica do ambiente”. Ele, ainda sobre este fato, assevera que “a complexidade ambiental é convocada a sua existência por uma hibridação de diversas ordens [...] racionalidade científica e econômica [...] que desencadeia uma reação não controlável por meio de uma gestão científica do ambiente” Leff (2002, p. 175).

Para entender a complexidade da natureza, meio físico, é preciso analisar também os dados levantados por outras ciências e não somente pela Geografia ou por aquelas mais relacionadas com essa.

Nesse contexto, a questão ambiental vai além da coleta, do monitoramento, da observação empírica (experiência do pesquisador), para uma dimensão que leva em

conta o econômico, o social, o político, a tecnologia, a ciência, entre outros aspectos. Nas palavras de Leff,

[a] gestão ambiental não se limita a regular o processo econômico mediante normas de ordenamento ecológico, métodos de avaliação de impacto ambiental e instrumentos econômicos para a valorização dos recursos naturais. Os princípios da racionalidade ambiental oferecem novas bases para construir um novo paradigma produtivo alternativo, fundado no potencial ecológico, na inovação tecnológica e na gestão participativa dos recursos; uma nova racionalidade social que amalgama as bases democráticas e os meios de sustentabilidade do processo de desenvolvimento (LEFF, 2002, p. 60-61).

Salienta-se que a análise da ação antrópica, na perspectiva geossistêmica, estrutura-se com mais ênfase, a partir da década de 1960, com Sotchava, segundo (MENDONÇA, 2002).

Para este autor, a partir da década de 1950, a Geografia revitalizou-se com os pressupostos do neopositivismo, porém a efetividade desse processo ocorreu a partir da década seguinte, com a inserção da “Teoria Geral dos Sistemas”, por meio da modelização e da numerização de dados ambientais.

A evolução desse pensamento, com mais consistência, dá-se com as análises de Sotchava (1977), por meio da inclusão da “ação antrópica” e sua correlação com os modelos ambientais de forma sistêmica. Inclusive Sotchava influenciou as pesquisas de cunho sistêmico dos geógrafos brasileiros Ab’Saber, Valverde, Monteiro e Christofolletti, entre outros pesquisadores (MENDONÇA, 2002).

Sendo assim, pode-se afirmar que essa discussão científica em relação à ciência geográfica contribuiu para o entendimento de como a Geografia analisa as questões ambientais sob o viés do processo histórico.

No tocante ao objeto desta pesquisa, o processo de uso e ocupação por granjas de suínos e outros usos antrópicos, pode-se afirmar que, no geral, este tema provoca um debate entre a preservação ambiental *stricto sensu* do espaço físico (natural) de uma bacia hidrográfica e as demandas sociais, culturais e econômicas em questão.

5.2: Uma Proposta Preocupada com o Uso e Ocupação Sustentável da Bacia do Córrego Bebedouro

Com a implantação do sítio urbano de Uberlândia, houve uma aceleração dos impactos ambientais no espaço rural, e com o avanço da agricultura mecanizada, principalmente a partir da década de 1960, na bacia do Rio Uberabinha e na bacia do rio Araguari e seus afluentes, iniciou-se um processo de alteração da vegetação natural. Para um maior entendimento, são apresentados, a seguir, os mapas de uso e de ocupação do solo da bacia do córrego Bebedouro e de seus afluentes (córrego das Moças e córrego Cabaças), com base em Santos (2008a).

Para facilitar o entendimento acerca da Tabela 5.1, Santos (2008a) tabulou em sua pesquisa as percentagens de uso da terra e a cobertura vegetal da bacia do Córrego Bebedouro (BCB).

A Tabela 5.1 descreve a ocupação na bacia do córrego Bebedouro, com dados de redução significativa de áreas naturais de cerrado e de vegetação de regeneração. Mostra também o avanço da pastagem e da Hortifruticultura sobre esses ambientes, às vezes sem nenhum planejamento acerca das fragilidades de cada ecossistema apresentado.

Tabela 5. 1: Uso da terra e cobertura vegetal da bacia do córrego Bebedouro (BCB)

Uso do solo e cobertura vegetal	1979		2006	
	Área		Área	
	ha	%	ha	%
Mata/cerradão	489,83	15,04	508,37	15,61
Cerrado	275,32	8,46	193,75	5,95
Vegetação em regeneração	75,33	2,31	28,70	0,88
Campo higrófilo	18,45	0,57	20,14	0,62
Hortifruticultura	4,08	0,13	20,49	0,63
Agricultura	424,73	13,04	390,47	11,99
Pastagem	1967,42	60,42	2090,06	64,19
Corpos d' água	0,84	0,03	4,01	0,12
Total	3256,00	100,00	3256,00	100,00

Fonte: Santos (2008a, p. 85)

Para amenizar essa situação, Santos (2008a) recomenda, em sua pesquisa, uma reestruturação do uso e da ocupação do solo e da cobertura vegetal, a partir de

dados levantados *in loco* acerca dos processos erosivos e de uma possível alteração da qualidade da água via escoamento superficial e também de lixiviação.

Este processo poderá contaminar tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas. Para a minimização destes impactos ambientais, necessita-se de investimentos a longo prazo em políticas públicas, planejamento ambiental, educação ambiental e conscientização política em prol da melhoria na qualidade de vida local.

A partir da análise dos dados em questão, pode-se afirmar que ocorre, na BCB, um processo desordenado de uso e ocupação do solo, alterando os aspectos físicos desse espaço. A preservação desses aspectos exige novas formas de se pensar a relação homem-natureza, apoiada em novas metodologias e/ou novos paradigmas, por meio de um planejamento ambiental que leve em conta o cuidado com a vida, de uma forma geral.

5.3 – Carta de Aconselhamento: uma Análise de seus Atributos Físicos

Para melhor compreensão, é apresentada, a seguir, a descrição dos mapas analíticos que são a parte mais importante para a confecção da carta de aconselhamento (mapa de síntese).

O mapa de declividade elaborado por Santos (2008a) é um dado importante para que se possa entender o processo de escoamento e infiltração da água de chuva, pois, a partir da topografia do terreno, pode-se compreender diversos processos ambientais na bacia hidrográfica (RODRIGUES et al., 2007).

Com relação ao mapa de substrato geológico, nessa bacia, área de estudo, tem-se a presença do basalto (Formação Serra Geral) e do grupo Araxá. O mapa de materiais inconsolidados, elaborado por Nishiyama (1998), bem como sua espessura, justifica-se, segundo Zuquette (1987), para estudos de geotecnia, pois permite o levantamento de dados acerca da permeabilidade e da condutividade hidráulicas do local. Isto se dá a partir da foteointerpretação de mapas, trabalhos de campo, dados

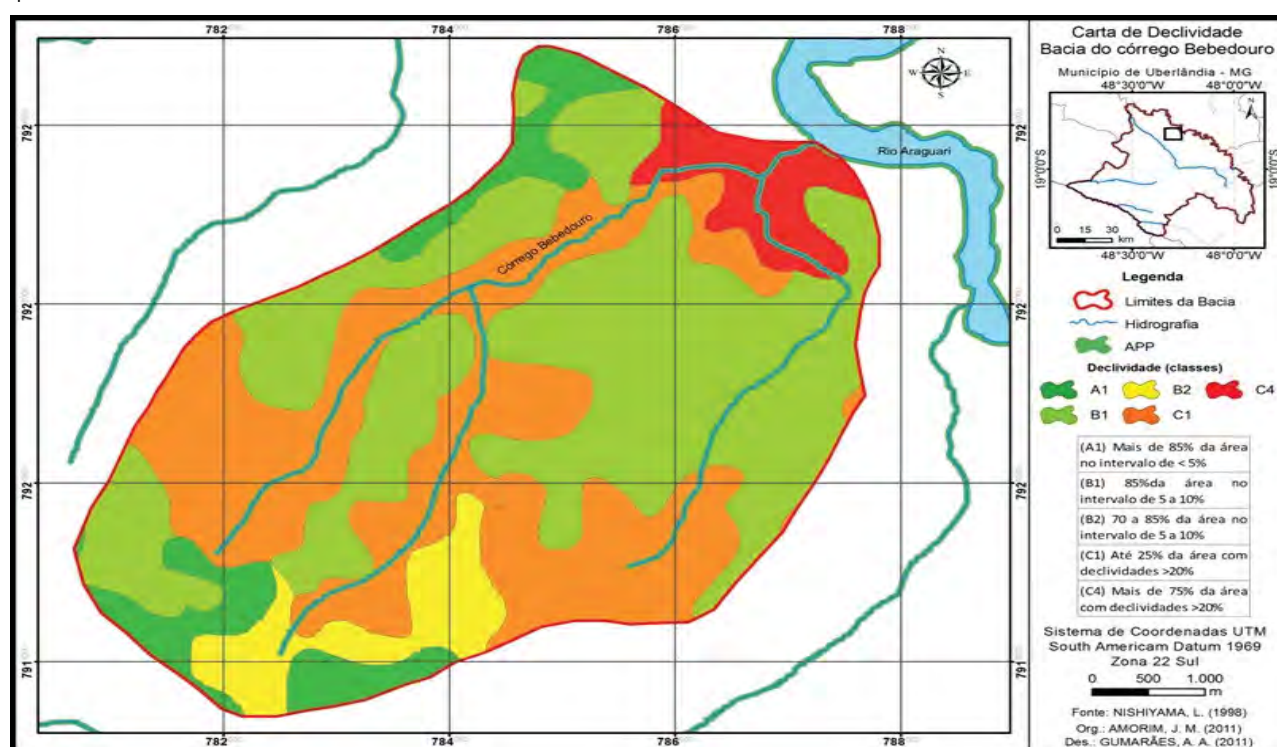
de poços profundos e dados da estrutura geológica da região de estudo (RODRIGUES *et al.*, 2007).

Segundo os autores, fica claro, em seu levantamento, que mais de 70% da BCB está abaixo de 12% da inclinação do terreno, o que justifica o uso destas áreas para a agricultura, o que pode ser constatado no Mapa 5.1.

O mapa de nível de água (NA) no solo também será essencial nesta pesquisa, pois a vulnerabilidade à contaminação aumenta ou diminui em função da profundidade do nível de água no solo. Este mapa será feito a partir de dados de poços perfurados na bacia, em questão, outorgados pelo IGAM (Instituto Gestão de Águas de Minas Gerais), órgão ambiental, e mapa base de nível de água já elaborados por Nishiyama (1998), conforme é apresentado no Mapa 5.2.

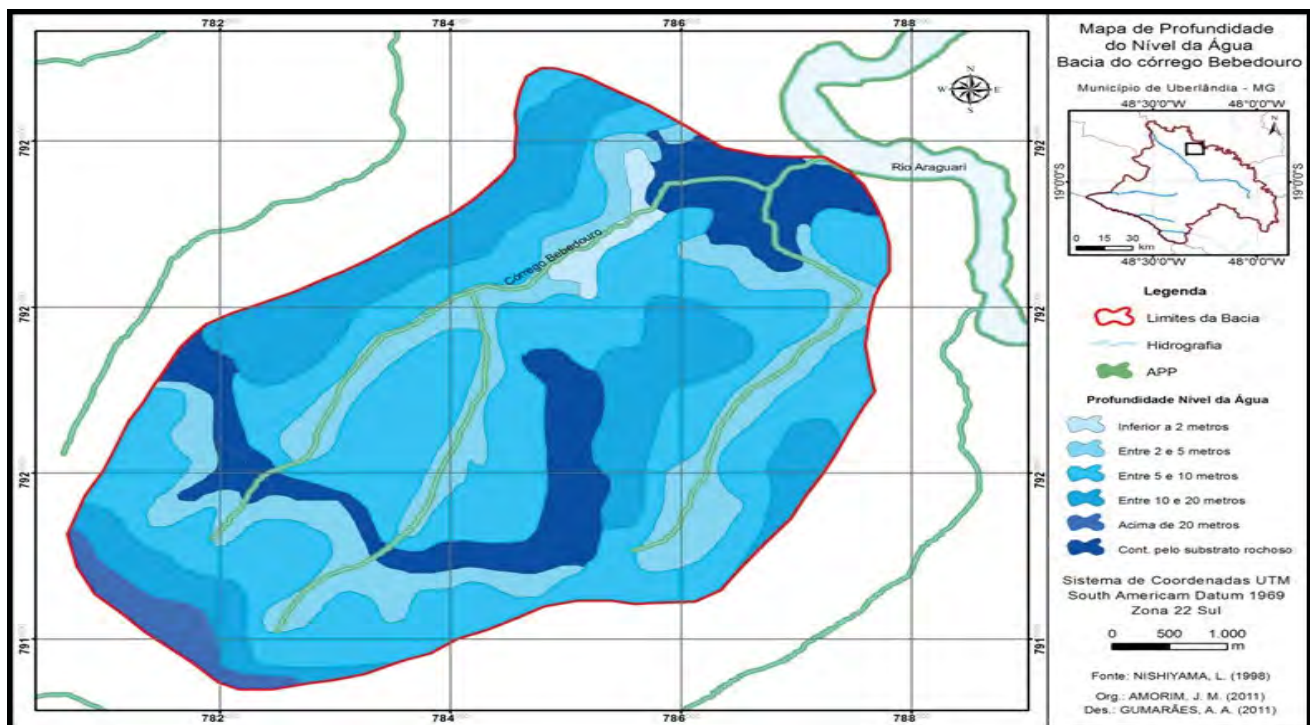
Com relação aos materiais inconsolidados, em questão, Nishiyama (1998), em sua pesquisa, fez um levantamento deste atributo físico e constatou que, no município de Uberlândia, há 22 unidades destes materiais, os quais são residuais e retrabalhados. Desta quantidade, em destaque, foram constatadas 10 unidades destes materiais, na área de estudo, das quais 5 são do tipo residual, 3 retrabalhadas, áreas hidromórficas e depósitos de sedimentos em geral, segundo o estudo de Silva *et al.*, (2000) e Rodrigues *et al.* (2007). Esse compartimento, espessura e distribuição dos materiais inconsolidados estão estruturados nos Mapas 5.3 e 5.4.

Mapa 5. 1: Carta de declividade da BCB



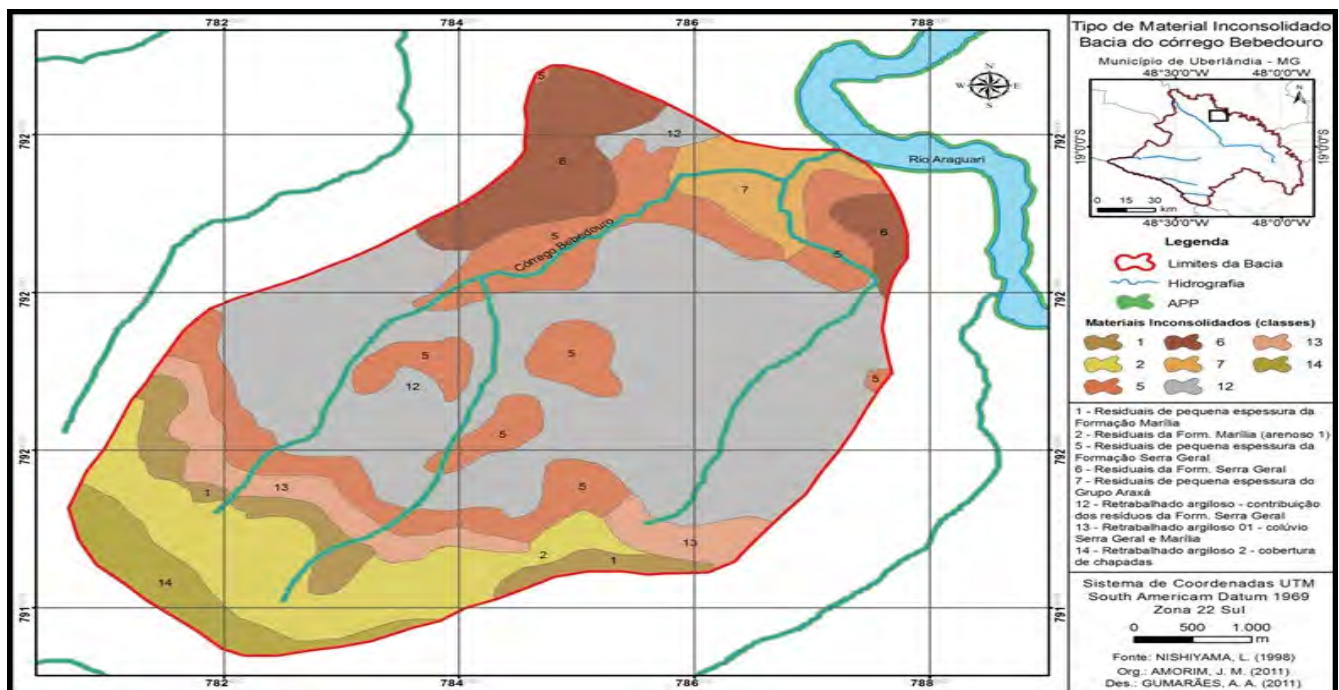
Fonte: Adaptado de Nishiyama (1988)

Mapa 5. 2: Mapa de nível de água da BCB



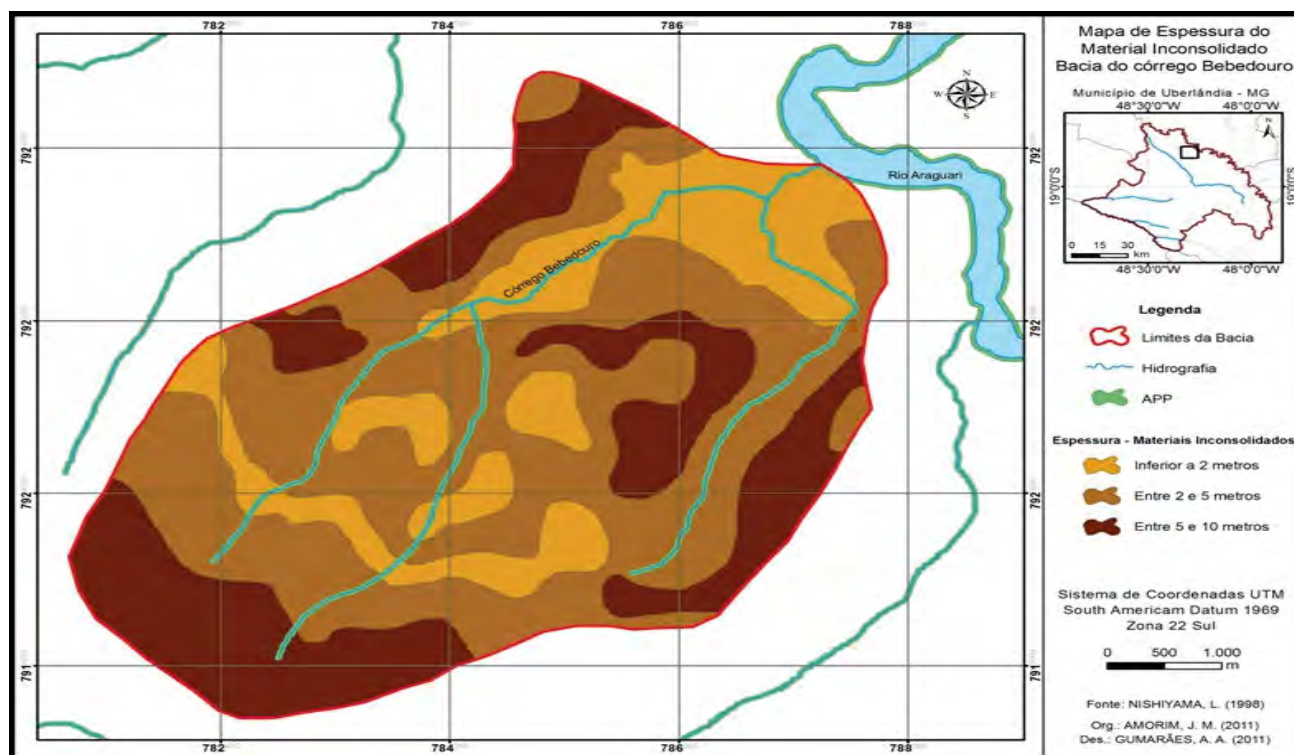
Fonte: Adaptado de Nishiyama (1988)

Mapa 5. 3: Mapa do tipo de material inconsolidado da BCB



Fonte: Adaptado de Nishiyama (1988)

Mapa 5. 4: Mapa de espessura dos materiais inconsolidados da BCB



Fonte: Adaptado de Nishiyama (1988)

5.3.1- Residuais de pequena espessura da Formação Marília (RMA)

Esta formação situa-se próximo às nascentes e aos vales dos córregos (Bebedouro, Cabaças e Moça), sedimentos oriundos das formações mais resistentes da Formação Marília, que apresentam textura arenosa, com espessura de até 10 metros, segundo estudo de (NISHIYAMA, 1998).

5.3.2 - Residuais da Formação Marília arenoso (RMA - AR I)

Esta unidade situa-se nas áreas mais elevadas do relevo, ou seja, nos divisores de água da bacia, e apresenta uma espessura entre 5 e 10 metros, com uma textura arenosa, conforme pesquisa de (NISHIYAMA, 1998).

5.3.3 - Residuais de pequena espessura - Formação Serra Geral (RSG-I)

Este compartimento do relevo está situado em locais mais inclinados, ou seja, em encostas com maiores declividades e mais próximos dos córregos, com textura silto-argilosa e argilo-siltosa, com pacotes de rochas de até 2 metros de espessura intercalados com fragmentos de basalto (NISHIYAMA, 1998).

5.3.4 - Residuais da Formação Serra Geral (RSG – II)

De acordo com (NISHIYAMA, 1998), esta unidade encontra-se em áreas com menos declividade e também em porções próximas ao limite com o grupo Araxá, altitudes

mais baixas, próximo ao ponto de deságue do córrego Bebedouro, no rio Araguari, o qual tem espessura de 2 a 5 metros e textura argilosa.

5.3.5 - Residuais de pequena espessura do Grupo Araxá (RGAY-I)

Esta unidade situa-se em áreas com maiores declividades, destinadas à reserva legal, podendo ocorrer carreamento significativo de solos. Tem uma matriz silto-argilosa, com pequena espessura de até 2 metros, com sedimentos oriundos das rochas (xistos e gnaisses) do grupo Araxá (NISHIYAMA, 1998).

5.3.6 - Retrabalhados Argilosos - contribuição dos residuais da Formação Serra Geral (ARG)

Esses sedimentos são depósitos de origem coluvial, com pacotes de solo de até 5 metros, situados em áreas com baixa declividade, ou seja, são áreas de acúmulo de sedimentos. Esses locais são utilizados como cinturões verdes (agricultura e hortaliças), pois são férteis, mas extremamente frágeis aos processos erosivos, com silte de (até 46%) e argila (até 54%) (NISHIYAMA, 1998).

5.3.7 - Retrabalhados Argilosos I - Colúvios das Formação Serra Geral e Marília (ARG - I)

A unidade em questão apresenta de 2 a 5 metros, podendo chegar a 10 metros de espessura. São áreas bastante frágeis aos processos erosivos; localizam-se em áreas de contato entre a formação Marília e Serra Geral (NISHIYAMA, 1998).

5.3.8 - Retrabalhados Argilosos II - Cobertura de Chapadas (ARG - II)

Este compartimento situa-se em locais acima dos 800 metros de altitude, com 2% de declividade e solos com espessura acima de 10 metros, ou seja, em áreas de covoads (pequenas elevações no solo realizadas por cupins), com até 68% de argila (NISHIYAMA, 1998).

5.3.9 - Áreas Hidromórficas

Esses locais estão próximos dos córregos e em locais com uma topografia com baixa declividade, onde se acumula água, formando áreas brejosas ou de hidromorfia superficial.

5.3.10 - Deposito de Talus, Coluvionares e Aluvionares

São locais de depósitos de sedimentos transportados pela água e acumulados no sopé das áreas de vertentes abruptas da bacia (depósitos de Talus e coluvionares). Os depósitos aluvionares são depositados ao longo dos córregos da bacia.

Nesse contexto, torna-se primordial correlacionar os dados da estrutura do solo, a fim de se obter uma maior confiabilidade no resultado da carta de aconselhamento. Sabe-se que o conhecimento detalhado da granulometria do solo pode validar com mais segurança a locação de granjas na BCB.

5.4 – Confecção da Carta de Aconselhamento para Locação de Granjas na BCB

Segundo Luiz Nishiyama (2011), geólogo e professor do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, durante palestra proferida na Câmara Municipal de Uberlândia - MG, relacionada aos recursos hídricos, os solos argilosos possuem porosidade alta e permeabilidade baixa, em torno de 60%, contribuindo, de forma geral, para a retenção de resíduos, nesse ambiente (solo), reduzindo a contaminação nas águas subsuperficiais.

Enquanto que os solos arenosos têm porosidade baixa, por volta de 20%; mas, nestes poderá ocorrer uma percolação da água com os resíduos de forma mais intensa e, com isso, intensificar a contaminação nos corpos hídricos subsuperficiais.

Por sua vez, a tentativa de conhecer a qualidade das águas subsuperficiais, que são, segundo Nishiyama, até a profundidade de 10 metros, é uma tarefa complexa, que envolve um objeto de difícil acesso, no que se refere à obtenção de dados; torna-se um desafio que esbarra em diversos obstáculos. Entender esse processo é imprescindível para a execução de um dos nossos objetivos. Para o levantamento e o tratamento dos dados de análise ambiental da água de subsuperfície, por ser o ambiente mais próximo do solo, local bastante sensível à percolação de resíduos contaminantes, houve o cuidado para que tal desafio fosse coerente com os propósitos e objetivos da pesquisa e com os conceitos utilizados.

A dinâmica das águas subterrâneas é alterada em função do fluxo de contaminantes (intensidade ou carga), da permeabilidade, da porosidade e da estrutura do solo. Entender os métodos de análise da vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas (subsuperficiais) é imprescindível para as pesquisas na área ambiental e, por fim, para a Geografia Física, pois, a partir deste conhecimento, fica claro que o processo de ocupação do solo sem planejamento de Estado aumenta os riscos de se impactar negativamente o meio ambiente, principalmente em áreas mais susceptíveis, como solos porosos e mais permeáveis e águas subsuperficiais com pouca profundidade.

Para analisar a vulnerabilidade das águas subterrâneas por meio do sensoriamento remoto, é preciso, também, confrontar os dados obtidos por este aparato técnico e tecnológico com as análises laboratoriais e de observação no campo. A eficiência da pesquisa somente é validada a partir da confrontação de diversos meios de investigação, observação e experimentação, entre outros pontos. Para o entendimento da Carta de Aconselhamento, torna-se necessário entender a dinâmica dos aquíferos subterrâneos de uma forma geral.

Com os dados da Tabela (5.2), organizada por Santos (2008a), pode-se afirmar que, no geral, todos os 18 pontos possuem uma estrutura argilosa a muito argilosa.

Tabela 5. 2: Granulometria dos solos da BCB – Uberlândia – MG

Córrego	Coord x	Coord y	Altitude	Amostra	Prof (cm)	Textura*
Moças	785990	7919746	707	1	0-20	Argila pesada
Moças	785990	7919746	707	2	20-40	Argila pesada
Moças	785559	7919355	754	3	0-20	Argila pesada
Moças	7855559	7919355	754	4	20-40	Argila pesada
Moças	785173	7919395	791	5	0-20	Argila pesada
Moças	785173	7919395	791	6	20-40	Argila pesada
Cabaças	784382	7918538	831	7	0-20	Argila - Arenosa
Cabaças	784382	7918538	831	8	20-40	Argila - Arenosa
Cabaças	784419	7918689	819	9	0-20	Argila
Cabaças	784419	7918689	819	10	20-40	Argila
Cabaças	784480	7918897	799	11	0-20	Argila - Arenosa
Cabaças	784480	7918897	799	12	20-40	Argila - Arenosa
Bebedouro	784462	7923613	701	13	0-20	Argila Pesada
Bebedouro	784462	7923613	701	14	20-40	Argila Pesada
Bebedouro	784611	7923285	687	15	0-20	Argila Pesada
Bebedouro	784611	7923285	687	16	20-40	Argila Pesada
Bebedouro	784762	7922630	647	17	0-20	Argila
Bebedouro	784762	7922630	647	18	20-40	Argila

Fonte: Santos (2008a)

*Elaborado por João Mateus de Amorim (2011), com base no diagrama triangular utilizado pela Embrapa.

A partir desses dados, pode-se concluir que o fato de a bacia possuir um solo argiloso representa um dado importante de levantamento de campo, *in loco*, que pode dar sustentação à análise cartográfica e, por fim, uma carta de

aconselhamento, com base no cruzamento de mapas de materiais inconsolidados, de declividade, do substrato rochoso e da profundidade da água subsuperficial. Esse levantamento propicia a obtenção de dados sobre os melhores locais para a instalação de granjas de suínos, com vistas a minimizar os possíveis impactos ambientais produzidos pelos resíduos desses animais, na água subsuperficial dessa bacia, em questão.

Nessa escolha, em tela, constatou-se também que as Áreas de Preservação Permanente (APP), as quais estão sob a égide do Código Florestal de 1965 e suas alterações, que são locais próximos aos cursos de água, terrenos alagados (brejos), nascentes e locais com declividade acima de 45º de inclinação, deverão ser preservadas, com vistas à manutenção do equilíbrio natural, nesses ambientes. Sendo assim, com relação ao aspecto legal desta legislação, nota-se que o Código Florestal não consegue, por si só, disciplinar as irregularidades ambientais.

Nesse contexto, torna-se necessária a implantação de um sistema eficiente de fiscalização e de políticas públicas de cunho ambiental, no âmbito dos diferentes poderes públicos ligados a esta temática. Em relação à sociedade envolvida no âmbito da BCB, salienta-se a necessidade da participação e da institucionalização da educação ambiental, com vistas, a obter, de forma conjunta, a promoção do bem-estar social (qualidade de vida).

Para garantir um impacto mínimo referente à ocupação de uma bacia hidrográfica no espaço rural, para a implantação de empreendimentos suinícolas, torna-se necessário adotar os seguintes processos:

1 - Planejamento ambiental e zoneamento agropecuário, buscando o equilíbrio entre a ocupação e às condições ambientais da bacia hidrográfica, verificando os limites e as potencialidades;

2 – Carta de Aconselhamento (cruzamento de mapas bases de substrato rochoso, materiais inconsolidados, declividades, profundidades do nível de água, etc.) e sua correlação com os levantamentos complementares: tipo de solos (estrutura do solo, permeabilidade e porosidade), entre outros aspectos, como medidas preventivas; Áreas de APP e de recarga de aquíferos; distância significativa de conjuntos

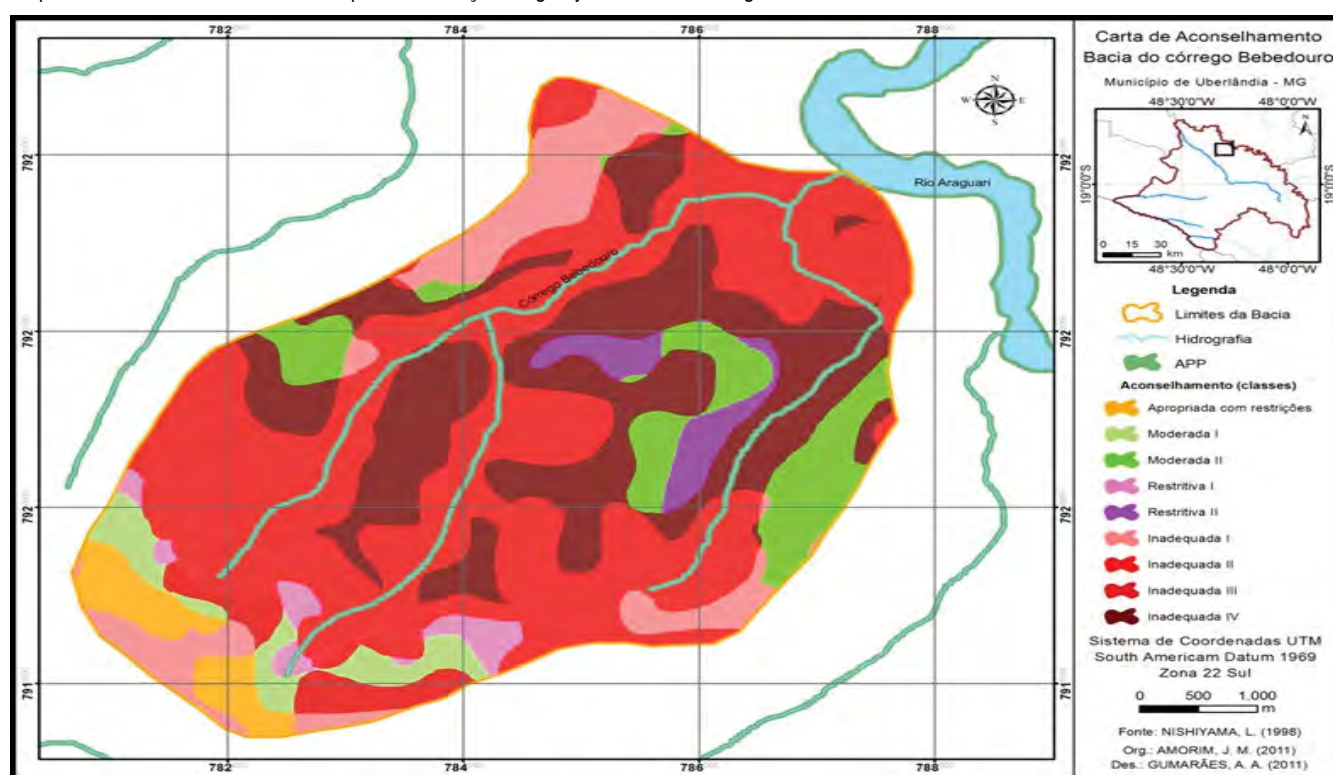
habitacionais; tratamento adequado dos dejetos de suínos via biodigestor, lagoas e, por fim, a fertirrigação controlada; balanceamento adequado dos nutrientes alimentares misturados na ração; redução de água de chuva e de limpeza da granja nos resíduos de suínos e manutenção da estrutura da granja.

Para contextualizar parte dessa atitude voltada para a sustentabilidade, destaca-se a construção da carta de aconselhamento para alocação de granjas de suínos na BCB, como pode ser constatado no Mapa 5.5.

Salienta-se que a proposição na carta de aconselhamento em “apropriadas” ou “não apropriadas” deve-se levar em conta também um plano de manejo para a granja, com tecnologias de tratamento e separação dos resíduos sólidos e líquidos e, por fim, o seu destino para áreas de fertirrigação após passar por biodigestores e lagoas de maturação. No plano de manejo, deve promover uma dieta alimentar adequada e sem desperdícios de ração e água.

Esse procedimento, como medida preventiva, possibilitou a classificação da bacia do córrego Bebedouro, segundo as suas potencialidades e limitações segundo as normas ambientais vigentes e aos sistemas de tratamentos de dejetos, em áreas adequadas, moderadas, restritivas e inadequadas, da seguinte forma: **Áreas Apropriadas**, como sendo as áreas menos vulnerável aos impactos ambientais, gerado pela percolação dos resíduos de suínos: nível das águas subsuperficiais mais profundos (superior a 10 metros) e solos mais argilosos (menos perméavel), dentre outros; **áreas Moderadas** – locais com o nível de água subsuperficial entre 5 e 10 metros e solos argilosos; **áreas Restritivas** – de solos mais permeáveis (arenoso) e áreas de recarga; **áreas Inadequadas**, ou seja, são locais extremamente vulneráveis: Áreas de Preservação Permanente (APP), principalmente em locais de nível de água subterrânea superficial (brejos) e áreas adequadas para infiltração ou recarga de águas.

Mapa 5. 5: Carta de aconselhamento para a alocação de granjas na Bacia Córrego Bebedouro



Fonte: Adaptado de Nishiyama (1988)

Destaca-se que ao construir granjas de suínos, o produtor deve fazer um Plano de Controle Ambiental (PCA) e Relatório de Controle Ambiental (RCA) da área a ser ocupada, considerando os riscos potenciais do seu empreendimento, segundo as diretrizes da Deliberação Normativa nº 74 do Estado de Minas Gerais (2004) e do Instituto Estadual de Florestas (IEF) com relação ao licenciamento ambiental, ou seja, Licenças Prévias, de Instalação e Operação, amparadas no EIA-RIMA proposto na Resolução 237 de 1997 (Brasil, 1997). Salieta-se que caberá ao IBAMA (BRASIL, 1997) tratar de problemas com grande extensão e magnitude e ao IEF, órgão competente do Estado de Minas Gerais, licenciar locais regionais e de pequena magnitude.

No que tange aos grandes empreendimentos, com grandes impactos adversos, segundo as normas ambientais, necessita-se de licença ambiental do órgão competente, tanto do Estado como da União, a fim de permitir a sua construção. Para isso, todas as granjas com quantidades de suínos superiores aos valores especificados na legislação vigente devem fazer um PCA, RCA e EIA-RIMA. Esse processo também pode demandar um Plano de Recuperação de áreas Degradadas (PRAD), que trata de retificar e melhorar os locais já atingidos por um determinado dano ou impacto ambiental.

Espera-se que o Estado e o mercado controlem, por meio da fiscalização, o processo de produção de suínos em Uberlândia, por meio da fiscalização e dos incentivos ambientais via produção ambientalmente correta.

No que se refere à regulação, a priori, percebe-se muita resistência do setor econômico brasileiro, especificamente em Uberlândia, em adotar os procedimentos de comando e controle imposto pelo Estado.

Diante ao exposto, nota-se que os governantes, na maioria, dono dos meios de produção, uma certa resistência na adoção de procedimentos regulatórios no que tange às restrições ao processo de uso e ocupação do solo face às questões ambientais.

Sendo assim, segue, na tabela seguinte, o paradigma de gestão ambiental, com enfoque de comando e controle e gestão do conhecimento, que são procedimentos que visam a amenizar os impactos adversos ao meio ambiente.

Tabela 5. 3: Paradigmas de Gestão Ambiental como medidas preventivas e corretivas

Tópicos	Comando e controle (1970)	Gestão conhecimento (2000 a 2020)
Foco	Controle da poluição de granjas por meio de tratamentos (corretiva).	Empreendimento sustentável e estímulos ambientais do Estado e do mercado. Sugestão implantar a carta de aconselhamento (medida preventiva).
Meios	Extensa legislação sobre os limites de cada fonte poluidora. Taxar a empresa que polui (ligada ao conceito de externalidade com base local).	Legislação como oportunidades. Processos integrados com as necessidades ambientais. Revisão do conceito de externalidade com base local
Influências	Visão da capacidade de regulação do Estado. Visão restritiva da legislação ambiental.	Cultura de negócios rumo ao desenvolvimento sustentável e à responsabilidade socioambiental
Barreiras	Cumprir apenas a legislação. Pouca integração entre agroindústria e produtor de suínos. Pequena articulação da gestão ambiental com o negócio. Consumidor interessado apenas no preço. Envolveu apenas as empresas poluentes.	Todos os níveis das organizações envolvidos nas políticas ambientais. Integração da gestão ambiental concluída na cadeia fornecedor cliente. Maior aproximação das políticas de P&D, produção e gestão ambiental entre matriz e filial.
Políticas Concretas	Gestão fim de tubo (tratar e dispor os poluentes após o fim da produção, sem interferir nos processos).	Superação da gestão fim de tubo. Cooperação intrafirmas e trabalho em rede. Certificações integradas com a missão e os objetivos da companhia. Ampla participação da alta gestão.
Inovações	Desenvolvimento da indústria ambiental. Primeiros mecanismos de redução da poluição nas empresas. Origem das agências reguladoras de meio ambiente. IBAMA	Políticas de longo prazo para a cadeia produtiva. Integração entre as agências reguladoras no plano internacional. Marketing ambiental efetivo. Práticas de gestão ambiental em toda a cadeia agroindustrial. P&D incorporado às ações ambientais.
Problemas	Ênfase na legislação reduziu o estímulo para inovações ambientais nas empresas isoladamente. Poucas relações de P&D com negócios ambientais e marketing corporativo.	Dependência tecnológica. Maior implantação do marketing ambiental. Forte disputa em relação a direitos e patentes. Barreiras informais no comércio exterior com base em justificativas ambientais
Ferramentas	Relatório de impactos ambientais (licenciamento ambiental) RCA – PCA – EIA – RIMA (Brasil, 1997)	Ecodesign (envolve o design para a produção ambiental combinado com a saúde e a segurança durante todo o ciclo de vida dos processos da empresa). Produção limpa – envolve quatro princípios básicos: precaução, prevenção, integração e controle democrático por parte da sociedade. Ecoeficiência (estratégia que integra as ações ambientais e todas as áreas da empresa)
Perfil	Reativo (Apenas cumpre a legislação, sem preocupação com o meio ambiente).	Inovativo (proativo) (Antecipa problemas, desenvolve processos e produtos ambientalmente corretos com enfoque estratégico)

Fonte: Polizelli; Petroni; Kruglianskas (2005, p.312-313)

Portanto, pode-se afirmar que, após a realização do diagnóstico na granja de suínos, de propriedade do IFTM - Campus Uberlândia, a mesma poderá impactar o espaço rural, no caso em questão; apesar de ter sido instalada em uma APP, essa alteração foi amenizada devido ao tipo de solo desse lugar, que é argiloso, entre outros fatores.

E ainda, com o objetivo de reduzir o impacto do metano, que é 21 vezes mais impactante que o CO₂, os resíduos são encaminhados via tubulação para o biodigestor. Porém, esse gás não é aproveitado para aquecimento e nem para energia elétrica no setor; é queimado a céu aberto.

Os dados da granja de suínos do Campus Uberlândia, segundo a Deliberação Normativa 74 do Conselho de Política Ambiental (COPAM) (MINAS GERAIS, 2004), refere-se à criação de ciclo completo (produção), com classificação em porte médio (tamanho do empreendimento), mas com grande potencial poluidor dos corpos hídricos.

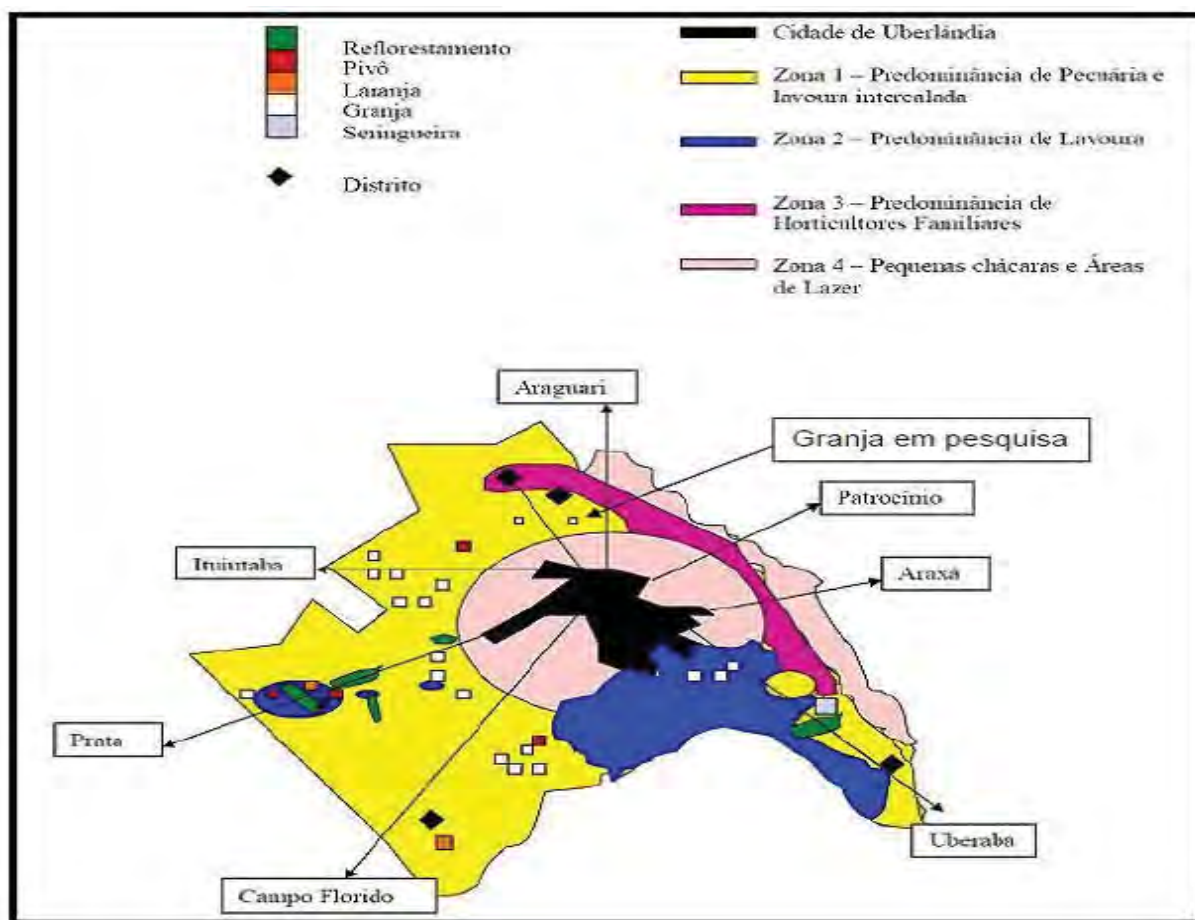
De uma forma geral, o que se observa no diagnóstico do espaço rural do município de Uberlândia, realizado pelo pesquisador da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais) Pelegrini (2009) é que, na maioria das vezes, não existe um planejamento ambiental adequado por parte do estado e das empresas agroindustriais para a implantação de granjas de suínos e de outras ocupações rurais de médio a grande impacto ambiental, contribuindo com a degradação desse ambiente, o que pode ser evidenciado pelo Mapa 5. 6.

Com relação ao diagnóstico proposto por Pelegrini (2009), referente ao zoneamento Agroecológico (o qual precisa ser implantado após um estudo criterioso face às aptidões locais para o processo de uso e ocupação do espaço rural), salienta-se que este deverá correflacionar a climatologia, a vegetação, os recursos hídricos, a declividade do terreno e a profundidade das águas subsuperficiais e freáticas.

Analisando os dados levantados pelo autor em questão e as observações em campo, pode-se afirmar que as ocupações por granjas de suínos, no município de Uberlândia, ocorrem, na maioria das vezes, em locais impróprios, ou seja, muito próximo aos córregos e rios em locais muito acidentados.

Isso ocorre, pois este sistema de produção não exige grandes espaços e nem muito capital para serem implantados, podendo fazer a integração com a pecuária bovina, horticultura, pequenas lavouras de milho e soja, etc (DJALMA, 2009).

Mapa 5. 6: Diagnóstico Agroecológico do município de Uberlândia



Programa de Cooperação Técnica (PCT) - Instituto Nacional de Colonização Reforma Agrária (INCRA) e *Food And Agriculture Organization of the United Nations* (FAO).

Concluiu-se, a partir do estudo, que a ocupação da APP, que é um ambiente extremamente vulnerável e sensível ao processo de ocupação antrópica, além de infringir a lei, e de ser, portanto, ilegal (frente ao código florestal de 1965), pode ser considerada irreparavelmente danosa, do ponto de vista científico, no que diz respeito ao meio ambiente e a fauna, incluindo o homem, como para a flora.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para a realização desta pesquisa, foi extremamente necessário o entendimento das etapas a serem trilhadas e de seus pontos principais. A carta de aconselhamento indicada nesta pesquisa deve ser usada com cautela, pois outras variáveis (estrutura do solo, aspecto legal, procedimentos de comando e controle) também devem ser analisadas, porém é de suma importância para o não agravamento dos impactos adversos ao meio ambiente, adotar medidas sugeridas nesta pesquisa para áreas menos vulneráveis (APP, solos mais permeáveis, áreas de recarga, etc).

Sendo assim, destaca-se que se adotada em paralelo com outros instrumentos de gestão e controle, esta carta de aconselhamento poderá contribuir para a minimização dos impactos da suinocultura, na bacia do córrego Bebedouro e em outros locais, pois contribuirá para amenizar os impactos desses empreendimentos.

Com relação à experimentação, realizou-se um estudo de caso em uma granja de suínos, de propriedade do IFTM – Campus, situada na bacia do córrego Bebedouro - BCB. Os resultados apresentados nos ensaios auferidos nos pontos de coleta, tanto de água como de solo, mostram que a área do entorno desta foi alterada por resíduos de suínos e de outros poluentes.

Os resultados obtidos nos ensaios de solo, da franja capilar, foram importantes e permitiram afirmar que ocorreu uma significativa percolação de resíduos de uma forma geral no solo da BCB.

Portanto, pode se afirmar que, no geral, as amostras nos pontos de montante apresentaram resultados bem inferiores aos de jusante, confirmando a hipótese sugerida para a justificativa da pesquisa. Os dados de montante da granja apontam a adoção de práticas de adubação orgânica com dejetos de suínos, alterando as

condições ambientais do local, evidenciadas nas análises de solo e de água subsuperficial, porém, ainda bem inferiores aos de jusante.

Salienta-se, ainda, que foram verificadas algumas alterações em relação aos parâmetros de DBO, nitrato, coliformes termotolerantes e bactérias heterotróficas, que estão acima dos limites permitidos pelas normas ambientais do CONAMA e do Ministério da Saúde.

Os principais atributos físicos considerados na elaboração da carta de aconselhamento são: nível de água subsuperficial; áreas de recarga das águas subterrâneas; solos mais permeáveis (arenoso) e áreas de APP. Para amenizar os impactos de uma forma geral, deve-se também investir em outros instrumentos, como gestão do processo produtivo; balanceamento adequado da ração dos animais; diminuição do uso da água; tratamento dos dejetos; descarte adequado do efluente tratado; obediência às leis ambientais federais, estaduais e municipais (Lei Orgânica e Plano Diretor) dentre outras legislações.

Após a construção desses empreendimentos, também se faz necessário elaborar um planejamento adequado para o manejo dos resíduos desse processo. Os dejetos de suínos devem ser encaminhados para lagoas de decantação e maturação para a redução de seu poder de impactar o meio ambiente. Para isso, devem ser implementados, segundo Dartora; Perdomo e Tumelero (1998 *apud* PEREIRA, 2006), vários processos de tratamento, além do decantador de fluxo ascendente para a separação dos materiais grosseiros: as lagoas anaeróbias para a redução da carga orgânica do efluente; as facultativas para auxiliar na redução dos materiais orgânicos e dos nutrientes (fósforo e nitrogênio) e as de aguapés, que servem para a remoção do nitrogênio e do fósforo.

Salienta-se que estes procedimentos, se adotados, poderão minimizar os impactos adversos no meio ambiente, por meio de tratamento dos poluentes, pois trata-se de princípios de prevenção, porém, com relação aos princípios de precaução, pode-se afirmar que é mais restritivo e em casos extremos (dúvida) recomenda-se a não-instalação do empreendimento, ou seja, trata-se de ações cautelares em relação a todo o processo de ocupação do solo, com vistas a manter um mínimo de qualidade de vida para as populações urbanas e rurais. Como medida restritiva (precaução) e

que aponte o local menos vulnerável, pode-se utilizar a carta de aconselhamento para a alocação de granjas de suínos, desde que se utilize as medidas de prevenção, de comando e controle (legislação ambiental e fiscalização com monitoramento) e normas ambientais de cunho econômico (ISO 14001, selo verde), dentre outras.

Para amenizar a ação desses contaminantes no solo, na água e no ar, será necessário adotar alguns procedimentos de cunho sanitário e ambiental. Nesse sentido, a construção de granjas e frigoríficos de suínos e de outras agroindústrias do ramo deve levar em consideração as seguintes precauções: devem ficar distante a mais de 100 m das casas e a mais de 500m dos bairros residenciais; devem ser plantadas cercas vivas para diminuir o impacto dos odores (amônia e germes patogênicos); devem localizar-se a mais de 100 m de corpos hídricos, de uma forma geral, e em locais com lençol freático abaixo de 3 m de profundidade (PEREIRA, 2006).

Pallares (2007) comenta que as legislações ambientais acerca da suinocultura precisam ser atualizadas e revisadas por meio de informações científicas e experiências que estão sendo produzidas e testadas. A estruturação destes documentos deveria englobar os seguintes tópicos: capacitação dos suinocultores em manejo ambiental de granjas; plano de manejo dos resíduos, levando em consideração a produção e seu ambiente de entorno; plano de manejo de nutrientes; manejo conservacionista nas áreas de aplicação de resíduos de suínos como adubo; certificação e treinamentos dos responsáveis pela aplicação de resíduos no solo; planejamento e gestão de forma integrada dos ativos ambientais, tendo como base a delimitação da bacia hidrográfica, e a implantação das tecnologias nutricionais, a fim de reduzir a quantidade de fezes, nitrogênio, fósforo e outros micronutrientes, com vistas a minimizar os impactos ambientais.

Esse mesmo autor afirma que o lançamento de resíduos de suínos e de animal em geral no solo como biofertilizante (adubo) gera-se em torno de 20% dos impactos ambientais nos Estados Unidos da América (EUA), devido a sua magnitude, via poluição difusa. Contudo, ainda não é possível dizer qual é a amplitude deste problema no Brasil pela falta de estudos nesse sentido.

Salienta-se que existe uma técnica de tratamentos de suínos utilizada nos EUA, e em estudo neste país, que é bastante eficiente, porém bastante cara, pois utiliza um processo de conversão termoquímica - Thermochemical Conversion (TCC) dos dejetos de suínos em petróleo que, conseqüentemente, reduz os impactos destes resíduos, segundo Bingjun *et al.* (2000). Esta técnica, de acordo com os autores em questão, é mais eficiente devido ao processo de descontaminação dos micro-organismos patógenos contidos na matéria orgânica, redução dos gases de efeito estufa e de odores, contribuindo para a utilização destes resíduos na adubação de áreas agrícolas deste país.

Destaca-se que a University of British Columbia Chemical Engineering Department (2011) propõe uma técnica de tratamento de resíduos de suínos que pode ser aplicada no Brasil, chamada de Manure management systems ATD, descrita da seguinte forma: Separação de sólidos (estrume) e líquidos (urina e água); extração de nutrientes da parte líquida (fósforo e nitrogênio) e de amônia (sulfato de amônio), por meio de membranas filtrantes; esterilização da água residuária com a utilização de raios ultravioletas; produção de fertilizantes e combustíveis do bio-sólido (estrume).

Para adequar este sistema de gestão de dejetos de suínos no Brasil necessita-se de grandes investimentos em pesquisa e aquisição desta tecnologia, que apresenta-se bastante eficiente em sua proposição, pois reduz o espaço físico das áreas de tratamento e também das outras externalidades (gases de efeito estufa, odores, organismos patógenos).

Sendo assim, diante dos impactos adversos da suinocultura no Brasil recomenda-se a utilização dos procedimentos de comando e controle a fim de minimizá-los. Conclui-se que, independentemente do local em que será instalada uma granja de suínos, desde que não seja em áreas de APP, reguladas pelo Código Florestal de 1965 ou até mesmo em situações em que for utilizada a carta de aconselhamento realizada nesta pesquisa, recomenda-se a utilização de um processo rigoroso, tanto de cunho legal quanto no que diz respeito a gestão dos poluentes da suinocultura elencados a seguir.

Destaca-se que o tratamento físico, por ser primário, consiste na separação das fases líquidas das sólidas, por meio do processo de decantação, peneiramento, centrifugação e desidratação (OLIVEIRA *et al.*, 1993).

Neste tratamento, tem-se a presença de oxigênio e de condições favoráveis ao processo de maturação da carga orgânica e de redução da carga de micro-organismos. Para isso, torna-se fundamental o conhecimento técnico e científico para que se possa empregar esta metodologia de tratamento dos resíduos de suínos e de outros poluentes. Aliado a esse tratamento primário, os dejetos devem ser encaminhados para a estabilização em lagoas anaeróbias, facultativas e aeróbias. Este tratamento também pode ser feito em diques de oxidação, compostagem, bioesterqueira, biodigestores, dentre outros.

Para que se possa almejar a não impactar negativamente os espaços rurais, deve-se inserir nas atividades agrícolas o cuidado com o ambiente físico, com vistas a garantir a produtividade do solo, a qualidade da água, a sobrevivência dos animais da microfauna e da macrofauna e as reservas florestais, dentre outros. A qualidade ambiental da bacia hidrográfica necessita de procedimentos básicos para que se os impactos adversos ao meio ambiente possam ser minimizados. Para a manutenção dos sistemas ambientais físicos, são necessários investimentos em boas práticas na agropecuária, aliados a um planejamento e à gestão dos ativos naturais.

Nesse contexto, destaca-se a necessidade de atualização nas leis, decretos e Planos Diretores, e outras normas, com vistas a garantir a sustentabilidade em todas as formas de ocupação dos espaços rurais e urbanos. É preciso esclarecer que a vida animal e vegetal e os seres humanos dependem desses ambientes para sua sobrevivência. A preservação da natureza depende, de uma forma geral, de políticas públicas e da boa ação da comunidade do entorno.

Sendo assim, infere-se que, a priori, ocorreram alterações nos aspectos físicos, químicos e biológicos da água subsuperficial e do solo dessa bacia, denominada área de estudo. Para a sustentabilidade dos espaços rurais, como recomendação da Deliberação Normativa (DN) nº 74 de 2004 do Estado de Minas Gerais, do Código Florestal de 1965 (preservação de APP) e as resoluções do Conama relacionadas à qualidade da água, é de extrema necessidade a execução de um Estudo Prévio de

Impacto Ambiental e um Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) previstos na Lei 6.938 de 1981 (BRASIL, 1981) e na DN nº 74 de 2004 (MINAS GERAIS, 2004), entre outros, para as construções de granjas de suínos de caráter industrial.

Após todo esse processo, com procedimentos de comando e controle, poder-se-á utilizar esse bio-sólido na agricultura. Essa prática também vai reduzir a ação impactante do efluente líquido, pois as bactérias do solo e outros agentes presentes no espaço removerão a matéria orgânica biodegradável, o fósforo, o nitrogênio e os germes patogênicos, dentre outros. Mas a disposição de dejetos de suínos no solo de forma inadequada, sem o tratamento prévio, poderá impactar tanto o solo quanto a água e o ar, devido à quantidade ou a sua acumulação na área em questão (PEREIRA, 2006).

Por fim, pode-se afirmar que tanto o mecanismo de comando e controle quanto a gestão do conhecimento, de forma individualizada, não resolvem o problema de contaminação e poluição por granjas de suínos em Uberlândia. Nota-se que o grande articulador dessa situação na região, e que se beneficia do ponto de vista econômico, é o grande capital vinculado à agroindústria, cadeia de suínos, com o nome de Brasil *Foods*. Para o processo de uso e ocupação do solo no espaço rural por estes empreendimentos, necessita-se de integração de procedimentos, com vistas a minimizar o impacto adverso ao meio ambiente. Os procedimentos podem assim ser elencados: políticas públicas de incentivos ambientais, a não-ocupação de APP, busca por áreas de solos menos permeáveis (argilosos) e com estruturas que dificultem a percolação de águas com resíduos, incentivo à regulação pelo mercado e pela sociedade, bem como à fiscalização pelo Estado, e por fim, implantação de manejo adequado do processo de produção de suínos e de seus dejetos.

De forma conclusiva, observou-se, nesta pesquisa, que é possível alterar de forma significativa o meio ambiente via resíduos de suínos. Mas, para reverter esse quadro, nesses estabelecimentos, necessita-se de mais atenção na gestão ambiental da propriedade (granja de suínos), educação e consciência ambiental, normas ambientais e de mão-de-obra qualificada.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.181: **Análise Granulométrica dos Solos**. Rio de Janeiro, 1984.

_____. Águas – **Determinação de Nitrogênio Amoniacal** – Método Titulométrico, NBR – 10.560, ABNT. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **Determinação de Oxigênio Dissolvido** – Método do eletrodo de membrana, NBR – 11.958, ABNT. Rio de Janeiro, 1989.

_____. NBR 13895: **Construção de poços de monitoramento e amostragem**. Rio de Janeiro: 1997.

_____. **Determinação do pH** – Método eletrométrico, NBR – 14.339, ABNT. Rio de Janeiro, 1999.

_____. ISO/TC 13320-1: Análise de partícula por difração a Laser: **Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro: 1999.

_____. **Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)** – Método de incubação (20 graus Celsius, cinco dias), NBR – 12.614, ABNT. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15495-2: **Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares**. Parte 2: Desenvolvimento. Rio de Janeiro: 2008.

_____. NBR 15495-1: **Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados**. Parte 1: Projeto e construção. Rio de Janeiro: 2009.

ALMEIDA, J. R.; TERTULIANO, M. F. Diagnose dos sistemas ambientais: métodos e indicadores. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira (Org.). **Avaliação e perícia ambiental**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

ALVES, Rubem. **Filosofia da ciência**. São Paulo: Ars poética, 1996.

ALVES, Schirley Cavalcante. A água como elemento fundamental da paisagem em microbacias. In: INFORME AGROPECUÁRIO. **Manejo de Microbacias**. V. 21, n. 207, Belo Horizonte: EPAMIG, UFLA, UFMG, UFV. Nov./dez. 2000.

ALVES, Maria da G.; RAMOS, Izabel de S.; CORIDOLA, Romeu. Metodologia Drastic na análise da vulnerabilidade dos aquíferos livres de Campo dos Goytacazes. **Anais...** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal: INPE, 2009, p. 3433-3438.

AMORIM, João Mateus. **Estudo do efeito da urbanização e da ocupação urbana no escoamento superficial da microbacia do córrego Mogi em Uberlândia-MG**. Dissertação de Mestrado em engenharia civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

ANDRADE, Ricardo Fernandes de. **Mapeamento geotécnico preliminar em escala de semi-detalhe (1:25.000) da área de expansão urbana de Uberlândia – MG**. Dissertação de Mestrado em engenharia civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. Determinação de condutividade elétrica. **SMWW 2510B**. 20th Ed. Washington DC. APHA., 1997.

_____. Standard methods for the examination of water and wastewater. água. Determinação de condutividade elétrica. **SMWW 2540B**. 20th Ed. Washington DC. APHA., 1997.

_____. Standard methods for the examination of water and wastewater. Determinação de cobre e zinco. **SMWW 3120**. 20th Ed. Washington DC. APHA., 1997.

_____. Standard methods for the examination of water and wastewater. Determinação de sulfeto. **SMWW 4500S-2**. 20th Ed. Washington DC. APHA., 1997.

_____. Standard methods for the examination of water and wastewater. Solo. Determinação de Fósforo. **SMWW 4500P**. 20th Ed. Washington DC. APHA., 1997.

_____. Standard methods for the examination of water and wastewater. **Determinação de pH. SMWW 4500 –H+B**. 20th Ed. Washington DC. APHA., 1997.

_____. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Determinação de nitrito e nitrato por colorimetria. **APHA 4500**. 20th Ed. Washington DC, 2005.

BACCARO, Claudete Aparecida Dallevedove. **Estudos Geomorfológicos do Município de Uberlândia**. Sociedade & Natureza, v. 01, n. 01. Uberlândia, 1989, p. 17-21.

BALCERE et. al. **Report on industrial swine and cattle farming in the baltic sea catchment area**. Coalition Clean Baltic for Protection of the Baltic Sea Environment. Disponível em: <http://www.ccb.se/documents/indfarmencorr000.pdf>. Acesso em: 8 dez 2011.

BARTHOLOMEU, Marcelo Bacchi; RANIERO, Luiza Montoya; MIRANDA, Silvia Helena Galvão de; BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi. **Caracterização e estimativa de potencial para os projetos brasileiros de MDL referentes ao setor de suínico**. In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural de 22 a 25 de julho de 2007. Londrina – PR: UEL, 2007. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/6/657.pdf>. Acesso em: 12 ab 2011.

BASSO, Cláudio José.; CERETTA, C. A.; MOREIRA, I. C. L.; FLORES, M. M; DRESSLER, V. L. Acúmulo de alguns metais Pesados em Solos com Sucessivas Aplicações de Esterco Líquido de suínos. **Anais...** In: FERTIBIO 2002, Rio de Janeiro: EMBRAPA solos, 2002. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/Fertbio2002 /01.pdf>. Acesso em: 2 mai 2010.

_____, Cláudio José. **Perdas de Nitrogênio e Fósforo com a aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos**. Tese de doutorado em agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BASTOS, Anna Christina Saramago; FREITAS, Antônio Carlos de. Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira (Org.). **Avaliação e perícia ambiental**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

BERNARDES, Maria Beatriz Junqueira. **Bacia hidrográfica do rio Uberabinha: a disponibilidade de água e uso do solo sob a perspectiva da educação ambiental.** Tese de doutorado em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

BERTALANFFY, Ludwig Von. **Teria Geral dos Sistemas.** Trad. Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.

BIOAGRI AMBIENTAL. **Procedimentos de amostragem matrizes solos, sedimentos e resíduos.** Piracicaba (SP), 2009.

BINGJUN, He et. al. **Thermochemical conversion of swine manure: an alternative process for waste treatment and renewable energy production.** American Society of Agricultural Engineers, 2000. Disponível em: "http://www.webpages.uidaho.edu/~bhe/pdfs/TCC_1.PDF". Acesso em: 05 dez 2011.

BRASIL. Decreto 24.643 de 1934. Dispõe sobre o Código das Águas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1934.

_____. Lei 6.938 de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismo de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.presidencia.gov.br/legislacao/>. Acesso em: 14 out 2009.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução do CONAMA, 001, de 1986. Considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente **Diário Ofício da União**, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/. Acesso em: 5 dez 2011.

_____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

_____. Ministério de Meio Ambiente. Lei Federal nº 9.433, de 1997. Institui o Plano Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. **Diário**

Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm/. Acesso em: 14 out 2009.

_____. Ministério de Meio Ambiente. Resolução do CONAMA, 237, de 1997(b). Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios; listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; Estudos Ambientais, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/. Acesso em: 5 dez 2011.

_____. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. EMBRAPA. **2ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, 5 de Novembro a 6 de Dezembro de 2001**. Concórdia. Santa Catarina, 2001.

_____.MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Mapa de Sistema de informação geográfica da agricultura brasileira – siga Brasil – produção brasileira de suínos**. CONAB/IBGE, 2003. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/mapas_e_imagens/PR/brasil04_suinios.pdf. Acesso em: 11 jun 2009.

_____. Ministério da Saúde. Portaria 518 de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.Presidencia.gov.br/legislacao/>. Acesso em: 14 out 2009.

_____. Ministério de Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.Presidencia.gov.br/legislacao/>. Acesso em: 14 out 2009.

_____. Ministério de Meio Ambiente. Agência Nacional de águas. **Caderno de Recursos Hídricos**: Panorama da qualidade das águas subterrâneas. Brasília-DF: ANA, 2005b. Disponível em: [http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/estudos/caderno de recursos.aspx](http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/estudos/caderno%20de%20recursos.aspx). Acesso em: 15 jan 2009.

_____. Ministério de Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.Presidencia.gov.br/legislacao/>. Acesso em: 14 out 2009.

_____. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República – Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada. **Sustentabilidade ambiental no Brasil**: biodiversidade, economia e bem-estar humano. Brasília, DF: IPEA, 2010. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/>. Acesso em: 10 jan 2011.

_____. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados do site referente ao ano de 2008. Rio de Janeiro, 2010b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 dez de 2010.

CAMARGO, Luís Henrique Ramos de. **A ruptura do meio ambiente conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova percepção da ciência**: a geografia da complexidade. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

CAMPONOGARA, Isabel. **Vulnerabilidade natural no sistema aquífero guarani e análise de parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas em Quaraí, BR e Antigas, UY**. Dissertação de mestrado em geografia e geociências, UFMS, Santa Maria – RS, 2006.

CANALI, Naldy Emerson. Geografia ambiental - desafios epistemológicos. In: MENDONÇA, Francisco; KOZEL, Salete (org.). **Elementos de epistemologia da geografia contemporânea**. Curitiba: Ed. UFPR, 2002, p. 165 -186.

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida**: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. Tradução. Newton Roberval Eicheberg. São Paulo: Cultrix, 1996.

_____, Fritjof. **O ponto de mutação**. Trad. Álvares Cabral. São Paulo: Cultrix, 2006.

CAPUCCI, Egmont et al. **Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas**: orientação aos usuários. Rio de Janeiro: PLANÁGUA/SEMADS, 2001.

CARLOS, Ana Fani Alexandri. A geografia brasileira, hoje: Algumas reflexões. In: Revista Terra livre. **Mudanças Globais**. Vol 1. Nº 18. São Paulo: AGB, 2002, p. 161-178

CASSETI, Valter. A natureza e o espaço geográfico. In: MENDONÇA, Francisco; KOZEL, Salete (org.). **Elementos de epistemologia da geografia contemporânea**. Curitiba: Ed. UFPR, 2002, p. 145 -163.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista Cunha (org.). In: **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1995. p. 93-148.

COELHO, Maria Célia Nunes. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org.). **Impactos ambientais no Brasil**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

COELHO, Ana Maria Pena Rodrigues; SILVA, Solange Teles. Aspectos Internacionais do aquífero Guarani. **Anais...** In: Congresso Internacional de direito, Manaus, 2006. Disponível em: http://www.conpedi.org/manaus/arquivos/anais/manaus/direito_intern_pub_ana_maria_coelho_e_solange_da_silva.pdf. Acesso em: 20 mai 2010.

COSTA, Felipe Provenzale Mariano; DUARTE, Wellington de Oliveira; NISHIYAMA, Luiz. Mapa das permeabilidades dos solos da bacia do rio Uberabinha elaborado a partir de ensaios *in situ*. **Anais...** In: 6º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Uberlândia: UFU, 2007

COSTA, Rildo Aparecido. **Zoneamento ambiental da área de expansão urbana de Caldas Novas – GO: Procedimentos e Aplicações**. Tese de Doutorado em Geografia, UFU, Uberlândia, 2008.

COSTA, Felipe Provenzale Mariano. **Utilização de Sistemas de Informação Geográfica na identificação de áreas vulneráveis à contaminação do lençol freático: o caso do alto e médio curso do rio Uberabinha – MG**. Dissertação de Mestrado em Geografia, UFU, Uberlândia, 2009.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira (org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

_____, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira (org.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

CUSTÓDIO, Helita Barreira. **Legislação Brasileira do Estudo de Impacto Ambiental**. In: Tauk-Tornisielo, Sâmia Maria; GOBBI, Nivar; FOWLER, Haroldo Gordon. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

DARTORA, Valmir; PERDOMO, Carlos C.; TUMELERO, Ivone Lopes. **Manejo de dejetos de suínos**: Boletim Informativo de Pesquisa – BIPERS nº 11. Rio Grande do Sul: EMBRAPA de Suínos e Aves e EMATER, 1998.

DEL GROSSI, Sueli R. **De Uberabinha a Uberlândia: os caminhos da natureza**. Tese de doutorado em Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP, São Paulo, 1991.

DOMINGUES, Thabata Costa de Godoy. **Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica, em função de sua acidificação**. Dissertação de Mestrado em Agricultura tropical e subtropical. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. **Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data**. Lima: CEPIS/PHO/WHO; 1988, 78p.

GIROTTTO, Eduardo. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquido de suínos**. Dissertação de Mestrado em Ciência do solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

GUIMARÃES, Mauro. Sustentabilidade e Educação Ambiental. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio J. T. (Orgs.). A questão ambiental: diferentes abordagens. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 81 – 105.

INSTITUTO BRASIL *FOODS* SUSTENTÁVEL. **Documentos institucionais**. Disponível em: http://instituto.sadia.com.br /programa_40948.html. Acesso em: 28 nov. 2009.

KONZEN. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: Embrapa. CNPMS, 2003. 12 p. (Embrapa Suíno e Aves. Circular Técnica, 31).

_____. **Manejo Sustentável dos dejetos de suínos**. In: Pecnordeste 2007. XI Seminário Nordestino de Pecuária, Ceará, 2007. Disponível em: <http://www.Pecnordeste.com.br/PEC2008/pecnordeste /suinocultura.php>. Acesso em jan 2010.

LABEYRIE, Vicent. As consequências ecológicas das atividades tecno-industriais. In: MORIN, Edgar (Jornadas Temáticas Idealizadas e Dirigidas). **A religação dos saberes: o desafio do século XXI**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Tradução Flávia Nascimento.

LEFF, Enrique. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder**. Tradução de Lúcia Mathilde Endlich Orth. Petrópolis, RJ. Vozes, 2002.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. 9ª ed. Revista, ampliada e atualizada. Malheiros Editora, 2001.

MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidades e perspectivas para o Brasil a partir da realidade Francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007

MARTINS, Franco Muller; OLIVEIRA, Paulo Armando Victória de. **Energia elétrica**

do biogás. REVISTA SUINOCULTURA INDUSTRIAL. Nº 6, Ano 31, São Paulo: Grupo Gesulli, 2009.

MATERIAL DE AULA (slideshare.net). **Hidrografia.** http://www.eco.unicamp.br/nea/Gestao_Bacia/imagens/bacia.jpg. Acesso em: 12 ab 2011

MENDONÇA, Francisco. Geografia Socioambiental. In: MENDONÇA, Francisco; KOZEL, Salete (org.). **Elementos de epistemologia da geografia contemporânea.** Curitiba: Ed. UFPR, 2002, p. 121 -144.

MIGLIORINI, Renato Blat; DUARTE, Uriel; BARROS NETA, Maria da Anunciação Pinheiro (org.). **Aquífero Guarani:** educação ambiental para sua preservação na região do planalto dos Guimarães. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS, 2007.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa nº 74, 9 de setembro de 2004.** Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. COPAM, 2004.

MIRANDA, Claudio Rocha de. Aspectos ambientais da suinocultura brasileira. In: SEGANFREDO, Milton Antônio (editor Técnico). **Gestão ambiental na suinocultura.** Brasília, DF: EMBRAPA, 2007.

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Geografia pequena história crítica.** São Paulo: Hucitec, 1995.

MORIN, Edgar. **O método 1:** a natureza da natureza. Trad. Ilana Heineberg. Porto Alegre: Sulina, 2003.

MULTIQUIP, DO BRASIL. **Manual de compactação do solo.** São Paulo, 2004. Disponível em: http://www.Multiquip.com.br/imagens/catalogo/Catalogo_Compacta%C3%A7%C2%A6odeSolo_20050822132416.pdf. Acesso em: 17 set 2010.

NISHIYAMA, Luiz. **Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes**. In: Sociedade & Natureza, v. 01, n. 01. Uberlândia, 1989, p 9-15.

NISHIYAMA, Luiz. **Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análise e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000, aplicadas ao município de Uberlândia – MG**. Tese de doutorado em geotecnia, USP de São Carlos, São Carlos-SP. 1998.

NEHME, Valéria Guimarães de Freitas. **Os laços topo-biofilicos que transformam espaços em lugares para servidores e estudantes Escola Agrotécnica Federal de Uberlândia – MG: Abordagem Perceptiva da Geografia**. Tese de doutorado em geografia, UFU, Uberlândia, 2008.

OLIVEIRA, Luiz Antônio, GONÇALVES, Renata Moreira, MARTINS, Fernanda Pereira. **Contraste de condutividade hidráulica em solos de texturas arenosos e argilosos encontrados nos tributários da margem esquerda do rio Tijuco, Município de Ituiutaba, Estado de Minas Gerais, Brasil**. Revista Caminhos de Geografia. V. 11 n. 33, Uberlândia: IGUFU, 2010, p. 230 – 243.

OLIVEIRA, Paulo Armando V. de et. al.. Coordenador. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa-CNPASA, 1993. 188p. (documento 27).

OLIVEIRA, Paulo Armando V. de. **Produção e manejo de dejetos de suínos**. Concórdia (SC): EMBRAPA Suínos e Aves, 2002.

OLIVEIRA, Pêrsio Santos. **Introdução à sociologia**. São Paulo: Ática, 2001.

PALHARES, Julio Cesar Pascale. Legislação ambiental e suinocultura barreiras, leis e futuro. In: SEGANFREDO, Milton Antônio (editor Técnico). Gestão ambiental na suinocultura. Brasília, DF: EMBRAPA, 2007.

PELEGRINI, Dijalma Ferreira. **Diagnóstico Rural do Município de Uberlândia**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2009. Disponível em: <http://migre.me/3xxhd>. Acesso em: 9 jan 2011.

_____, Dijalma Ferreira; CLEPS JÚNIOR, João. **A integração Agroindustrial no Triângulo Mineiro: A Rezende Alimentos.** In: Revista on line Caminhos de Geografia, v.1, nº1, 2000. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/10059/5930>. Acesso em: 8 dez 2011.

_____, Dijalma Ferreira; CLEPS JÚNIOR, João. **O programa de integração da Rezende/Sadia no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba no contexto das transformações na suinocultura brasileira.** UFOP, 2001. Disponível em: <http://www.ichs.ufop.br/conifes/anais/OGT/ogt1601.htm>. Acesso em: 8 dez de 2011.

PEREIRA, Edilaine Regina. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola.** Tese de doutorado em agronomia, USP de Piracicaba, Piracicaba, 2006.

PIVELI, Roque Passos. **Curso Qualidade das águas e poluição: Aspectos Físico-químicos.** Aula 7 ânions de interesse em estudos de controle de qualidade das águas: Sulfato, sulfeto. Cloreto e cianeto. USP, 2010. Disponível em: 200.144.189.36/phd/LeArq.aspx?idarq=733 . Acesso em: 4 ago 2010.

POLIZELLI, Demerval Luiz; PETRONI, Liége Mariel; KRUGLIANSKAS, Isak. **Gestão ambiental nas empresas líderes no setor de Telecomunicações.** Revista de Administração, v. 40, nº 4, p. 309-320, 2005. Disponível em: www.rausp.usp.br. Acesso: 8 dez 2011.

PORTAL SÃO FRANCISCO, PESQUISA E EDUCAÇÃO. **Aquífero Guarani.** Disponível em: <http://www.portalsaofrancisco.com.br>. Acesso em: 1 jul 2010.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. **A hipótese e a experiência científica em educação em ciências: contributos para uma reorientação epistemológica.** Ciência & Educação, v.8, n.2, 2002. p. 253-262.

REBOUÇAS, Aldo da C. **A política nacional de recursos hídricos e as águas subterrâneas.** Revista eletrônica de águas subterrâneas, v.16, UFPR, 2002. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/asubterraneas/article/viewFile/1304/1082>. Acesso em: 2 jul 2010.

_____, Aldo da C. Águas subterrâneas. REBOUÇAS, Aldo da C; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico e conservação**. 3ª ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 111-144.

RODRIGUES, Anamaria Moyá et al. Mapa de susceptibilidade ambiental do setor oeste do município de Uberlândia para orientação na implantação de fertirrigação com dejetos de suínos. **Anais...** In: 6º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Uberlândia: UFU, 2007.

RODRIGUES, Arlete Moysés. **A utopia da sociedade sustentável**. Pontos de vista. Revista Ambiente e Sociedade, Ano I, nº 2, 1998 a.

_____, Arlete Moyses. **Produção e consumo do e no espaço: problemática ambiental urbana**. São Paulo: Hucitec, 1998 b.

RODRIGUES, Flávio; CARVALHO, Osires. **Bacias hidrográficas como unidades de planejamento e gestão geoambiental: uma proposta metodológica**. Revista fluminense de geografia 2. Niterói – RJ: AGB – Seção Niterói, Ano 1, jul/dez de 2005.

SÃO PAULO. **Dispõe sobre valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2011.

_____. **Variáveis de qualidade da água**. CETESB/SMA, 2010. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>. Acesso em: 02 ago 2010.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

SANTOS, Eduardo Vieira dos et. al. **A ocupação do bioma cerrado: da fronteira agrícola aos dias atuais**. UFG, 2006. Disponível em: http://www.catalao.ufg.br/historia/arquivossimposios/historia/VIISIMPOSIO/comunicacoes/Eduardo%20Vieira/eduardo_vieira.pdf. Acesso em: 8 dez de 2011.

SANTOS, Carla Rodrigues. **Diagnóstico ambiental e uma proposta de uso da**

bacia hidrográfica do córrego Bebedouro – Uberlândia/MG. Dissertação de mestrado em geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008a.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço:** Técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo. USP, 1996.

_____, Milton. **Técnica, espaço, tempo:** Globalização e meio técnico-científico-informacional. São Paulo: USP, 2008b.

SANTOS, Rosely Ferreira dos. **Planejamento ambiental teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. **Gestão ambiental - instrumentos, esferas de ação e educação ambiental.** São Paulo: Atlas, 2007.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos.** São Paulo: Varela, 1997.

SILVA, Edivane Cardoso et al. **Mapeamento Geotécnico da folha córrego das moças, no município de Uberlândia – MG.** In: Revista on-line Caminhos de Geografia nº 1, série 2, Uberlândia: IGUFU, 2000.

SILVA, Marcos Alves. **Permeabilidade do solo submetido a diferentes graus de compactação em fundo de viveiro escavado para aquicultura.** Dissertação de mestrado em Tecnologia Aquicultura Continental, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2009.

SOARES, Ângela Maria. **A dinâmica Hidrológica na bacia do alto curso do rio Uberabinha – Minas Gerais.** Tese de Doutorado em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

SOTCHAVA, V.B. **O estudo de geossistemas.** Métodos em Questão, São Paulo, n. 16, 52 p., 1977

SUGUIO, K. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais.** São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Paulo: Rima, IIE, 2005.

University of British Columbia Chemical Engineering Department. **Manure Management Systems ATD**. Revista eletrônica, Canadá, 2011. Disponível em: "<http://hogmanure.com/>". Acesso em: 05 dez 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM. **Material didático de mecânico de solos**. Disponível em: <http://www.ufsm.br/engcivil/MaterialDidatico/TRP1003mecanicadossolos/unidade2.pdf>. Acesso em: 17 set 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU. **Estação Meteorológica Automática**. Instituto de Geografia, 2011.

UNIVERSIDADE SÃO PAULO – USP. **Bactérias heterotróficas**. Disponível em: [http://www.darwin.futuro.usp.br/site/ecologia/quadroteorico/cbacterias .htm](http://www.darwin.futuro.usp.br/site/ecologia/quadroteorico/cbacterias.htm). Acesso em: 2 ago 2010.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Determinação de CTC**. EPA 3050B, 1986.

_____. Solo. **Determinação de anions inorgânicos por cromatografia iônica**. Method 9056, 1994.

_____. Solo. **Determinação de sulfeto**. SW 846 -9030, 1996.

_____. Solo. **Determinação de metais (cobre e zinco)**. Inductively coupled plasma – Atomic absorption. Emission spectrometry. Method 610 B, December, 1996.

VAZ, Maria Antônia et. al. **Nutrientes e metais pesados em rações e suplementos e a contaminação de solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

VILLELA, S. M. e MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

ZUQUETTE, L. V. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta**

metodológica para condições brasileiras. Tese de Doutorado em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.

ZUQUETTE, L.V. & GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica.** São Paulo: Oficina de textos, 2004.