



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE DOUTORADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA: MANEJO E CONSERVAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS NO
SEMIÁRIDO

BERTHYER PEIXOTO LIMA

**ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA NO NORDESTE BRASILEIRO
COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL:
O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA ACARAPE DO MEIO - CE**

FORTALEZA – CEARÁ
2016

BERTHYER PEIXOTO LIMA

ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA NO NORDESTE BRASILEIRO
COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: O
CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA ACARAPE DO MEIO - CE

Tese de doutorado submetida à Coordenação
do Curso de Pós-graduação em Engenharia
Agrícola da Universidade Federal do Ceará
como requisito para a obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. George Leite Mamede, Dr

FORTALEZA – CEARÁ
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L696e Lima, Berthyer Peixoto.
Enquadramento de corpos d'água no nordeste brasileiro como instrumento de gestão e sustentabilidade ambiental: o caso da bacia hidrográfica Acarape do Meio - CE / Berthyer Peixoto Lima. – 2016.
272 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. George Leite Mamede.
Coorientação: Prof. Dr. Iran Eduardo Lima Neto.
1. Enquadramento de corpos d'água. 2. Comissão gestora de sistemas hídricos. 3. Modelo QUAL-UFGM. 4. Modelo QUAL-HIDROSED. I. Título.

CDD 630

BERTHYER PEIXOTO LIMA

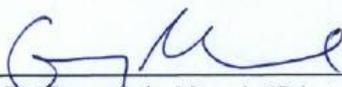
ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA NO NORDESTE BRASILEIRO
COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: O
CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA ACARAPE DO MEIO - CE

Tese apresentada à Coordenação do Curso
de Pós-graduação em Engenharia Agrícola
da Universidade Federal do Ceará como
requisito para a obtenção do grau de Doutor
em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. George Leite Mamede

APROVADA EM: __29__/_07__/_2016

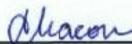
BANCA EXAMINADORA



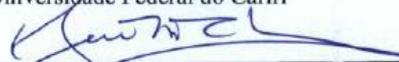
Prof., Dr. George Leite Mamede (Orientador)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira



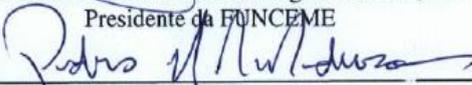
Prof. Iran Eduardo Lima Neto, PhD. (Co-orientador)
Universidade Federal do Ceará



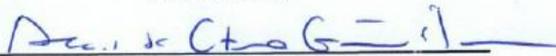
Profa. Suely Salgueiro Chacon, Dra.
Universidade Federal do Cariri



Prof. Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martin, Dr.
Presidente da FUNCEME



Prof. Pedro Henrique Augusto Medeiros, Dr.
(Examinador)



Alceu de Castro Galvão Júnior, Dr.
(Examinador)

Dedico este trabalho:

A Deus, como parte da minha essência.

À minha família, em especial à minha esposa por toda renúncia e apoio, aos meus dois filhos amados, Mariana Peixoto e Pedro Cândido e à minha Mãe Maria do Carmo que me permitiu chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Por algo inexplicável que nos faz ser e que o homem chama de Deus.

À minha família que me ensinou a lutar o bom combate sem nunca desistir, em especial à minha Mãe, ao meu Pai *in memoriam* e irmãos, à minha muito amada esposa Eliane e aos meus dois sonhos, Mariana e Pedro.

Aos amigos que participaram direta ou indiretamente para a consolidação dessa conquista: à Francimeyre pela labuta na coleta das amostras, aos amigos e irmãos Deilton e Alexandre Roberto pela incomensurável ajuda de campo, aos motoristas Ericson, Augusto e Neto por garantirem nossa segurança nas viagens, ao Walt Disney por toda força e empenho, ao Gesteira pela sua prestatividade, à Débora Barboza, mais do que uma amiga uma irmã, aos colegas e professores do Departamento de Engenharia Agrícola por todos esses anos de estudo e estima, ao professor Iran Neto, que soube ser muito mais do que um catedrático, mas um profundo e generoso amigo, ao professor Pedro Henrique por sua eterna alegria, à Patrícia, Márcia Caldas e Krishna pelas calorosas reuniões no Comitê e na Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio, ao professor José Carlos Araújo pelas imensas contribuições e a quem tenho muita estima, ao Arthur Jordan que muito me ensinou e à Michelle Mourão por sempre ter acreditado nesse projeto.

Ao Comitê da Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza e à Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio pela perseverança.

À Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, em nome de Francisco José Coelho Teixeira pela autorização em fazer um doutorado cujo objetivo era enaltecere tão nobre companhia e poder contribuir com o avanço na questão da implantação de mais um instrumento de gestão e à Débora Rios, Diretora de Operações pela paciência e apoio.

E em especial ao meu Orientador, George Leite Mamede, bússola que indicava precisamente o caminho a ser percorrido com extrema paciência, humildade e confiança, serei eternamente grato.

RESUMO

O Estado do Ceará tornou-se um divisor de águas na gestão dos recursos hídricos no Brasil, dentre outros motivos, por ter sido um dos Estados pioneiros na homologação da lei estadual de recursos hídricos, e por ter vivenciado a primeira experiência no Brasil em cobrança pelo uso da água bruta. No entanto, todo esse enorme avanço não foi suficiente para implementar um dos mais importantes instrumentos de gestão, o enquadramento dos corpos d'água, o instrumento de gestão mais preciso para interligar a gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental. O desinteresse e as dificuldades para se implementar o enquadramento na região semiárida e nordeste do Brasil reside no fato de que o recurso hídrico disponibilizado é oriundo de água estocada por rios intermitentes que correm em incertos quatro meses do ano; por vácuos de políticas públicas que ainda permitem que a ausência de saneamento básico transforme os reservatórios em armazéns de efluentes não tratados; e por falta de uma metodologia pragmática que possa estimular órgãos colegiados de recursos hídricos a implementar esse instrumento. Mesmo com a resolução CONAMA 357/2005 e a resolução do CNRH nº 91/2008, que definem os padrões de qualidade e um fluxograma com procedimentos para implementação do enquadramento, ainda assim essas ferramentas são ineficazes para a região semiárida, cuja única certeza é a de períodos de escassez hídrica. Esta pesquisa veio propor uma metodologia diferenciada, inovando no eixo social ao se trabalhar com Comissões Gestoras de Sistemas Hídricos, ao invés de simples consultas públicas, bem como com a criação de um Grupo de Trabalho dentro do Comitê de Bacia Hidrográfica, como um braço do próprio comitê, e disponibilizar ferramentas científicas que pudessem auxiliar no processo de diagnóstico, prognóstico e acompanhamento das metas intermediárias e final. Para a modelagem da qualidade de água do Rio Pacoti utilizou-se o modelo QUAL-UFGM, o qual foi calibrado e validado a partir de dados de monitoramento de OD, DBO, Fósforo e Coliformes Termotolerantes em seções de controle. Para a modelagem da qualidade de água no açude Acarape do Meio, um inovador modelo denominado de QUAL-HIDROSED foi proposto com foco na simulação do parâmetro fósforo total. O diagnóstico revelou que todo o trecho do Rio Pacoti, com exceção da nascente, e o reservatório Acarape do Meio, se encontram na classe 4. Um dos mais importantes produtos desta pesquisa foi a aprovação, pelo Comitê de Bacias, da proposta de enquadramento para um reservatório no nordeste do Brasil, em função de um volume

mínimo armazenado e da máxima carga de fósforo que aporta no mesmo. Recentemente, esta proposta de enquadramento foi ao Conselho de Recursos Hídricos do Ceará como a primeira experiência em enquadramento de corpos d'água no nordeste brasileiro.

Palavras-chave: Enquadramento de corpos d'água, Nordeste brasileiro, Comissão Gestora de Sistemas Hídricos, Modelo QUAL-UFGM, Modelo QUAL-HIDROSED.

ABSTRACT

The State of Ceará has become a watershed in the management of water resources in Brazil, for being one of the first States in the approval of the state law of water resources, and for having the first experience in Brazil in charging for using gross water. However, this huge breakthrough was not enough to implement one of the most important management tools, the framework of water bodies, the more precise tool to link water resources and environmental managements. The disinterest and difficulties to implement the framework in the semiarid region and Brazil of northeast lies in the fact that the available water is derived from stored water by intermittent rivers that flow in uncertain four months of the year; lack of public policies that still allow the absence of sanitation transform their reservoirs in warehouses of untreated effluents; and a lack of a pragmatic methodology that can stimulate collegiate bodies of water resources to implement this instrument. Even with the 357/2005 CONAMA resolution and the 91/2008 CNRH resolution, which define quality standards and a flowchart with procedures for implementing the framework, these tools are still ineffective in the semiarid region, whose only certainty is periods of water scarcity. This research has proposed a challenging and different methodology, which innovates in the social axis when working with Water System Managing Committees rather than simple public consultations, with the creation of a Working Group within the Basin Committee, as an arm of itself, and provide scientific tools that can assist in the process of diagnosis, prognosis and monitoring of goals. For the modeling of water quality at the Pacoti River the QUAL-UFGM model was used, taking into account monitoring data of DO, BOD, phosphorus and coliform thermotolerant at the control sections for its calibration and validation. For the modeling of water quality at the Acarape reservoir, an innovative model called QUAL-HIDROSED was proposed with focus on the simulation of the total phosphorus parameter. The diagnosis revealed that the entire stretch of the Pacoti River and the reservoir are in class 4. One of the most important products of this research was the approval by the Basin Committee, of the first framework proposal for a reservoir in the northeast region, depending on the storage volume and phosphorus load. Recently, this framework proposal was submitted to the Water Resources Council of the State of Ceará as the first experience in framing of water bodies in the Brazilian northeast region.

Keywords: Placement of water bodies. Brazilian Northeast region, Water Systems Management Committee , Model QUAL-UFMG, Model QUAL-HIDROSED.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-FLUXOGRAMA IMPLEMENTADO PARA ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA NO NORDESTE BRASILEIRO E SEMIÁRIDO.....	28
FIGURA 2-LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
FIGURA 3-NOVA DELIMITAÇÃO DA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE.....	30
FIGURA 4-DORMENTES DA LINHA FÉRREA USADOS NA CONSTRUÇÃO DO AÇUDE E OS RESQUÍCIO ENCONTRADOS	31
FIGURA 5-CONDIÇÃO VISUAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO EM SETEMBRO DE 2012.....	32
FIGURA 6-BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO COM AS DIVISÕES MUNICIPAIS.....	33
FIGURA 7-MAPA DE VEGETAÇÃO.....	34
FIGURA 8-MAPA DE GEOLOGIA DA BACIA	34
FIGURA 9-MAPA DA CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS.....	35
FIGURA 10-ETAPAS DO PROCESSO DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA - FLUXOGRAMA ANA	37
FIGURA 11-SEÇÕES DE MONITORAMENTO NO RIO PACOTI E NOS RIACHOS CANABRAVA, BRENHA E CALÇÃO.....	42
FIGURA 12-SEÇÃO PERNAMBUQUINHO - PRIMEIRA SEÇÃO DO RIO PACOTI.....	43
FIGURA 13-ETE PERNAMBUQUINHO - ATUALMENTE DESATIVADA.....	44
FIGURA 14-SEÇÃO PACOTI - NA SAÍDA DO MUNICÍPIO HOMÔNIMO.....	44
FIGURA 15-SEÇÃO JORDÃO - TERCEIRA SEÇÃO DO RIO PACOTI - ÁREA AGRÍCOLA.....	45
FIGURA 16-CULTIVO DE CHUCHU PRÓXIMO À SEÇÃO JORDÃO	46
FIGURA 17-SEÇÃO CANADÁ - NA ENTRADA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO.....	47
FIGURA 18-SEÇÃO BRENHA - RIACHO HOMÔNIMO - CHUVA DE 2013.....	48
FIGURA 19-SEÇÃO CALÇÃO - RIACHO HOMÔNIMO	48
FIGURA 20-SEÇÃO SACO DO VENTO - RIACHO CANABRAVA - ENTRADA DO AÇUDE ACARAPE - CHUVA DE 2013.....	49
FIGURA 21-MEDIÇÃO DE VAZÃO NAS SEÇÕES UTILIZANDO O MEDIDOR FLOWTRACKER	51
FIGURA 22-RÉGUAS LIMINIMÉTRICAS UTILIZADAS PARA LEITURAS DE LÂMINAS D'ÁGUA	51
FIGURA 23-COLETA DE ÁGUA NAS SEÇÕES.....	52
FIGURA 24-ETIQUETAMENTO DAS AMOSTRAS PARA O LABORATÓRIO.....	52
FIGURA 25-DETALHE DO USO DA Sonda PARAMÉTRICA NAS SEÇÕES	53
FIGURA 26-LOCALIZAÇÃO DAS QUATRO ETE'S NA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO.....	54
FIGURA 27-ETE 13 DE MAIO NO MUNICÍPIO DE PACOTI, À MONTANGE DA SEÇÃO PACOTI	54
FIGURA 28-ETE PAU DO ALHO - NA ENTRADA DO MUNICÍPIO DE PACOTI.....	55
FIGURA 29-PONTOS DE COLETA DA REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA COGERH NA BACIA HIDRÁULICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO.....	56
FIGURA 30-PONTOS DE COLETA ESCOLHIDA PELA PESQUISA NA BACIA HIDRÁULICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO - DESTAQUE PARA O PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CAGECE	56
FIGURA 31-DETALHE DO USO DA Sonda PARAMÉTRICA NA BACIA HIDRÁULICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO.....	57
FIGURA 32-COLETA DO SEDIMENTO DE FUNDO PELA GARRAFA DE VAN VEEN	58

FIGURA 33-PONTOS LEVANTADOS EM GPS PARA DETERMINAR O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	59
FIGURA 34-MAPA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO - ANO 2013	60
FIGURA 35-PLANTIO DE BANANA NO ENTORNO DA BACIA HIDRÁULICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO.....	61
FIGURA 36-MAPA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O ANO DE 1985.....	62
FIGURA 37-DIAGRAMA UNIFILAR DO RIO PACOTI	75
FIGURA 38-DADOS DE ENTRADA DO MODELO QUAL-UFMG	78
FIGURA 39-ENTRADA DO DADO DE POLUIÇÃO PONTUAL - ETE 13 DE MAIO	79
FIGURA 40-USO DA FERRAMENTA SOLVER PARA O AJUSTE DO COEFICIENTE K1	81
FIGURA 41-CÁLCULO DO COEFICIENTE NASH-SUTCLIFFE.....	82
FIGURA 42-LIMITE DOS VALORES DOS COEFICIENTES DA PLANILHA QUAL-UFMG	82
FIGURA 43-VALORES DE K2 BASEADOS EM DADOS HIDRÁULICOS	83
FIGURA 44-GRÁFICO K2 X Q.....	83
FIGURA 45-CORRELAÇÃO OD X PTOTAL	85
FIGURA 46-CORRELAÇÃO CLOROFILA (A) X PTOTAL.....	85
FIGURA 47-CORRELAÇÃO ENTRE CLOROFILA (A) X SÓLIDOS TOTAIS.....	86
FIGURA 48-CONEXÃO ENTRE OS MODELOS QUAL-UFMG E QUAL-HIDROSED.....	87
FIGURA 49-CURVA AJUSTADA PARA O SEMIÁRIDO DO COEFICIENTE KS.....	88
FIGURA 50-CLASSIFICAÇÃO DE UM CORPO HÍDRICO QUANTO AO ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO E SUA CORRELAÇÃO COM A CLASSE DE ENQUADRAMENTO, CONFORME CONAMA 357/2005	92
FIGURA 51-REUNIÃO DO CBH-RMF - CRIAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO	95
FIGURA 52-PRIMEIRA REUNIÃO DO GRUPO DE TRABALHO.....	98
FIGURA 53-QUINTA REUNIÃO DO GRUPO DE TRABALHO.....	101
FIGURA 54-REUNIÃO NA COMISSÃO GESTORA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO.....	103
FIGURA 55-NOVO FLUXOGRAMA PARA O PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA	104
FIGURA 56-PRIMEIRA DISCUSSÃO DE APRECIÇÃO DA PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO PELO CBH-RMF	106
FIGURA 57-SEGUNDA APRECIÇÃO E APROVAÇÃO DA PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA DA BACIA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO PELO CBH-RMF	107
FIGURA 58-LOCALIZAÇÃO DAS OITO SEÇÕES DE MONITORAMENTO NA BACIA HIDRÁULICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO.....	109
FIGURA 59-PRECIPITAÇÃO NO POSTO DE GUARAMIRANGA PARA OS ANOS DE 2013 E 2014	112
FIGURA 60-GRÁFICO DAS VAZÕES MÉDIAS POR SEÇÃO DE CONTROLE NO RIO PACOTI	112
FIGURA 61-GRÁFICO DA CURVA-CHAVE DA SEÇÃO PERNAMBUQUINHO	113
FIGURA 62-ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE PACOTI.....	114
FIGURA 63-ETE 13 DE MAIO DA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ (CAGECE).....	115
FIGURA 64-DETALHE DO RIO PACOTI NO TRECHO À JUSANTE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE PACOTI.....	115
FIGURA 65-DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PACOTI APÓS A ETE 13 DE MAIO	116
FIGURA 66-GRÁFICO DA CURVA-CHAVE DA SEÇÃO DE CONTROLE PACOTI	116
FIGURA 67-GRÁFICO DA CURVA-CHAVE DA SEÇÃO JORDÃO	117
FIGURA 68-ATIVIDADE PECUÁRIA E ÁREAS DEGRADAS PARA USO DA AGRICULTURA DE SEQUEIRO	118

FIGURA 69-DESMATAEMNTO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO COM INCLINAÇÃO SUPERIOR A 45°	119
FIGURA 70-CURVA-CHAVE DA SEÇÃO CANADÁ	120
FIGURA 71-CURVA-CHAVE DA SEÇÃO BRENHA	121
FIGURA 72-CURVA-CHAVE DA SEÇÃO CALÇÃO	122
FIGURA 73-CURVA-CHAVE DA SEÇÃO SACO DO VENTO	123
FIGURA 74-LOCALIZAÇÃO DAS QUATRO ETE'S NA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO.....	124
FIGURA 75-ETE PERNAMBUQUINHO NO MUNICÍPIO DE GUARAMIRANGA.....	124
FIGURA 76-ETE PAU DO ALHO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE PACOTI.....	125
FIGURA 77-DETALHE DO PONTO DE LANÇAMENTO DO EFLUENTE DA ETE PAU DO ALHO	125
FIGURA 78-ETE 13 DE MAIO LOCALIZADA NA SAÍDA DA CIDADE DE PACOTI.....	126
FIGURA 79-DETALHE DA VAZÃO DO EFLUENTE DA ETE 13 DE MAIO LANÇADO NO RIO PACOTI.....	126
FIGURA 80-DETALHE DA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO PACOTI APÓS RECEBER O EFLUENTE DA ETE 13 DE MAIO	127
FIGURA 81-MATÉRIA DO JORNAL O POVO NO DIA 09 DE MAIO DE 2016 DENUNCIANDO A ETE 13 DE MAIO COMO AGENTE POLUIDOR	128
FIGURA 82-ETE NO MUNICÍPIO DE PALMÁCIA. LANÇA SEU EFLUENTE NO RIACHO CANABRAVA	129
FIGURA 83-DETALHE DOS PONTOS DE CONTROLE E COLETA DE ÁGUA NA BACIA HIDRÁULICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO.....	132
FIGURA 84-PRECIPITAÇÃO NO POSTO PLUVIOMÉTRICO DE PACOTI - 2014.....	134
FIGURA 85-VAZÕES DE ENTRADA NO AÇUDE ACARAPE DO MEIO PELO RIO PACOTI 2014	134
FIGURA 86-GARRAFA DE VAN DORN PARA COLETAS DE ÁGUA A 0,5 M DA SUPERFÍCIE E 0,5 M DO FUNDO	136
FIGURA 87-COLETA DO SEDIMENTO DE FUNDO COM A GARRAFA DE VAN VEEN	136
FIGURA 88-ÁREA OCUPADA POR CADA SEÇÃO DE CONTROLE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO	139
FIGURA 89-EVOLUÇÃO DO APORTE HÍDRICO PARA O CEARÁ DESDE O ANO DE 1986 A 2016	142
FIGURA 90-REBANHO BOVINO/EQUINO NOS MUNICÍPIOS QUE COMPÕE A BACIA DO AÇUDE ACARAPE.....	143
FIGURA 91-REBANHO SUÍNO NOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO	143
FIGURA 92-REBANHO OVINO/CAPRINO DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO	143
FIGURA 93-REBANHO AVÍCOLA DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO.....	144
FIGURA 94-REDUÇÃO DA ÁREA PLANTADA DE ARROZ ENTRE OS ANOS DE 2011 A 2014	146
FIGURA 95-ÁREA PLANTADA DE MILHO ENTRE OS ANOS DE 2011 A 2014 NA BACIA DO ACARAPE DO MEIO.....	146
FIGURA 96-ÁREA PLANTADA DE CANA-DE-AÇUCAR ENTRE OS ANOS DE 2011 A 2014.....	147
FIGURA 97-USO DE AGROTÓXICO PARA O COMBATE À BROCA DO CHUCHU	148
FIGURA 98-SISTEMA DE IRRIGAÇÃO SEM MANEJO OU CONTROLE DE LÂMINA DE ÁGUA APLICADA	149
FIGURA 99-LIXÃO A CÉU ABERTO DESATIVO NA NASCENTE DO RIACHO CANABRAVA - PALMÁCIA	149

FIGURA 100-PLANTIO DE GRAMÍNEA NA ÁREA DO LIXÃO DESATIVADO DO MUNICÍPIO DE PALMÁCIA	150
FIGURA 101-NASCENTE DO RIACHO CANABRAVA COM DESMATAMENTO E PRÁTICA DE QUEIMADA	150
FIGURA 102-MATADOURO CLANDESTINO NO MUNICÍPIO DE PALMÁCIA	151
FIGURA 103-MATADOURO PÚBLICO DA CIDADE DE PALMÁCIA	151
FIGURA 104-FONTES POLUIDORAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO.....	152
FIGURA 105-GADO SOLTO NAS ÁREAS DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO ACARAPE DO MEIO.....	152
FIGURA 106-CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS D'ÁGUA NA BACIA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO, CONFORME RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 PARA O PARÂMETRO FÓSFORO	153
FIGURA 107-VAZÃO NA SEÇÃO PERNAMBUQUINHO NO PERÍODO DE MARÇO A MAIO DE 2014.....	160
FIGURA 108-VAZÃO DA SEÇÃO PACOTI NO PERÍODO DE MARÇO A MAIO DE 2014	160
FIGURA 109-VAZÃO DA SEÇÃO JORDÃO NO PERÍODO DE MARÇO A MAIO DE 2014.....	161
FIGURA 110-VAZÃO NA SEÇÃO CANADÁ NO PERÍODO DE MARÇO A MAIO DE 2014.....	161
FIGURA 111-VAZÕES MÉDIAS DAS SEÇÕES PARA O PERÍODO CHUVOSO DE 2014.....	162
FIGURA 112-ENTRADA INICIAL DOS DADOS MÉDIOS NA PLANILHA QUAL-UFGM.....	162
FIGURA 113-RELAÇÃO U X Q E OBTENÇÃO DOS COEFICIENTES "A" E "B"	163
FIGURA 114-RELAÇÃO Y X Q E OBTENÇÃO DOS COEFICIENTES "C" E "D"	163
FIGURA 115-DETALHE DO PREENCHIMENTO DOS COEFICIENTES "A", "B", "C" E "D" NO MODELO QUAL-UFGM	164
FIGURA 116-DETALHE DO PREENCHIMENTO DAS CÉLULAS DO QUAL-UFGM.....	165
FIGURA 117-ENTRADA DO VALOR K2 NA PLANILHA QUAL-UFGM	166
FIGURA 118-AJUSTE DO K1, COM VALOR DE NS DE 0,56.....	167
FIGURA 119-RESULTADO DA MODELAGEM PARA O OD	168
FIGURA 120-COEFICIENTES KD E KS AJUSTADOS COM VALORES DE NS CLASSIFICADOS COMO MUITO BONS.....	169
FIGURA 121-RESULTADO DA CALIBRAÇÃO DOS COEFICIENTES KD E KS NA MODELAGEM DA DBO.....	170
FIGURA 122-VALORES DE KSPO E KOI E DE NS PARA FÓSFORO TOTAL E FRAÇÕES	171
FIGURA 123-GRÁFICO DA CALIBRAÇÃO DO FÓSFORO TOTAL E FRAÇÕES.....	172
FIGURA 124-DETALHE DE KB PARA CALIBRAÇÃO DO PARÂMETRO COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	172
FIGURA 125-GRÁFICO PARA CALIBRAÇÃO DO PARÂMETRO COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	173
FIGURA 126-DADOS MÉDIOS DE ENTRADA PARA O ANO DE 2014	174
FIGURA 127-DADOS MÉDIOS DE ENTRADA PARA O ANO DE 2013	174
FIGURA 128-PREENCHIMENTO DA PLANILHA QUAL-UFGM PARA OS DADOS DE 2013 - VALIDAÇÃO	175
FIGURA 129-RESULTADO DO NS PARA A VALIDAÇÃO DO OD.....	176
FIGURA 130-GRÁFICO DE OD PELO MODELO QUAL-UFGM - VALIDAÇÃO.....	176
FIGURA 131-RESULTADOS DO NS PARA A VALIDAÇÃO DA DBO	177
FIGURA 132-GRÁFICO GERADO PELO MODELO QUAL-UFGM PARA A DBO	177
FIGURA 133-RESULTADO DO COEFICIENTE NS PARA FÓSFORO TOTAL E FRAÇÕES	178
FIGURA 134- GRÁFICO GERADO PELO MODELO QUAL-UFGM PARA VALIDAÇÃO DO FÓSFORO	178
FIGURA 135-RESULTADO DO COEFICIENTE NS PARA COLIFORMES TERMOTOLERANTES	179

FIGURA 136-GRÁFICO DO MODELO QUAL-UFMG PARA O PARÂMETRO COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	179
FIGURA 137-AMBIENTE DA PLANILHA QUAL-HIDROSED	181
FIGURA 138-VALIDAÇÃO DO MODELO QUAL-HIDROSED A PARTIR DO COEFICIENTE AJUSTADO KS PARA O AÇUDE ACARAPE DO MEIO EM CONDIÇÕES DE SEMIÁRIDO	182
FIGURA 139-CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO PARA DIFERENTES VOLUMES DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO - MODELO QUAL-HIDROSED	183
FIGURA 140-CENÁRIO PARA A CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO NO AÇUDE ACARAPE DO MEIO PARA UMA CARGA DE FÓSFORO NA ORDEM DE 5,48 TON/ANO.....	184
FIGURA 141-CENÁRIO PARA A CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO NO AÇUDE ACARAPE DO MEIO PARA UMA CARGA DE FÓSFORO NA ORDEM DE 1,37 TON/ANO.....	185
FIGURA 142-CARGA DE ENTRADA DE FÓSFORO X CONCENTRAÇÃO FINAL NO RESERVATÓRIO PARA VÁRIOS VOLUMES ARMazenADOS - PLANILHA QUAL- HIDROSED.....	186
FIGURA 143-SIMULAÇÃO DO CENÁRIO I - AUMENTO DA CARGA DE FÓSFORO EM 15% EM 10 ANOS	188
FIGURA 144-MODELO QUAL-HIDROSED PARA VALORES SIMULADOS DO QUAL-UFMG PARA UMA REDUÇÃO DA CARGA DE FÓSFORO EM 50%	189
FIGURA 145-RESULTADO DA CONCENTRAÇÃO FINAL DE FÓSFORO NO AÇUDE PARA A SIMULAÇÃO DO CENÁRIO II	190
FIGURA 146-SIMULAÇÃO DO QUAL-HIDROSED PARA O CENÁRIO III, A PARTIR DA SIMULAÇÃO DO QUAL-UFMG.....	192
FIGURA 147-SIMULAÇÃO DO CENÁRIO III COM ENTRADA DE FÓSFORO EM 2,0 TON/ANO - MODELO QUAL-HIDROSED.....	193

LISTA DE TABELAS

TABELA 1-LOCALIZAÇÃO EM UTM (ZONA 24) DAS SEÇÕES.....	50
TABELA 2-ÁREA DAS SEÇÕES EM RELAÇÃO A ÁREA DOS MUNICÍPIOS E DA BACIA HIDROGRÁFICA	61
TABELA 3-CARGA PER CAPITA DE NUTRIENTES.....	64
TABELA 4-EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO	65
TABELA 5-QUANTIDADE DE DEJETOS PRODUZIDOS POR CADA ESPÉCIE DE ANIMAL.....	66
TABELA 6-PERCENTUAL MÉDIO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NOS DEJETOS PRODUZIDOS POR CADA TIPO DE REBANHO.....	67
TABELA 7-NECESSIDADE NUTRICIONAL DE ALGUMAS CULTURAS CULTIVADAS NO CEARÁ.....	67
TABELA 8-PERCENTUAL DE PERDA DE NUTRIENTES PELOS SOLOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES	68
TABELA 9-PERCENTUAL DE PERDA DE NUTRIENTES POR CULTIVO	69
TABELA 10-FAIXA DE VALORES DE KS.....	73
TABELA 11-ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE RUGOSIDADE (N).....	77
TABELA 12-LEITURA DA LÂMINA ESCOADA, VAZÃO DA SEÇÃO CANADÁ E SEUS VALORES HIDRÁULICOS.....	77
TABELA 13-INTERVALO DE VALORES ADMITIDOS PARA OS COEFICIENTES PARA O MODELO QUAL-UFMG	81
TABELA 14-QUALIDADE DE ÁGUA DAS SEÇÕES DE CONTROLE E MONITORAMENTO NO TRECHO DO RIO PACOTI PARA PERÍODO CHUVOSO DE 2013 E 2014. AS SEÇÕES ESTÃO ORDENADAS NO SENTIDO DA ÁGUA.....	111
TABELA 15-QUALIDADE DE ÁGUA DAS SEÇÕES DE CONTROLE E MONITORAMENTO NOS RIACHOS NA BACIA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO PARA PERÍODO CHUVOSO DE 2013 E 2014.....	112
TABELA 16-MÉDIA ARITMÉTICA DOS VALORES DOS PARÂMETROS QUÍMICOS NAS ETE'S - ANO 2014	130
TABELA 17-DADOS MENSIS DE QUALIDADE DOS EFLUENTES DAS ETE'S PAU DO ALHO E 13 DE MAIO EM PACOTI, E DA ETE PALMÁCIA ENTRE OS MESES DE FEVEREIRO A ABRIL DE 2014.....	130
TABELA 18-DADOS MENSIS DE QUALIDADE DOS EFLUENTES DAS ETE'S PAU DO ALHO E 13 DE MAIO EM PACOTI, E DA ETE PALMÁCIA ENTRE OS MESES DE MAIO A JULHO DE 2014.....	130
TABELA 19-VALORES DE FÓSFORO TOTAL EM MG/L PARA OS PONTOS DE COLETA 2, 3, 4, 5 E 9 NO AÇUDE ACARAPE DO MEIO ENTRE OS MESES DE JANEIRO A JUNHO DE 2014	133
TABELA 20-DADOS DE FÓSFORO TOTAL, OD E DBO PARA O PONTO DE COLETA 9 A UMA PROFUNDIDADE DE 0,3 M	133
TABELA 21-ÁREAS DAS SEÇÕES EM RELAÇÃO ÀS ÁREAS DOS MUNICÍPIOS E DA BACIA HIDROGRÁFICA	138
TABELA 22-POPULAÇÃO URBANA E RURAL DA BACIA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO..	140
TABELA 23-DISTRIBUIÇÃO ESTIMADA DA POPULAÇÃO ENTRE ESGOTO BRUTO, FOSSA RUDIMENTAR, FOSSA SÉPTICA E LIGADO À REDE DE ESGOTO PARA O ANO DE 2010	141
TABELA 24-POPULAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA QUANTO AO TIPO DE EFLUENTE GERADO	141

TABELA 25-ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO RURAL QUE APRESENTA ESGOTO BRUTO, FOSSA RUDIMENTAR, FOSSA SÉPTICA E A POPULAÇÃO LIGADA À REDE PÚBLICA DE ESGOTO PARA A SUB-BACIA DO RIACHO SALGADO NA SEÇÃO CANADÁ	142
TABELA 26-REBANHO BOVINO/EQUINO PARA O ANO DE 2009 A 2014.....	145
TABELA 27-REBANHO SUÍNO PARA O ANO DE 2009 A 2014.....	145
TABELA 28-REBANHO OVINO/CAPRINO PARA O ANO DE 2009 A 2014	145
TABELA 29-NÚMERO DE ANIMAIS AVÍCOLAS PARA O ANO DE 2009 A 2014	145
TABELA 30-ÁREA PLANTADA POR CULTURA EM CADA MUNICÍPIO DA BACIA DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO PARA O ANO DE 2014	147
TABELA 31-PRODUÇÃO DE FÓSFORO PARA A ATIVIDADE DOMÉSTICA CONSIDERANDO ETE SECUNDÁRIA COM CAPACIDADE DE REMOÇÃO DE FÓSFORO EM ATÉ 20%	155
TABELA 32-ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DA CARGA DE FÓSFORO NA BACIA PARA A ATIVIDADE PECUÁRIA CONSIDERANDO A UNIDADE ANIMAL	155
TABELA 33-ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DA CARGA DE FÓSFORO PARA A AGRICULTURA	156
TABELA 34-ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DA CARGA DE FÓSFORO PARA A ATIVIDADE DOMÉSTICA NA SUB-BACIA DO RIACHO SALGADO	158
TABELA 35-ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DA CARGA DE FÓSFORO PARA A ATIVIDADE PECUÁRIA NA SUB-BACIA DO RIACHO SALGADO	158
TABELA 36-ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DA CARGA DE FÓSFORO PARA A ATIVIDADE AGRÍCOLA NA SUB-BACIA DO RIACHO SALGADO.....	158
TABELA 37-ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DA CARGA DE FÓSFORO POR ATIVIDADE PARA A SUB-BACIA DO RIACHO SALGADO.....	159
TABELA 38-DETERMINAÇÃO DO VALOR K2.....	166

Sumário

1 - INTRODUÇÃO	4
1.1– Considerações gerais.....	4
1.2 – Objetivos e hipóteses	6
1.2.1 – Objetivo geral	6
1.2.2 – Objetivos específicos	7
1.2.3 – Hipóteses.....	7
2 – REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1 – A Gestão Participativa e o enquadramento de corpos d’água.....	8
2.1.1 – Histórico da gestão participativa na gestão dos recursos hídricos.	8
2.1.2 – O Enquadramento participativo	11
2.2 – O aparato jurídico do enquadramento e a experiência no Nordeste	13
2.2.1 – Legislação Nacional sobre enquadramento dos corpos d’água	13
2.2.2 – Legislação Estadual no contexto do Nordeste do Brasil	14
2.2.2.1 - Alagoas	14
2.2.2.2 - Bahia.....	15
2.2.2.3 - Ceará	15
2.2.2.4 - Maranhão.....	16
2.2.2.5 - Paraíba	16
2.2.2.6 - Pernambuco	17
2.2.2.7 – Piauí.....	17
2.2.2.8 – Rio Grande do Norte	18
2.2.2.9 - Sergipe.....	18
2.3 – Modelagem, qualidade da água e enquadramento de corpos hídricos	18
2.4 – Parâmetros de qualidade	22
2.4.1 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	23
2.4.2 – Oxigênio Dissolvido (OD).....	23
2.4.3 – Fósforo.....	24
2.4.4 – Coliformes Termotolerantes	24
3 – MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 – Área de estudo	29
3.1.1 – Escolha da área.....	29
3.1.2 – Caracterização da Bacia do Açude Acarape do Meio	33
3.2 – Participação social no processo de enquadramento.	35

3.2.1 – Procedimento legal do enquadramento com inovações.	35
3.2.2 – Construção do processo participativo para o enquadramento.	39
3.3 – Monitoramento de qualidade de água.	41
3.3.1 – Monitoramento de qualidade de água na rede de drenagem.....	42
3.3.2 – Monitoramento de qualidade dos efluentes nas Estações de Tratamento de Esgoto da bacia.	53
3.3.3 – Monitoramento de qualidade de água no reservatório Acarape do Meio	55
3.4 – Diagnóstico da bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio.	58
3.5 – Estimativa da carga de nutrientes produzidos na bacia.....	63
3.5.1 – Estimativa da carga de fósforo na bacia hidrográfica	63
3.5.2 – Estimativa do coeficiente da carga de fósforo doméstica	64
3.5.3 – Estimativa dos coeficientes das Cargas Difusas de Nutrientes	65
3.5.3.1 – Estimativa do coeficiente da carga de nutrientes da pecuária	65
3.5.3.2 – Estimativa da carga de nutrientes das áreas agrícolas.....	67
3.5.3.3 - Estimativa da concentração de fósforo na bacia hidráulica a partir da carga afluente estimada de fósforo.....	69
3.6 – Modelagem da qualidade de água no Rio Pacoti.....	70
3.6.1 – Modelo QUAL-UFGM.....	70
3.6.1.1 – Cinética da desoxigenação ou matéria orgânica - DBO	71
3.6.1.2 – Cinética do Oxigênio Dissolvido (OD)	73
3.6.1.3 – Cinética do fósforo orgânico e inorgânico	73
3.6.1.4 – Cinética dos Coliformes Termotolerantes.....	74
3.6.2 – Diagrama UNIFILAR e determinação dos coeficientes hidráulicos do QUAL-UFGM.	75
3.6.3 – Modelagem de parâmetros de qualidade de água	77
3.6.4 – Calibração do modelo QUAL-UFGM.	79
3.6.5 – Validação do modelo QUAL-UFGM.	84
3.7 – Modelagem da qualidade de água no Reservatório Acarape do Meio – Modelo QUAL-HIDROSED.....	84
3.8 – Definição de cenários de qualidade de água futuros	89
3.9 – Correlação com o Estado Trófico do Reservatório.....	90
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
4.1 – Participação social no processo de enquadramento.	93
4.1.1 – Grupo de Trabalho específico para o enquadramento	95
4.1.2 – Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio	101

4.1.3 – Comitê da Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF).	105
4.2 – Monitoramento da qualidade da água.....	108
4.2.1 – Monitoramento de qualidade de água na rede de drenagem.....	110
4.2.1.1 – Seção Pernambuquinho	111
4.2.1.2 – Seção Pacoti	113
4.2.1.3 – Seção Jordão.....	117
4.2.1.4 – Seção Canadá	118
4.2.1.5 – Seção Brenha.....	120
4.2.1.6 – Seção Calção.....	121
4.2.1.7 – Seção Saco do Vento	122
4.2.2 – Monitoramento de qualidade dos efluentes nas Estações de Tratamento de Esgoto da bacia do Açude Acarape do Meio.....	123
4.2.3 - Monitoramento de qualidade de água no reservatório Acarape do Meio.....	131
4.3 – Diagnóstico da bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio.	137
4.3.1 – Área de contribuição das seções da bacia do Açude Acarape do Meio.	137
4.3.2 – População urbana e rural na bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio.....	139
4.3.4 – Atividades Agropecuárias na bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio.	142
4.3.5 – Outras fontes poluidoras.....	149
4.3.6 – Classificação dos corpos hídricos pela resolução CONAMA 357/05	153
4.4 – Estimativa de Carga de Nutrientes Produzida na Bacia.	154
4.4.1 – Estimativa da carga doméstica de nutrientes na bacia hidrográfica.	155
4.4.2 – Estimativa da carga de nutrientes da pecuária na bacia hidrográfica.	155
4.4.3 – Estimativa da carga de nutrientes das áreas agrícolas.....	156
4.4.4 – Estimativa da concentração de fósforo no açude Acarape do Meio a partir da carga estimada.	156
4.4.5 – Estimativa da carga de fósforo anual na sub-bacia do Riacho Salgado.	157
4.5 – Modelagem da qualidade da água no Rio Pacoti (QUAL-UFGM).....	159
4.5.1 – Vazão	159
4.5.2 – Variáveis de qualidade	162
4.5.3 – Calibração do modelo.....	165
4.5.3.1 – Oxigênio Dissolvido (OD).....	166
4.5.3.2 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	168
4.5.3.3 – Fósforo Total e suas frações.....	170
4.5.3.4 – Coliformes Termotolerantes (fecais).....	172

4.5.4 – Validação do modelo QUAL-UFMG	173
4.5.4.1 – Entrada dos dados iniciais para o ano de 2013	175
4.5.4.2 – Validação para o Oxigênio Dissolvido (OD)	175
4.5.4.3 – Validação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).	176
4.5.4.4 – Validação do Fósforo Total e suas frações.	177
4.5.4.5 – Validação para Coliformes Termotolerantes.	179
4.6 – Modelagem da qualidade de água no reservatório Acarape do Meio – QUAL-HIDROSED.....	180
4.7 – Definição de cenários de qualidade de água.....	187
4.7.1 - CENÁRIO I – Aumento da carga de fósforo aportada no reservatório em 15% para os próximos 10 anos.	187
4.7.2 - CENÁRIO II – Redução em 50% da carga de fósforo que aporta o reservatório para os próximos 10 anos (melhora na eficiência de remoção das ETE's em 50% e intervenções nas atividades agrícolas e ambientais com políticas públicas específicas.	188
4.7.3 - CENÁRIO III – Redução da carga de fósforo que aporta o reservatório em 85% para os próximos 20 anos. Implementação de ETE's terciárias com adoção de políticas públicas específicas.	190
4.8 – Correlação com o Estado Trófico do reservatório.....	194
5 - CONCLUSÃO	196
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	199
ANEXO A – MINUTA DE RESOLUÇÃO DE ENQUADRAMENTO.....	210
ANEXO B – Banco de outorgas e análise de qualidade da água e modelo de questionário aplicado.	220
ANEXO C – Atas do CBH-RMF, do GT de Enquadramento e da Comissão Gestora	231

1 - INTRODUÇÃO

1.1– Considerações gerais

A Região Nordeste do Brasil apresenta 62% do seu território encravado no semiárido e o estado do Ceará tem uma área equivalente a 86,68% com características climáticas de semiárido (Araújo, 2011).

No ano de 2005 um grupo de trabalho interministerial para a redelimitação do semiárido nordestino e do polígono das secas, promovido pelo Ministério da Integração Nacional, e composto por vários técnicos de vários órgãos nacionais, dentre eles a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, delimitou e definiu o semiárido como uma região climática caracterizada por três fatores de classificação: i) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; ii) índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 a 1990 e iii) risco de seca maior do que 60%, tomando por base o período entre 1970 a 1990, o que resultou na portaria interministerial nº 01 de 09 de março de 2005, que incluiu os municípios de Mulungu, Guaramiranga, Pacoti, Palmácia e Redenção como pertencentes ao semiárido, região onde se encontra a bacia hidrográfica do reservatório Acarape do Meio, objeto desta pesquisa (Ministério da Integração Nacional, 2005). No entanto o semiárido também apresenta temperaturas médias anuais entre 26⁰C a 28⁰C, com uma implacável evaporação potencial média anual na ordem de 2.700 a 3.300 mm (Molle, 1989), provocando um desequilíbrio arrasador no balanço hídrico dessa região, deixando-a vulnerável às recorrentes variações climáticas e a uma inerente fragilidade hídrica. Não se pode pensar, nem limitar o semiárido apenas como uma região natural, mas é necessário associar seu caráter político, social e econômico de forma específica (CAHACON, 2007).

A Região semiárida no Ceará se cristalizou no tempo como uma área de forte escassez hídrica, pobreza econômica e social, produção agropecuária instável e com baixos índices de produtividade na agricultura de sequeiro.

Algumas secas emblemáticas tornaram-se cicatrizes que não mais se apagarão, como a genocida seca de 1877 a 1879, e as secas de 1915 e 1932, que dizimaram um verdadeiro exército populacional, em sua grande maioria a população pobre sem

qualquer defesa, e que historicamente sempre esteve refém das eventualidades negativas ambientais e políticas.

Outrora o maior e mais insolúvel problema era a falta de água até mesmo para matar a sede. No entanto, o que se vê hoje, mesmo com essa midiática segurança hídrica anunciada e alicerçada sobre um arcabouço jurídico democrático, sobre arrojadas medidas estruturais e ousadas medidas não estruturais, é um quadro de incerteza na disponibilidade hídrica para as gerações futuras, principalmente devido ao aspecto qualitativo das águas.

Para equacionar tão voraz problema, foram criados instrumentos de gestão dos recursos hídricos, e dentre eles, destaca-se o *enquadramento dos corpos d'água*. Este é o instrumento responsável em estabelecer metas para garantir qualidade da água para os usos mais preponderantes. O enquadramento dos corpos d'água também se mostra como uma espécie de plataforma que sustenta os demais instrumentos de gestão dos recursos hídricos, pois a cobrança pelo uso da água bruta deveria levar em questão a sua classe de uso, da mesma forma a outorga de direito de uso deveria estar em função da classificação do corpo hídrico e o plano de bacias deveria conter a classificação dos corpos hídricos da bacia hidrográfica.

Sempre foi um tema desafiador a proposição de uma metodologia específica de enquadramento de corpos d'água para rio intermitente e principalmente para reservatório no Nordeste brasileiro e no semiárido, cujo único aporte hídrico se dá em poucos meses do ano, além do mais o rio afluente passa a ser, no período de estiagem, um canal condutor de esgoto, muitas vezes não tratado. Conforme o relatório de fiscalização de verificação do cumprimento dos planos municipais de saneamento básico no estado do Ceará (ARCE, 2014), ficou ressaltado que mais de 80% dos municípios no estado do Ceará não apresentam ainda sua efetiva política de saneamento básico implementada, comprometendo a qualidade dos corpos hídricos da região. Muitas pesquisas foram motivadas em estudar e analisar a aplicabilidade da resolução CONAMA 357/2005, que rege nacionalmente o processo de enquadramento como um instrumento capaz de ser efetivo para os limitantes corpos hídricos do Nordeste, com a participação da sociedade através dos seus órgãos colegiados, no sentido de poder propor uma inovadora e exequível metodologia de enquadramento.

A segurança hídrica proporcionada por esse novo modelo de gestão, implementado pelo governo do estado do Ceará ainda no ano de 1987, levou a uma inquestionável disponibilidade de água bruta em quantidade para os múltiplos usos, em

especial para a garantia do abastecimento humano e animal e para a sustentabilidade do crescimento econômico do estado do Ceará, atraindo vultosos investimentos e grandes indústrias que alavancaram o parque e a produção industrial do estado. No entanto essa preocupação em garantir água em quantidade conduziu os corpos d'água a um processo inevitável e previsível de preocupante degradação da sua qualidade, comprometendo a emblemática segurança hídrica daquele modelo de gestão.

Implantar um instrumento de gestão, a partir de uma nova e ousada metodologia, que possa garantir a qualidade da água para os usos desejados e prioritários parece ser uma ferramenta imprescindível para o resgate de toda uma exitosa política de recursos hídricos, construída democraticamente entre o poder público e a sociedade civil organizada, que fez gerar uma corresponsabilidade para ambos os entes.

Enquadrar rios intermitentes e reservatórios no Nordeste brasileiro é uma forma também de proteger o meio ambiente, pois expor o meio ambiente, em especial os corpos d'água à voracidade dos desejos humanos é minar o próprio desenvolvimento, levando os recursos naturais à sua exaustão, e conseqüentemente a proteção ambiental terá sido falha (CAHACON, 2007 apud WORDL BANK, 1992).

1.2 – Objetivos e hipóteses

1.2.1 – Objetivo geral

Propor uma metodologia inovadora, tanto na participação social através das Comissões Gestoras, como nos procedimentos técnicos através de um modelo de qualidade de água para reservatório no nordeste brasileiro e semiárido, tendo como efetivação do êxito da metodologia proposta, a emissão de minuta de resolução de enquadramento de corpos d'água pelo Comitê da Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF). A minuta deverá ser encaminhada ao Conselho de Recursos Hídricos do Ceará (CONERH) para o enquadramento do primeiro reservatório numa bacia hidrográfica no Nordeste brasileiro e na região semiárida do Ceará, de acordo com a nova delimitação do semiárido através da portaria interministerial nº 01, de 09 de março de 2005, como um instrumento de gestão e de sustentabilidade ambiental.

1.2.2 – Objetivos específicos

Propor nova metodologia de alocação de água para os reservatórios no semiárido, a partir do enquadramento dos corpos d'água, tendo como critério inovador o volume mínimo operacional, como um novo conceito de volume de alerta, em função da carga de entrada máxima de fósforo, desde que mantida a classe de enquadramento;

Disponibilizar uma ferramenta tecnológica que seja pragmática para a modelagem da qualidade de água em reservatório no nordeste do Brasil e no semiárido;

Definir parâmetro básico como indicador de acompanhamento das metas intermediárias e final para o enquadramento de trecho do Rio Pacoti e do açude Acarape do Meio;

Classificar trecho do Rio Pacoti, desde sua nascente até a entrada do reservatório Acarape do Meio, e seus tributários através de um modelo de qualidade de água para rio;

Classificar o açude Acarape do Meio utilizando o modelo de qualidade de água para reservatório, confeccionado e sugerido por esta pesquisa.

1.2.3 – Hipóteses

O enquadramento de reservatórios na região nordeste do Brasil e no semiárido com seus rios intermitentes, é a opção mais realística para o estabelecimento de metas que possam garantir água em qualidade para os usos preponderantes;

Trabalhar a proposta de enquadramento de corpos hídricos na região Nordeste do Brasil e em regiões semiáridas com Comissões Gestoras de Sistemas Hídricos é mais exitoso do que a metodologia baseada em consultas públicas.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – A Gestão Participativa e o enquadramento de corpos d'água

2.1.1 – Histórico da gestão participativa na gestão dos recursos hídricos.

A Constituição Federal de 1988 favoreceu e incentivou a formação de arranjos participativos, abrindo espaços para a prática da democracia participativa. No entanto, a participação cidadina ainda era insípida devido à sua fragmentação, dispersão e fragilidade da organização social. Isso suscitou a necessidade de garantir direitos sociais básicos pelo Estado, como parte componente da conquista da cidadania. Os sujeitos sociais ativos perceberem que a multiplicação de práticas democratizantes gerava mudanças na vida cotidiana (JACOBI, 2000).

Um aspecto que merece destaque no processo coletivo de participação é a identificação de dois grupos distintos, um sendo real e o outro simbólico. Essa percepção foi descrita por Bordenave (1994), onde na participação simbólica os membros têm pouca ou quase nenhuma influência e são mantidos na ilusão de que exerce algum poder.

A participação real ou ativa é muito bem-conceituada por Ammann (1980), como sendo o processo mediante o qual as diversas camadas sociais tomam parte na produção, na gestão, no usufruto dos bens de uma sociedade historicamente determinada.

Bordenave (1994) definia a participação social como sendo um processo coletivo transformador, onde os setores marginalizados não esperam ser convidados, mas incorporados na vida social, ocupando seus espaços com voz e vez nos mais diversos processos.

Desta forma a participação popular foi ocupando seus devidos espaços e isso pode ser muito bem ilustrado no caso do orçamento participativo na década de 1990 (AVRITZER; NAVARRO, 2003).

Isso proporcionou uma nova institucionalidade no processo de transformação político-institucional quando da ampliação da representatividade dos setores organizados atuando em conjunto com os órgãos públicos (JACOBI & BARBI, 2007).

Uma das primeiras experiências da participação da sociedade civil foi observada nos Conselhos Municipais de Meio Ambiente (CONDEMA), que estão presentes em quase todos os municípios do Brasil, sendo assim um exemplo de ampliação do processo participativo. Jacobi & Barbi (2007) afirmaram que alguns desses conselhos tinham a função de regulamentar leis, dando maior consistência da participação popular, possibilitando uma participação efetiva na formulação de políticas públicas e programas de governo.

A partir de tratados e declarações internacionais, em especial a declaração de DUBLIN, IRLANDA, 1992, que recomendava expressamente a descentralização na administração dos recursos hídricos, fez com que a nossa lei federal de recursos hídricos, a lei 9.433 de janeiro de 1997, também incorporasse essa recomendação (SANTILLI, 2001).

Santilli (2001) mencionava ainda que na constituição estadual de São Paulo de outubro de 1989, nos seus artigos 191 e 193, já estabelecia a “*gestão descentralizada, participativa e integrada em relação aos demais recursos naturais e às peculiaridades da bacia hidrográfica*”.

A lei 9.433 de 1997 criou desta forma mecanismos para a participação dos cidadãos e usuários de recursos hídricos, tanto no Conselho Nacional de Recursos Hídricos, como nos Comitês de Bacias Hidrográficas, que integram o Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SANTILLI, 2001). O sistema de informações sobre recursos hídricos foi outro instrumento que fomentou a participação cidadã no processo de gestão.

O estado do Ceará, por sua vez, promulgou sua lei de recursos hídricos no dia 24 de julho de 1992, tendo sido o segundo Estado brasileiro a promulgar uma lei estadual de recursos hídricos, pois São Paulo promulgou a sua lei de recursos hídricos no dia 30 de agosto de 1991.

Assim como a lei estadual de recursos hídricos do Estado de São Paulo, a lei 11.966 de 24 de julho de 1992 do estado do Ceará tinha como primeiro princípio o gerenciamento integrado, descentralizado e participativo, de forma a chamar a sociedade civil organizada a desenvolver uma política de recursos hídricos transparente e democrática.

De forma inevitável o governo do estado do Ceará criou no ano de 1993 a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, que tem como missão gerenciar os recursos hídricos de domínio do Estado Ceará e da União, por delegação, de forma integrada, descentralizada e participativa, incentivando o uso racional, social e

sustentado, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população. Alguns atribuem a essa companhia um caráter de agência de bacias.

Mais tarde, a lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997 também colocava como fundamento uma gestão de recursos hídricos descentralizada, contando com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades.

Assim a participação da sociedade foi se consolidando institucionalmente no processo de gestão dos recursos hídricos.

O Estado do Ceará aprovava o estatuto do 1^o Comitê de Bacias Hidrográficas do Estado no dia 12 de agosto de 1997, relativo à Bacia Hidrográfica do Curu.

Em 2001 a Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH) do Estado do Ceará regulamentava o artigo 24 da lei estadual 11.966, que discorria sobre a estrutura organizacional do SIGERH – Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos e o artigo 30 da mesma lei sobre os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) e do Comitê das Bacias da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF), através do decreto 26.462 de 13 de dezembro de 2001, estabelecendo assim diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas – CBH's (COGERH, 2013).

O decreto estadual 26.902 de 16 de janeiro de 2003 criava o Comitê de Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza - CBH-RMF (COGERH, 2013).

Outro avanço jurídico no processo de participação popular na gestão dos recursos hídricos foi a resolução 02 de 20 de novembro de 2007 do CONERH – Conselho de Recursos Hídricos do Ceará, que delegava a vinculação das Comissões Gestoras (CG) aos Comitês de Bacias Hidrográficas. O CBH-RMF, também criava a sua resolução 01 de 23 de dezembro de 2011 na definição de critérios e de formação e composição nas Comissões Gestoras de Sistemas Hídricos (CBH-RMF, 2013). Esse foi o maior diferencial da gestão participativa do Estado do Ceará frente a outros modelos.

Atualmente as Bacias Metropolitanas apresentam 09 Comissões Gestoras de Açudes, dentre elas destaca-se a Comissão Gestora (CG) do açude Acarape do Meio, eleita no dia 20 de agosto de 2008 e instituída pela resolução do CBH-RMF de 16 de abril de 2009 (CBH-RMF, 2013).

O trabalho de mobilização social foi muito bem caracterizado pela formação das Comissões Gestoras (CG), que mais tarde originariam os devidos Comitês de Bacias Hidrográficas, conforme SILVA (2004). Essas Comissões Gestoras têm como

foco os açudes isolados, caracterizados como sendo reservatório que não está integrado a nenhum grande vale perenizado (Silva, 2004). Esse tipo de açude sempre foi o núcleo básico de atuação institucional para o processo de gerenciamento de recursos hídricos (SILVA, 2004).

2.1.2 – O Enquadramento participativo

ANA (2009) em seu caderno nº 6 de recursos hídricos afirma categoricamente que os poucos casos registrados de enquadramento de corpos d'água no Brasil contaram com pouca ou nenhuma participação da sociedade organizada, apontando como principal motivo a grande dificuldade de uma metodologia que pudesse ser exitosa.

Christofidis (2006), em seu estudo sobre o enquadramento participativo de corpos d'água como instrumento de gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Cubatão – SC, fez um levantamento bibliográfico de todo o processo de enquadramento participativo no Brasil até aquela data. O mesmo autor destacava o processo de enquadramento das águas superficiais da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos no Rio Grande do Sul. O que chama atenção no citado processo é que o mesmo teve início no ano de 2000, e o autor do estudo não pode testemunhar seu desfecho final, pois a resolução de enquadramento daqueles corpos d'água somente se deu no dia 01 de julho de 2014. Portanto, 14 anos depois, por meio da resolução nº 149/2014 do CRH – Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul.

O processo metodológico proposto por Christofidis (2006), baseado nas consultas públicas, seguiu a mesma estrutura lógica dos demais processos de enquadramento de rios em outras bacias hidrográficas. Ou seja, a organização do processo sendo semelhante à da construção do Plano Municipal de Saneamento Básico, com o processo sendo por um órgão público. Naquele caso foi a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) do Estado do Rio Grande Sul, a partir de consultas públicas em cada município que compunha a bacia hidrográfica em questão. Foi realizada ao menos uma reunião em cada cidade com representantes do Comitê da Bacia Hidrográfica que faziam o papel de mediador e facilitador do processo de negociação da proposta de enquadramento. Os resultados de cada reunião eram divulgados na mídia, geralmente em rádios locais. Christofidis (2006) considera que essa experiência é a que se mostrou mais participativa. Até o ano da pesquisa do referido autor, informa que foram registradas 15

reuniões no Comitê para votações, envolvendo mais de 800 pessoas e a aplicação de 5.000 questionários na população dos municípios envolvidos.

O processo metodológico proposto por Christofidis (2006), o qual ele denominou de ROMEP – Roteiro Metodológico para Enquadramento Participativo, baseou-se no sistema “pesquisa-ação” do autor Thiollent (2005), de base empírica alicerçada na observação e ação, para a resolução de um problema coletivo, onde pesquisadores e participantes desempenham papel ativo numa ação participativa.

Essa metodologia também criou um GT – Grupo de Trabalho dentro do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão – SC, formado por 10 membros, onde houve o registro de 06 reuniões num período de três meses.

Gonçalves (2008) também seguiu uma metodologia semelhante à da proposta de Christofidis (2006), na experiência de gestão participativa no enquadramento do corpo d’água no semiárido, no estudo de caso do Rio Salitre – BA. Assim como as demais experiências, também foi realizada apenas uma única reunião em cada município da Bacia Hidrográfica do Rio Salitre, com a participação dos membros do Comitê daquela bacia, com o poder público, técnicos e representantes do órgão gestor. Vale aqui ressaltar que todas as reuniões foram realizadas em apenas cinco dias.

Gallinda (2014) concluiu no seu estudo que os itens relativos ao diagnóstico, conforme resolução do CONERH nº 91/2008, se mostraram muito abrangentes, o que dificultou o processo inicial de enquadramento para pequenas bacias hidrográficas rurais. A mesma autora também identificou que o fluxograma proposto pela ANA (2009), a partir da referida resolução, foi incapaz de dirimir as dificuldades encontradas junto às comunidades rurais em se envolver no processo de enquadramento para bacias hidrográficas de maior porte.

A garantia da qualidade da água para uma bacia hidrográfica se dá pelos aspectos técnicos envolvidos, pela integração de escalas, ou seja, a necessidade de se ter não somente a visão macroscópica da bacia como um todo, mas também ter uma visão numa micro-escala, capaz de identificar, por exemplo, o agente poluidor (DINIZ, 2006). O mesmo autor alerta para a importância vital do envolvimento da comunidade local, pois a observação da comunidade local é o melhor mecanismo de acompanhamento da evolução da qualidade da água.

Mundim (2011) ao atualizar o enquadramento do Rio Verde em Minas Gerais, seguiu os procedimentos da resolução do CNRH nº 91/2008 e teve o IGAM (Instituto Mineiro da Gestão das Águas) como o órgão gestor para propor a atualização

do enquadramento. O processo seguiu as orientações dos estudos já discutidos sem qualquer inovação e contando com uma participação da sociedade ainda de forma insípida através de frágeis consultas públicas.

Com essas experiências da participação social para o processo de enquadramento, a hipótese de se trabalhar com um órgão colegiado mais próximo e mais continuamente presente na comunidade, como as Comissões Gestoras de açudes, parece desenhar um caminho mais factível e sólido.

2.2 – O aparato jurídico do enquadramento e a experiência no Nordeste

Alguns estados do Nordeste já experienciaram o processo de enquadramento dos corpos d'água. Daqueles estados que vivenciaram alguma forma de enquadramento, os mesmos utilizaram de legislação em desuso tal como a portaria 013 do Ministério do Interior de 1976. Foi o caso do estado do Rio Grande do Norte, enquadrando apenas rios, riachos e lagoas, e do estado da Paraíba no ano de 1988, se baseando na resolução CONAMA nº 20 de 1986, mas também se atendo apenas a rios e riachos. Desta forma, há poucas experiências no uso da legislação atual, a resolução CONAMA 357 de 2005, neste caso não há qualquer experiência no enquadramento de reservatórios no Brasil, principalmente na região Nordeste, tão pouco na região semiárida.

2.2.1 – Legislação Nacional sobre enquadramento dos corpos d'água

Andrade (2011) faz um levantamento histórico do enquadramento no Brasil, resgatando como marco histórico o decreto estadual nº 24.806 que criava o sistema de classificação dos corpos d'água do Estado de São Paulo e o Conselho Estadual de Controle de Poluição no ano de 1955. A título nacional a Portaria Ministerial GM 0013, de 15 de janeiro de 1976, do Ministério do Interior, classificava naquela época as águas doces em classes de uso preponderantes. Foi através desta Portaria que se enquadraram os corpos hídricos da bacia do Rio Paranapanema, no ano de 1980. No ano seguinte, em 1981, o Rio Paraíba do Sul também era enquadrado pela mesma Portaria.

No ano de 1986 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicava sua resolução nº 20/86 que definia o enquadramento dos corpos d'água segundo

classes de uso preponderantes. Essa resolução viria a ser substituída no ano de 2005 pela resolução nº 357/2005, que está vigente até hoje.

Ainda é possível destacar a resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 91/2008 que dispõe sobre procedimentos gerais de enquadramento dos corpos de água superficial e subterrâneo.

2.2.2 – Legislação Estadual no contexto do Nordeste do Brasil

2.2.2.1 - Alagoas

O Enquadramento dos corpos d'água no Estado de Alagoas está presente na lei estadual de recursos hídricos N^o 5.965 de 10 de novembro de 1997, no título III, capítulo I, que trata da Especificação dos Instrumentos de Gestão. Na citada lei, oito são os instrumentos de gestão dos recursos hídricos, conforme artigo 9^o: o plano estadual de recursos hídricos; *o enquadramento*; a outorga, a cobrança, o rateio dos custos das obras de recursos hídricos; a compensação aos municípios; o sistema estadual de informação sobre recursos hídricos e o fundo estadual de recursos hídricos.

Especificamente o capítulo III trata do enquadramento e o texto segue com as mesmas prerrogativas da lei federal:

- Assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes;
- Diminuir os custos de combate à poluição da água, mediante ações preventivas permanentes;
- As classes serão estabelecidas pela legislação ambiental.

Existe ainda o decreto estadual N^o 3.766 de 1978, baseado na GM 0013 de 1976 do Ministério do Interior que classificou os rios do Estado de Alagoas em duas categorias:

- Classe 1 – Sem prévia desinfecção (abastecimento humano);
- Classe 2 – Tratamento convencional.

2.2.2.2 - Bahia

Inicialmente, o enquadramento não estava contemplado na lei estadual de recursos hídricos Nº 10.432 de 20 de dezembro de 2006, pois no capítulo II artigo 5º, os instrumentos de gestão dos recursos hídricos definidos eram: o plano estadual de recursos hídricos; os planos de bacias hidrográficas; a outorga; a cobrança e o sistema estadual de informações de recursos hídricos. No entanto com a nova lei estadual de recursos hídricos Nº 11.612 de 08 de outubro de 2009, no título II artigo 5º é definido os novos instrumentos de gestão dos recursos hídricos onde foi incluído o *enquadramento* além de outros quatro instrumentos, a saber: o monitoramento das águas; a fiscalização do uso; o fundo estadual de recursos hídricos e a conferência estadual do meio ambiente.

Um aspecto relevante da nova lei está no seu artigo 16, que discorre sobre o estabelecimento de efluentes, onde o CONERH é quem deverá estabelecer as condições, metas e prazos.

2.2.2.3 - Ceará

O Estado do Ceará que foi pioneiro no Nordeste na implantação de uma política de recursos hídricos, no entanto o enquadramento não constava como instrumento de gestão na sua primeira lei estadual de recursos hídricos Nº 11.966 de 1992. A citada lei estadual de recursos hídricos Nº 11.966 de 1992 em seu artigo 5º tratava apenas como instrumentos: a outorga; a cobrança e o rateio de custo dos recursos hídricos, apesar de tratar do plano estadual e do fundo estadual de recursos hídricos em capítulos à parte. O Estado do Ceará também foi um dos pioneiros na implantação dos instrumentos de gestão cobrança e outorga, com o objetivo de alcançar a racionalização e a otimização do uso da água, mas faltava-lhe um alicerce para consolidar essa exitosa política de recursos hídricos que sempre foi modelo para o Nordeste e para o Brasil. Essa lacuna será preenchida pelo enquadramento.

A Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) publicava no ano de 2002 sua portaria nº 154, que dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Essa é a legislação mais próxima que o Estado do Ceará tem no tema enquadramento dos corpos d'água.

Somente com a nova lei estadual de recursos hídricos N^o 14.844 de 28 de dezembro de 2010 é que o enquadramento passou a configurar como instrumento de gestão dos recursos hídricos. O artigo 5^o discorre que os instrumentos da política de recursos hídricos são: a outorga; a cobrança; os planos de bacias; o fundo estadual de recursos hídricos; o sistema de informação; o *enquadramento* e a fiscalização dos recursos hídricos. Agora torna-se necessário um decreto lei que possa regulamentar o artigo 28 que trata especificamente do enquadramento.

É importante destacar com certa preocupação que o decreto estadual n^o 31.076 de 2012, que regulamentou os artigos 6^o a 13 da lei n^o 14.844/2010 sobre outorga de direito de uso, principalmente no item III do artigo 10 do referido decreto, que permite a outorga de lançamento de esgotos e resíduos líquidos ou gasosos nos corpos hídricos. O receio está no fato de que o Estado ainda não regulamentou o artigo 28 da sua lei estadual de recursos hídricos, sobre o enquadramento, portanto emitir outorga para emissão de efluentes sem uma classificação dos corpos hídricos, principalmente numa região semiárida, onde os rios ou são efêmeros ou intermitentes é um risco.

2.2.2.4 - Maranhão

O instrumento enquadramento dos corpos d'água já estava presente na primeira lei estadual de recursos hídricos N^o 7.052 de 22 de dezembro de 1997, onde os instrumentos de gestão foram definidos no seu artigo 7^o como sendo: os planos de bacias; o *enquadramento*; a outorga; a cobrança; a compensação aos municípios e o sistema de informação dos recursos hídricos.

A nova lei de recursos hídricos N^o 8.149 de 15 de junho de 2004 não só confirmava o enquadramento como instrumento, mas incluía mais cinco instrumentos, a saber: os planos diretores de bacias hidrográficas; os programas destinados à capacitação profissional; as campanhas educativas; o cadastro estadual de usuários; o fundo estadual e a aplicação de penalidades.

2.2.2.5 - Paraíba

Apesar da lei estadual de recursos hídricos N^o 6.308 de 1996 do Estado da Paraíba não tratar o enquadramento dos corpos d'água como instrumento de gestão, no

entanto em 1988 o Estado da Paraíba, tomando como base, provavelmente, a resolução CONAMA N^o 20/86 enquadrando seus rios riachos e algumas lagoas, tais como a lagoa do Frasão e a lagoa Seca, através de documento do SELAP – Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras no DZS 201.

2.2.2.6 - Pernambuco

A primeira lei estadual de recursos hídricos N^o 11.426 de 1997 tratava como instrumento somente a outorga, as infrações e penalidades, a cobrança e o sistema de informação. No entanto o enquadramento é várias vezes citado na lei. No artigo 16 fala que no plano estadual de recursos hídricos deve conter um plano de prioridade para a outorga e o enquadramento. No artigo 27 diz que o Comitê Estadual de Recursos Hídricos compete apreciar o enquadramento.

A nova lei estadual de recursos hídricos N^o 12.984 de 2005 já contemplava o enquadramento como instrumento de gestão dos recursos hídricos. O mais importante no histórico do enquadramento dos corpos d'água no Estado de Pernambuco foi o decreto estadual N^o 7269 de 1981, que dispõe sobre a classificação das águas interiores no Estado de Pernambuco em função da portaria GM 0013/76 do Ministério do Interior. Depois seguiram-se os decretos estaduais 11.515 e 11.760 de 1986 que estabeleceram o enquadramento conforme disposto no decreto estadual N^o 7269/81, que regulamentou a lei 8.361 de 1980.

No entanto a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco em 2002 emitiu um parecer no qual considerou inválidos todos os decretos sobre enquadramento. Os corpos d'água de Pernambuco passariam a ser classificados como de classe 2, quando não se tem classificação específica.

2.2.2.7 – Piauí

A lei estadual de recursos hídricos N^o 5.165 de 17 de agosto de 2000 definia como instrumento de gestão os planos de bacias de recursos hídricos, o enquadramento, a outorga, a cobrança, a compensação aos municípios, o sistema estadual de informações e o fundo estadual de recursos hídricos.

2.2.2.8 – Rio Grande do Norte

O enquadramento não era contemplado como instrumento de gestão na lei estadual de recursos hídricos N^o 6.908 de 1996, no entanto na lei complementar N^o 481 de 2013 tanto o enquadramento dos corpos d'água como o sistema de informação foram considerados como instrumento de gestão dos recursos hídricos à lei supracitada. Os corpos hídricos enquadrados neste Estado tomaram como base a portaria GM 013/76.

2.2.2.9 - Sergipe

O Estado de Sergipe já contemplava o enquadramento dos corpos d'água como instrumento de gestão dos recursos hídricos na sua lei estadual de recursos hídricos N^o 3.870 de 1997.

2.3 – Modelagem, qualidade da água e enquadramento de corpos hídricos

Song & Kim (2009) apud Fleck et al (2013) discutiram sobre a importância de modelos matemáticos como ferramentas que são capazes de simular mudanças físicas, químicas e biológicas, enfatizando aqui o cuidado que se deve ter com a interpretação das informações geradas. Segundo Pimpan & Jindal (2009) apud Fleck et al (2013), relataram que os usos dessas mesmas informações podem ser extremamente úteis para os gestores públicos. Desta forma Fleck et al (2013) concluíram que o uso da modelagem é em grande parte impulsionada pela legislação vigente de cada país. Ani et al (2009) ressaltaram que a utilização desses modelos matemáticos não deve ser restrita somente para a simulação de impactos por cargas de poluentes considerados comuns, mas podem servir para simular os impactos de poluentes causados por algum acidente ou outro infortúnio. Ferrer et al (2012) destacaram que a correta seleção do modelo utilizado depende dos dados que se dispõem e do problema a ser resolvido.

Fan et al (2009), por exemplo, acentuaram que alguns modelos têm incluído índices básicos de qualidade de água, como o OD (Oxigênio Dissolvido) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), no entanto há outros mais sofisticados que tratam até de níveis de eutrofização e impactos de toxicidade.

Von Sperling (2007) lembra que o modelo de Streeter-Phelps foi a base para todos os modelos atuais, cujos aspectos mais importantes são o consumo de oxigênio pela oxidação da matéria orgânica e a produção de oxigênio pela reaeração atmosférica. Streeter & Phelps (1925) apud Oppa (2007), lembra que essa técnica foi desenvolvida a partir do estudo da poluição do Rio Ohio, onde o modelo considerou um escoamento permanente uniforme simulando os parâmetros DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e o OD (Oxigênio Dissolvido).

Fleck et al (2013) destacaram como principais modelos para modelagem de qualidade de água para rios o QUAL2E, WASP, MIKE 11 e o QUAL-UFMG, esse último sendo um modelo proposto pelo professor Von Sperling (2007) da Universidade Federal de Minas Gerais. Pode-se ainda destacar o SIMCAT (Simulation catchment), QUASAR (Quality Simulation Along Rivers), ISIS, OutorgaLS e AcquaNET.

Foi a partir do modelo de Streeter-Phelps que vários modelos foram criados como alternativa a diferentes problemas relacionados à baixa qualidade da água, cujo único objetivo é auxiliar os gerenciadores dos recursos hídricos no processo de tomada de decisões (SEFFRIN, 2001).

Um dos modelos mais conhecidos de qualidade de água para rio é o **QUAL2E**, desenvolvido e lançado pela USEPA (United State Environmental Agency) em 1985 (SONG & KIM, 2009). Trata-se de um modelo abrangente e versátil que simula até 15 constituintes de qualidade de água: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura, algas, amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio orgânico, fósforo orgânico, fósforo dissolvido, coliformes, três substâncias conservativas e uma arbitrária não conservativa (OPPA, 2007).

O modelo **WASP** (Water Analysis Simulation Program), conforme Kannel et al (2011), foi desenvolvido para simular os processos de hidrodinâmica e qualidade de água, além de ser utilizado em conjunto com o modelo **SWMM**.

Outro modelo para rio é o **MIKE11** desenvolvido pelo DHI (Instituto de Hidráulica Dinamarquês). Normalmente é utilizado na Inglaterra para qualidade de água pela agência ambiental que trabalha com enchentes e gerenciamento de poluição urbana, de forma a avaliar o impacto de descartes em rios e estuários (LEITE, 2004).

O modelo **QUAL-UFMG** foi desenvolvido para modelar rios através da plataforma EXCEL, tendo sido baseado no modelo QUAL2E. O QUAL-UFMG é caracterizado como um modelo simples e rápido mesmo que o usuário seja inexperiente.

Outro aspecto relevante é que o QUAL-UFMG não tem grandes requisitos computacionais, o que pode ser adotado pequenas distâncias de integração.

Em se tratando de modelos de qualidade da água para reservatórios é possível apontar o **CEQUAL-W2**, o **SisBAHIA** e o **Elcom-Caedym**. O **SisBAHIA** é um sistema para modelagem de circulação hidrodinâmica e do transporte de escalares passivos em corpos de águas naturais. Quanto ao **Elcom-Caedym**, trata-se de um modelo tridimensional empregado para previsões de velocidade, temperatura e salinidade. Esse modelo foi desenvolvido pelo Center for Water Research (CWR) da Universidade da Austrália Ocidental.

Zumach (2003) em seu estudo sobre enquadramento de curso d'água no Rio Itajaí em Blumenau – SC efetuou a classificação desse corpo hídrico lançando como metodologia estratégica o uso do IQA – índice de qualidade de água, composto por nove parâmetros, temperatura, pH, OD, DBO, coliformes termotolerantes, fósforo total, nitrato, sólidos totais e turbidez. A proposta da sua pesquisa foi simplesmente a comparação entre os valores encontrados a partir das amostras de laboratório e confrontá-los com os limites da resolução CONAMA 20/1986. A partir dessa etapa o autor propôs uma classe de enquadramento baseado nos usos preponderantes.

Brites (2010) ao estudar o enquadramento dos corpos d'água através de metas progressivas, disponibilizou um modelo computacional que integra a quantidade e a qualidade da água através de simulações de qualidade de água, bem como o estabelecimento de alternativas de despoluição hídrica. A autora entendeu que algumas estratégias para se alcançar a meta desejada poderiam ser ineficazes, diante disto a pesquisadora procurou antever riscos e insucessos, o que permitiu combinar vários cenários de remoção de carga e identificar qual desses cenários se mostrava mais factível para se alcançar o estabelecimento da meta final. Andrade (2012) também seguindo a mesma linha de raciocínio e objetivando disponibilizar uma ferramenta para os tomadores de decisão, bem como para aqueles que farão o acompanhamento das metas intermediárias e final, propôs um modelo matemático que foi capaz de integrar diferentes objetivos, dentre os quais destaca-se a minimização dos custos para a manutenção da qualidade da água após o seu enquadramento.

Mundim (2011), ao atualizar o enquadramento do Rio Verde em Minas Gerais lançou mão do cálculo de cargas por estimativa proposto por Von Sperling (2003). Apesar do método simplista, o mesmo foi satisfatório para se propor cenários e metas para alcance da classe de uso desejada.

Binotto (2012), enquadrando o arroio Jacutinga em Ivorá-RS utilizando o modelo de qualidade de água para rio, o QUAL-UFMG. O modelo mostrou-se eficaz e pragmático, sendo uma alternativa precisa para a classificação e enquadramento de rios. O mesmo modelo QUAL-UFMG também foi usado de forma exitosa pela pesquisadora Paula (2011) na avaliação da qualidade da água e autodepuração do Rio Jordão no município de Araguari-MG.

Pessoa (2013) para avaliar os limites dos parâmetros da resolução CONAMA 357/05 visando o enquadramento de corpos d'água para consumo humano na região semiárida, também optou por trabalhar com o modelo QUAL-UFMG de Von Sperling (2007). O autor justificou a escolha do modelo devido à sua simplicidade e facilidade de uso, além de ter destacado a possibilidade de poder realizar ajustes, bem como o seu formato em planilha EXCEL que viabiliza entender todo o processo de modelagem. O mesmo autor ainda enaltece o fato dos parâmetros que o modelo QUAL-UFMG modela, DBO, OD, fósforo, nitrogênio e coliformes termotolerantes, serem satisfatórios para diagnosticar as principais fontes poluidoras numa bacia hidrográfica.

A resolução CONAMA 357/05 apesar de ser um instrumento eficaz para balizar o monitoramento da qualidade da água em bacias hidrográficas, Macedo (2007) concluiu na sua avaliação do sistema de monitoramento de recursos hídricos, que a mesma é inviável para aplicação de rede de monitoramento devido ao seu alto custo da realização das análises dos diversos parâmetros, o que levou o autor a fazer um estudo da viabilidade técnica, legal e econômica na aplicação dessa resolução.

Pessoa (2013) também avaliando a resolução CONAMA 357/05 no estudo de efetivação do enquadramento de corpos d'água para fins de consumo humano em regiões semiáridas inferiu que, para alguns parâmetros a resolução CONAMA 357/05 é muito mais restritiva do que a própria portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. O autor ainda questiona a necessidade de reavaliar os critérios de enquadramento de corpos hídricos, principalmente em situações de escassez hídrica. Pessoa (2013) obteve como resultado nas suas simulações que nenhuma das ações de saneamento implicaram em condições de qualidade da água satisfatória aos padrões exigidos pela resolução CONAMA 357/05. Essa colocação pode incorrer em um provável desleixo das concessionárias de água tratada em não investir nas suas ETA's e ETE's ao se esconder por trás da alegativa do referido autor.

2.4 – Parâmetros de qualidade

Branco (1991) consegue esclarecer a definição de qualidade de água como sendo o seu grau de pureza o mais próximo possível do seu estado natural, sem qualquer interferência antrópica, enquanto que Cunha & Ferreira (2006) acreditam que o conceito de qualidade de água não deve ser atrelado ao seu grau de pureza, mas sim ao seu grau de exigência correspondente ao seu uso.

No entanto o conceito mais apropriado e justo para qualidade de água, quando se pensa em bacias hidrográficas, Porto & Tucci (2009), define como sendo o resultado da precipitação sobre uma bacia hidrográfica, gerando escoamento superficial em áreas urbanas e rurais de forma que transporta matéria orgânica, metais pesados, pesticidas e outros elementos poluidores.

Reservatórios no semiárido muitas vezes se comportam como armazéns de sedimentos e poluentes. Mamede (2008), no seu estudo sobre sedimentação de reservatórios em bacias hidrográficas secas alertava sobre o fato de que em bacias do semiárido, onde o recurso hídrico é prioritariamente proveniente de açudes submetidos a constantes períodos de escassez hídrica, o sedimento em reservatório é um fator que afeta diretamente a capacidade de reserva desses mananciais. O mesmo autor afirma que apesar de ser esse o principal impacto, que está ligado diretamente à quantidade disponível do recurso hídrico, mas destaca também que esses sedimentos podem carrear poluentes adsorvidos, levando consigo consequências negativas quanto ao aspecto da qualidade de água desses mesmos corpos hídricos.

Larentis (2004), ao discorrer sobre o uso de parâmetros em estudos de qualidade de água, ele chama atenção para a definição desses parâmetros, de forma que essas substâncias possam guardar relação com o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica estudada. O mesmo autor ainda elenca alguns pré-requisitos para essa escolha, dentre eles a facilidade de monitoramento do parâmetro e disponibilidade de dados históricos, possibilidade de simulação desse parâmetro através de um modelo e a representatividade do parâmetro como indicador das fontes de poluição no curso d'água.

Peixoto (2014) analisando a relação temporal do uso e ocupação do solo com a qualidade da água na bacia do açude Acarape do Meio, a autora mostrou profunda preocupação com a degradação da qualidade da água desse manancial, bem como a partir de uma análise estatística multivariada evidenciou-se que os parâmetros cálcio, potássio,

nitrogênio total e clorofila-a, bem como o fósforo, foram as componentes mais significativas na explicação da qualidade da água desse reservatório.

Outro aspecto de extrema relevância destacado por Larentis (2004) é que o parâmetro escolhido deve ser aquele onde nas campanhas de monitoramento tenha se mostrado em desacordo com os padrões de enquadramento de corpos d'água, passando este parâmetro a ser um INDICADOR para os gestores públicos efetuarem o acompanhamento das metas e o seu devido controle. Diante dessas questões, o autor acima mencionado enumera que as variáveis DBO, OD, Coliformes Termotolerantes, Fósforo e Nitrogênio são os que indicam características importantes a serem considerados na simulação de qualidade de água numa bacia hidrográfica.

2.4.1 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Chapra (1997) definiu a DBO, demanda bioquímica de oxigênio, como sendo a quantidade necessária de oxigênio para a metabolização da matéria orgânica biodegradável existente no meio aquático. Mesmo sabendo que os corpos hídricos têm a capacidade de se autodepurar, através do fenômeno da transferência de gás entre o meio gasoso e o meio líquido, ainda assim essa capacidade é profundamente afetada quando se depara com volumes de efluentes domésticos produzidos pela atividade humana ou devida a atividade agropecuária. Metcalf & Eddy (1981) lembra ainda que as Estações de Tratamento de Esgotos podem reduzir a DBO em até 90%, dependendo do processo utilizado.

2.4.2 – Oxigênio Dissolvido (OD)

O OD, oxigênio dissolvido, é tido como sendo um dos principais indicadores da qualidade da água, sendo ainda um elemento vital para os organismos aeróbicos, além de manter o equilíbrio ambiental WETZEL (1975). O OD representa mais de 35% de todos os gases presentes na água e está predominantemente na atmosfera.

Casagrande et al (2006), estudando a qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, concluíram que o lançamento de efluentes oriundos da atividade humana e industrial proporcionaram baixos teores de OD. É fácil inferir,

portanto, que a concentração de OD é influenciada diretamente pela atividade da biota presente no corpo hídrico, sendo resultado do uso e ocupação do solo na bacia.

2.4.3 – Fósforo

Westheimer (1987), afirma que o parâmetro fósforo é um elemento essencial para todas as formas de vida, atuando como controle das reações bioquímicas.

Silveira & Patchineelam (1993) consideraram esse parâmetro como sendo o responsável pela eutrofização dos ecossistemas aquáticos. Chapra (1997) afirma que esse elemento praticamente não está disponível, portanto sua presença nos corpos hídricos é um bom indicador de atividade humanas e agropecuária.

2.4.4 – Coliformes Termotolerantes

A resolução CONAMA 357/05 classifica a *Escherichia coli*, bactéria que pertence ao grupo dos coliformes termotolerantes como a única espécie do trato intestinal humano e de animais homeotérmicos. Sendo assim a presença dessa bactéria nos corpos hídricos é um indicador da pressão urbana e da atividade pecuária.

3 – MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa acadêmica foca no desenho de uma proposição para uma metodologia moderna e praticável para o enquadramento de corpos d'água, tanto para rios intermitentes como para reservatórios que dependem desses mesmos rios na região nordeste do Brasil e no semiárido. A partir da leitura do que já vem sendo praticada em outras regiões do Brasil, esta pesquisa disponibilizará uma nova tecnologia que trabalha a estratégia social do ponto de vista da gestão dos recursos hídricos, bem como apresentação de um modelo de qualidade de água específico para esse cenário, como um instrumento de apoio ao enquadramento, de forma a equacionar a inércia preocupante sobre esse tema nessa região do Brasil. Os Comitês de Bacias Hidrográficas em parceria com os gestores públicos focam suas energias basicamente em outros instrumentos que respondem mais rapidamente a ação de implementação, como por exemplo, a outorga do direito de uso da água e a sua cobrança. Souza (1995) afirma que implementação de instrumentos de gestão de caráter econômico, como a cobrança pelo uso da água, pode se tornar uma forma de arrecadação para implementar outros programas, o que talvez leve o órgão gestor e comitês de bacias a priorizá-los.

A metodologia de enquadramento para trecho de rio contemplou um modelo de qualidade de água disponível no meio científico, o QUAL-UFMG desenvolvido por Von Sperling (2007), por ter sido exaustivamente testado e empregado em diversas pesquisas acadêmicas para a modelagem da qualidade de água, bem como por se mostrar, dentre os diversos modelos existentes, como sendo o mais pragmático. Para a modelagem da qualidade de água em reservatório, foi utilizada a equação de fósforo proposta por Chapra (1997), mas tendo o seu coeficiente de sedimentação (K_s) ajustado para as condições do Nordeste semiárido, conforme Toné & Lima Neto (2014), que perceberam que o citado coeficiente se mostrava subestimado para aquela região. Neste sentido se propôs de forma original, a construção de uma ferramenta de modelagem para reservatório no semiárido cearense, denominada de QUAL-HIDROSED que foi acoplado ao modelo QUAL-UFMG. Neste caso especial, o enquadramento estará em função do tempo, do volume mínimo armazenado pelo reservatório e da máxima carga de fósforo permitida afluente ao açude, a partir dos dados de saída do modelo QUAL-UFMG. A aplicação da conexão desses dois modelos é o que caracteriza em parte o ineditismo da pesquisa, mas principalmente a apresentação de uma nova maneira de se

trabalhar a alocação negociada de água, onde o aspecto da qualidade da água do reservatório conectada à sua classe de enquadramento é que será a nova base da discussão, e não somente a vazão regularizada do manancial.

O modelo QUAL-UFMG tem como objetivo a modelagem para qualidade de rios, usualmente para rios perenes, e o ajuste da equação de fósforo para reservatórios no semiárido, proposto por Toné & Lima Neto (2014), não tinha como meta específica o enquadramento de açudes nesta região. Entretanto, partiu-se do pressuposto que, com algumas adaptações do modelo, seria possível conceber uma ferramenta capaz de responder ao desafio de enquadramento de mananciais numa região cujo estigma é a fragilidade hídrica e a variabilidade climática, que põe em “xeque” não somente o aspecto quantitativo da água, mas principalmente o seu aspecto qualitativo, que pode inviabilizar o uso de algumas fontes hídricas em períodos de escassez.

Quanto ao eixo da pesquisa em relação à participação social, o ineditismo ou originalidade da mesma está na ampla e sólida discussão em colegiados hierarquicamente mais próximos das comunidades que fazem a bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio, ou seja, a Comissão Gestora daquele açude (Figura 01), bem como a possibilidade da discussão da alocação de água ser embasada agora no seu aspecto da classe de enquadramento, que definirá o volume a ser alocado e não somente na vazão regularizada de projeto do reservatório. Foi essa estratégia inovadora que vivificou a construção e o encaminhamento do processo de enquadramento daquele reservatório, pois apenas dentro do âmbito do Comitê de Bacias Hidrográficas (CBH) e de uma fugaz consulta pública, a discussão tenderia a ser efêmera e improdutiva, sem gerar o produto esperado, que era o enquadramento de trecho de rio intermitente e do reservatório Acarape do Meio.

A figura 01 trata ainda de uma nova sugestão de fluxograma para enquadramento, diferenciando-se sensivelmente do fluxograma proposto pela ANA (2011), de acordo com a apresentação do item 3.2.1.

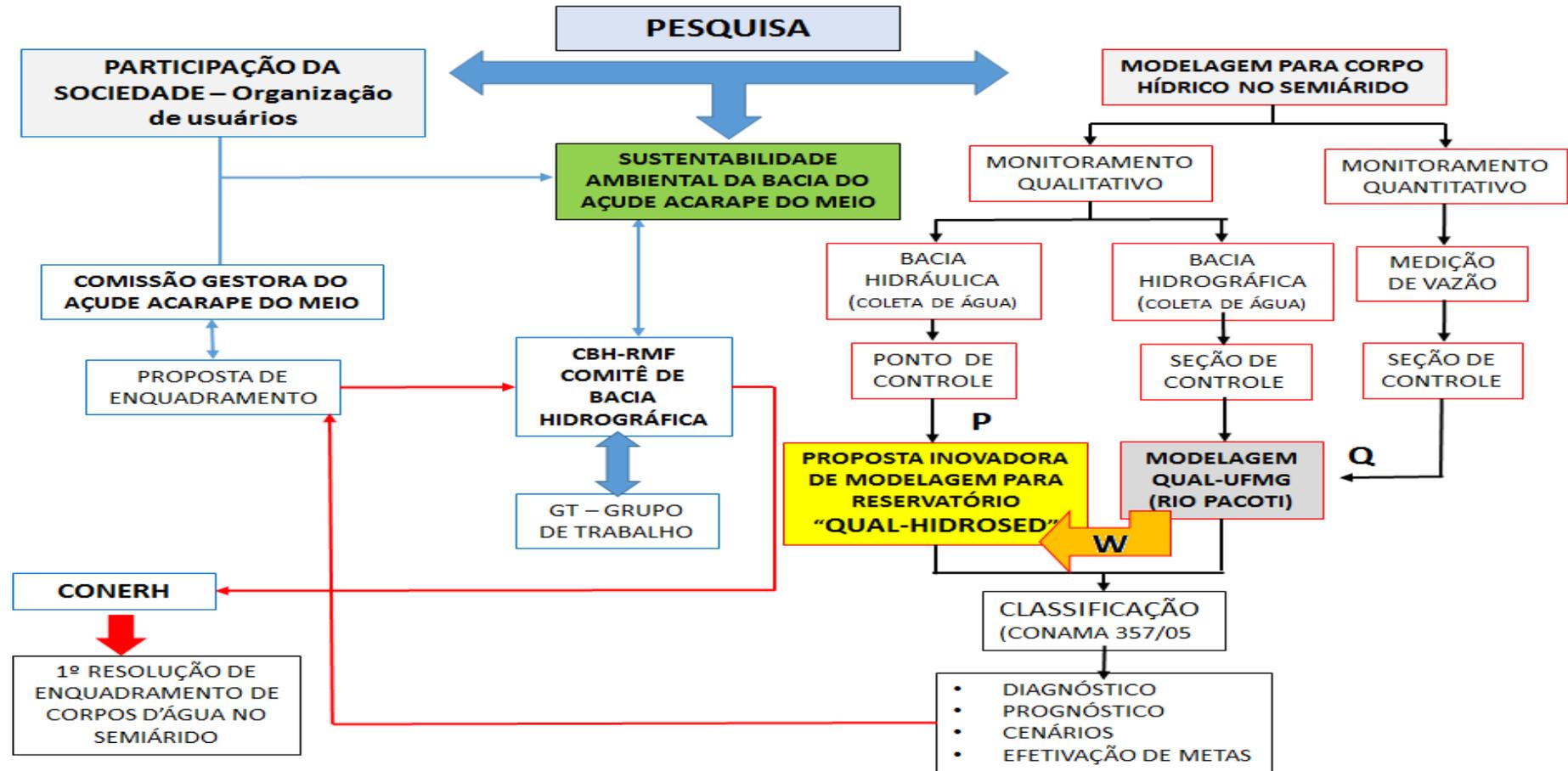
Uma diferença contundente é a criação de um novo espaço de discussão e apoio ao comitê de bacias, ou seja, a criação de um Grupo de Trabalho que terá como objetivo primeiro o de animar e internalizar o complexo tema do enquadramento e sua importância para o avanço da gestão. Ao invés das consultas públicas sugeridas no fluxograma da ANA (2011), no item 3.2.1, nessa nova proposição se trabalhou com a Comissão Gestora de açude isolado, como um ente participativo do processo de enquadramento, bem como pelo seu aspecto de continuidade e discussão que a mesma se

propõe, no tocante ao monitoramento e acompanhamento das metas propostas, o que não acontece com as consultas públicas, pois estas têm apenas uma única finalidade, o conhecimento e aprovação das concepções sugeridas por algum órgão gestor.

O fluxograma descrito na Figura 01 ainda mostra a interligação entre o modelo QUAL-UFMG para a modelagem da qualidade da água em rio, com o modelo criado e recomendado por esta pesquisa, denominado de QUAL-HIDROSED, para a modelagem da qualidade da água em reservatórios. Essa conexão entre modelos se dará através do cálculo da carga de fósforo “W” pelo QUAL-UFMG que será um dado de entrada para o QUAL-HIDROSED, bem como as respostas deste modelo proposto fundamentará na tomada de decisão por parte da Comissão Gestora e do próprio comitê de bacias. Fica claro que a construção desse novo processo de enquadramento nasce agora no meio da sociedade organizada, quer seja através da efetiva participação da Comissão Gestora, quer seja pelo comitê de bacias, bem como é conduzido e finalizado por esses mesmos colegiados, que encaminham sua proposta para o ente maior da gestão dos recursos hídricos, o Conselho de Recursos Hídricos do Estado.

A escolha pelo parâmetro fósforo, nutriente limitante muito usado como indicador da eutrofização, como elemento químico a alimentar inicialmente a proposta do modelo QUAL-HIDROSED, se deu dentre outros motivos pelo robusto banco de dados na COGERH, por sua facilidade no monitoramento, por se mostrar como um dos parâmetros mais fáceis e possíveis para a simulação e por ser a substância mais representativa de uma bacia hidrográfica eminentemente agrícola, o que faz deste parâmetro um excelente indicador das fontes de poluição e das ações de controle.

Figura 1-Fluxograma implementado para enquadramento de corpos d'água no Nordeste brasileiro e semiárido

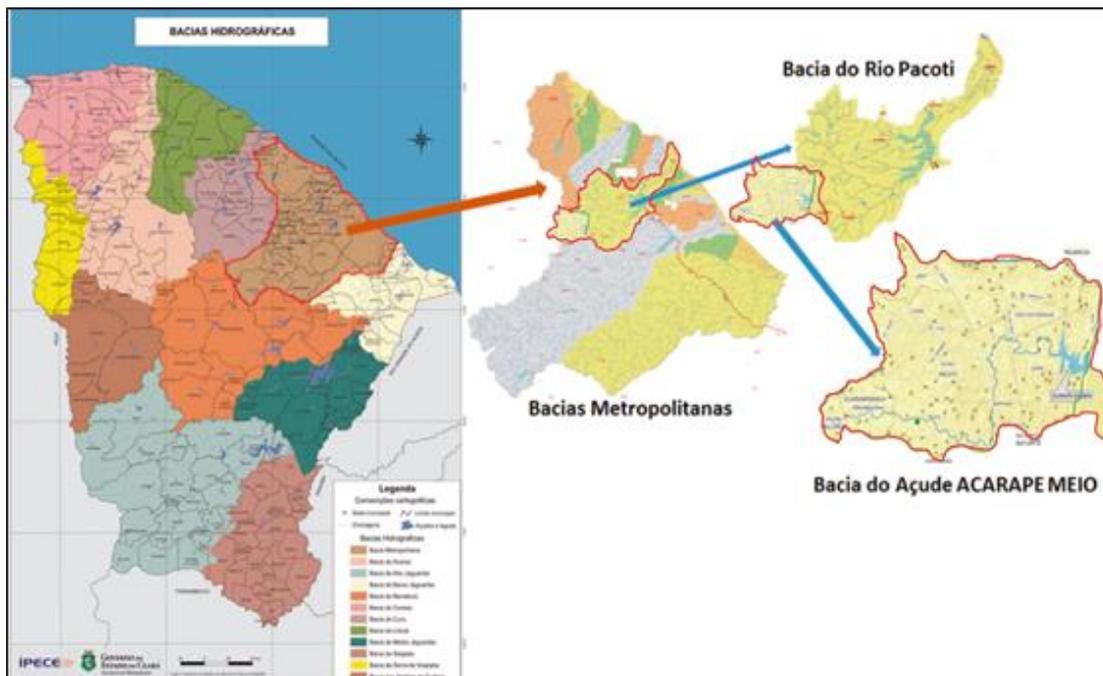


Fonte: Autor, 2016.

3.1 – Área de estudo

O estudo foi conduzido na Bacia Hidrográfica do açude Acarape do Meio (Figura 02), que é uma sub-bacia do Rio Pacoti, a qual está inserida na Região Hidrográfica denominada Bacias Metropolitanas, composta por um aglomerado de 14 sub-bacias, que perfazem uma área total de 15.085 km².

Figura 2-Localização da área de estudo



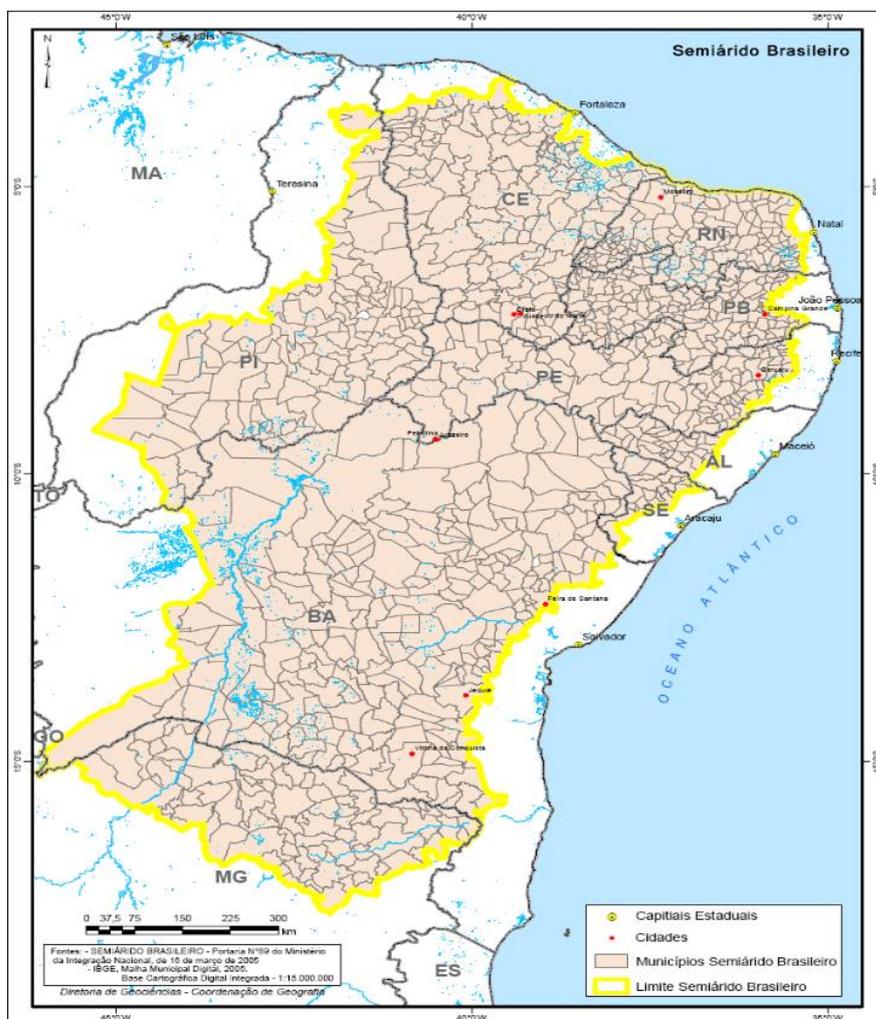
Fonte: COGERH, 2012

3.1.1 – Escolha da área

A escolha desta bacia hidrográfica se deu pelo fato de a mesma estar inserida na porção semiárida do estado do Ceará (Figura 03), conforme portaria interministerial nº 01, de 09 de março de 2005, de acordo com a nova delimitação da região semiárida do Nordeste, onde teve a FUNCEME como um dos órgãos que compôs o grupo de trabalho interministerial para a referida delimitação. Outra justificativa para a escolha deste manancial é o fato de se tratar de um reservatório histórico, ou seja, o mesmo era o responsável pelo abastecimento direto de toda a demanda de água bruta para consumo humano e industrial de Fortaleza até a década de 60, e por ser um reservatório que sempre atendeu aos múltiplos usos. A construção desse reservatório foi iniciada ainda no ano de

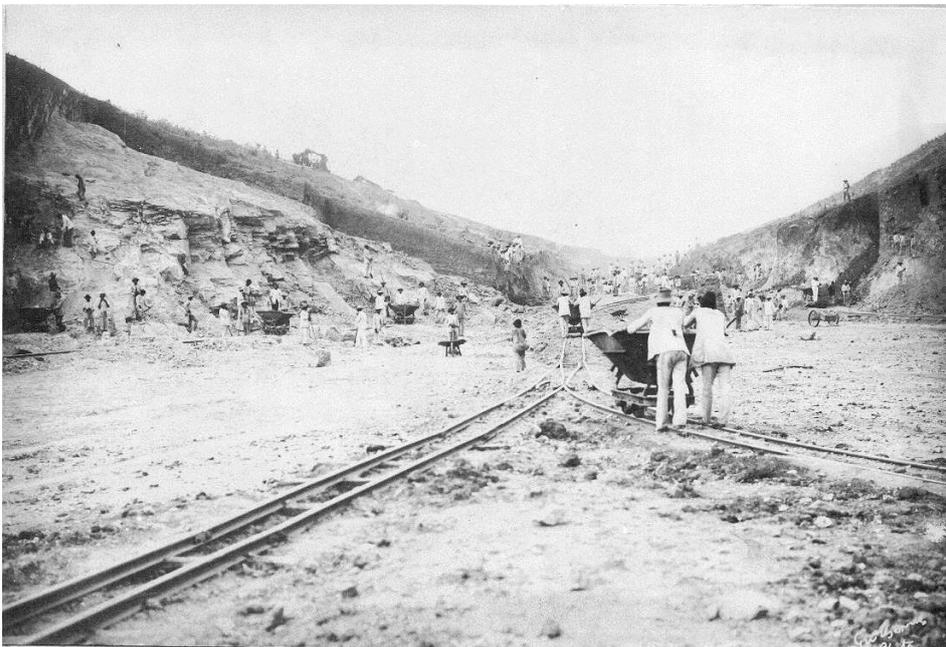
1909 e teve sua conclusão no ano de 1924, com relatos curiosos, tais como o fato de que sua edificação ceifou várias vidas de trabalhadores, devido à grande dificuldade na sua construção, por conta da topografia acidentada, onde foram utilizados jumentos que puxavam pequenos vagões sob uma linha férrea ou carris, confirmados hoje pelos dormentes expostos devido ao baixo volume do reservatório em setembro de 2012 (Figura 04). Foi ainda levado em consideração o fato deste manancial ser estratégico para o sistema hídrico Pacoti-Riachão-Gavião que garante a segurança do abastecimento de água para a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), tendo em vista que a qualidade da água desse sistema depende diretamente da qualidade da água do açude Acarape do Meio. Vale ainda ressaltar que açude objeto desta pesquisa fornece água para o distrito industrial do Maracanaú, um dos maiores parques industriais do Ceará.

Figura 3-Nova delimitação da região semiárida do Nordeste



Fonte: SEMIÁRIDO Brasileiro

Figura 4-Dormentes da linha férrea usados na construção do açude e os resquícios encontrados



Fonte: o autor, 2012

Outro aspecto de grande relevância é a influência marcante da ação antrópica, principalmente na deterioração da qualidade da água tanto do citado reservatório (Figura 05), como nos trechos do Rio Pacoti, desde sua nascente até a entrada no açude Acarape do Meio, impactando diretamente na qualidade da água do sistema que abastece a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) e do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP). Chacon (2007), questionava sobre a escolha política de levar água do sertão para o litoral, o que faz concentrar ainda mais a atividade econômica,

populacional, a renda e o poder político nessa região, o que faz dessa decisão um paradoxo em relação à política oficial de desenvolvimento regional e descentralização.

Figura 5-Condição visual da qualidade da água do açude Acarape do Meio em setembro de 2012

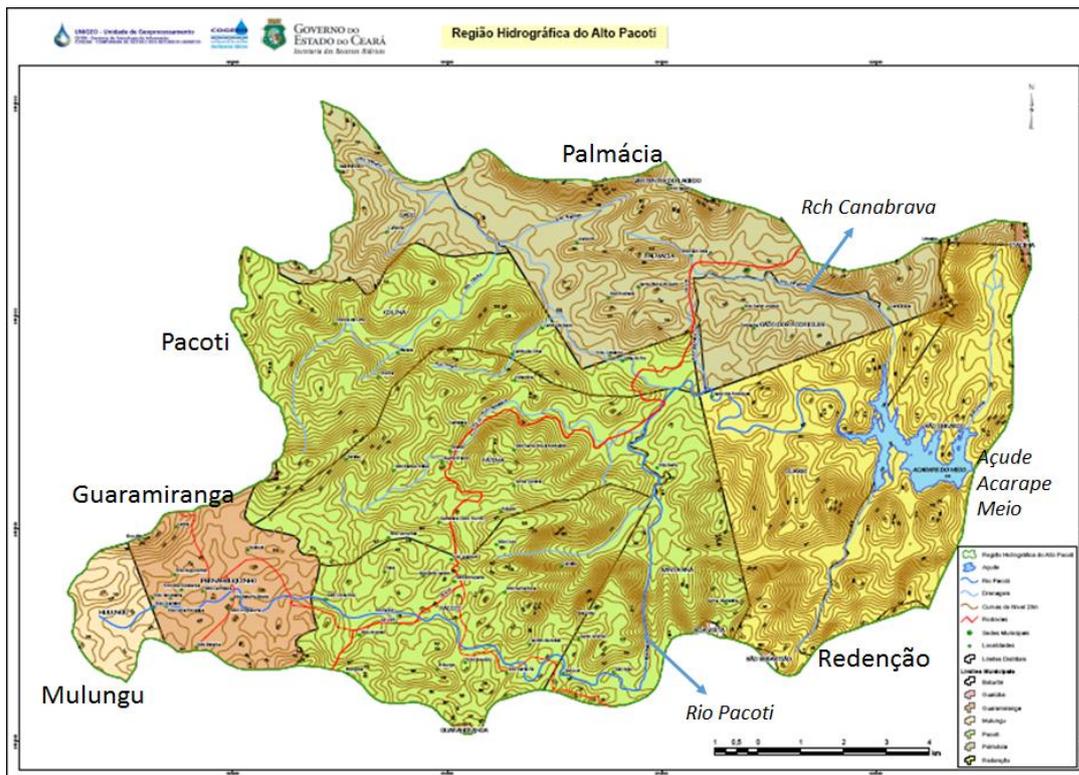


Fonte: o autor, 2012.

O açude Acarape do Meio, cuja capacidade é de 30 hm³, barra um dos principais rios das bacias metropolitanas, o rio Pacoti, com uma extensão na ordem de 112,5 km, cuja nascente localiza-se no maciço do Baturité, mais precisamente entre os municípios de Mulungu e Guaramiranga. A bacia hidrográfica do citado reservatório cobre uma área de 241 km² dos 1.257 km² da Bacia do Rio Pacoti.

A bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio é formada por parte dos municípios de Mulungu, Guaramiranga, Pacoti, Palmácia e Redenção, tendo o rio Pacoti como principal calha de drenagem, mas também se observa ainda outros três importantes riachos, o Canabrava, o Calção e o Brenha (Figura 06).

Figura 6-Bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio com as divisões municipais



Fonte: COGERH).

3.1.2 – Caracterização da Bacia do Açude Acarape do Meio

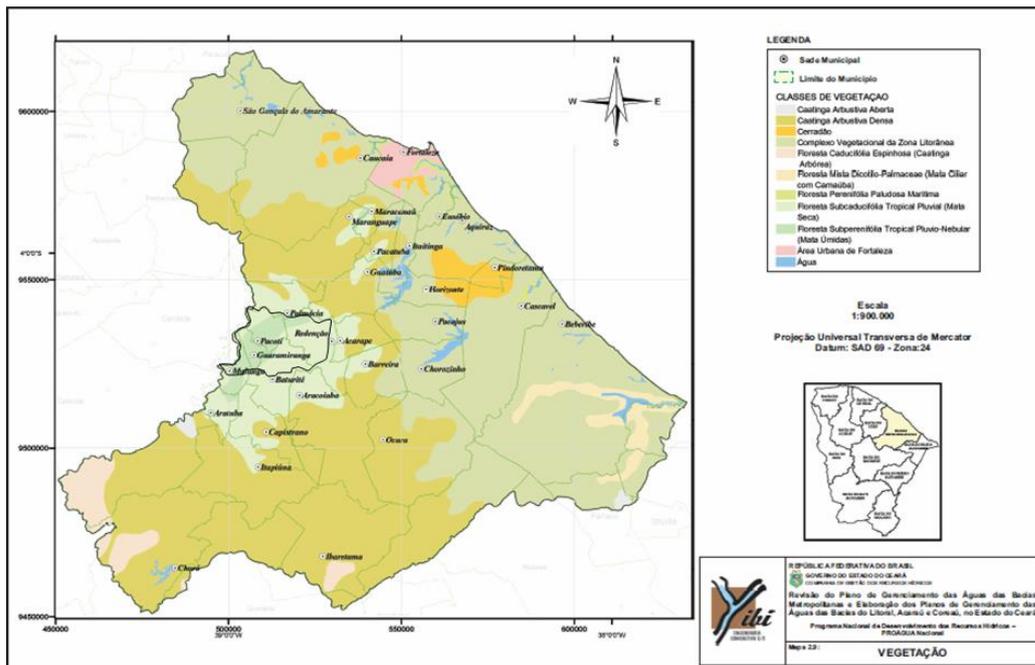
O **clima** é caracterizado como tropical de monção (Amw'), com estação chuvosa atrasada para outono, em vez de verão (KÖPPEN apud SRH-CE, 2001). A temperatura média fica em torno de 25⁰ C, podendo atingir valores inferiores a 22⁰C no ápice da Serra do Baturité.

A **vegetação** é do tipo arbórea. Abrange diversas tipologias vegetais, caatinga, no domínio da depressão sertaneja, matas úmidas e matas secas associadas aos maciços residuais e vegetação de tabuleiros na região pré-litorânea (Figura 07).

A **geologia** apresenta associação petrotectônica denominada de Complexo Gnáissico-Migmático que representa o embasamento cristalino, com posicionamento no Proterozóico, conforme Figura 08 (CEARÁ, 2010).

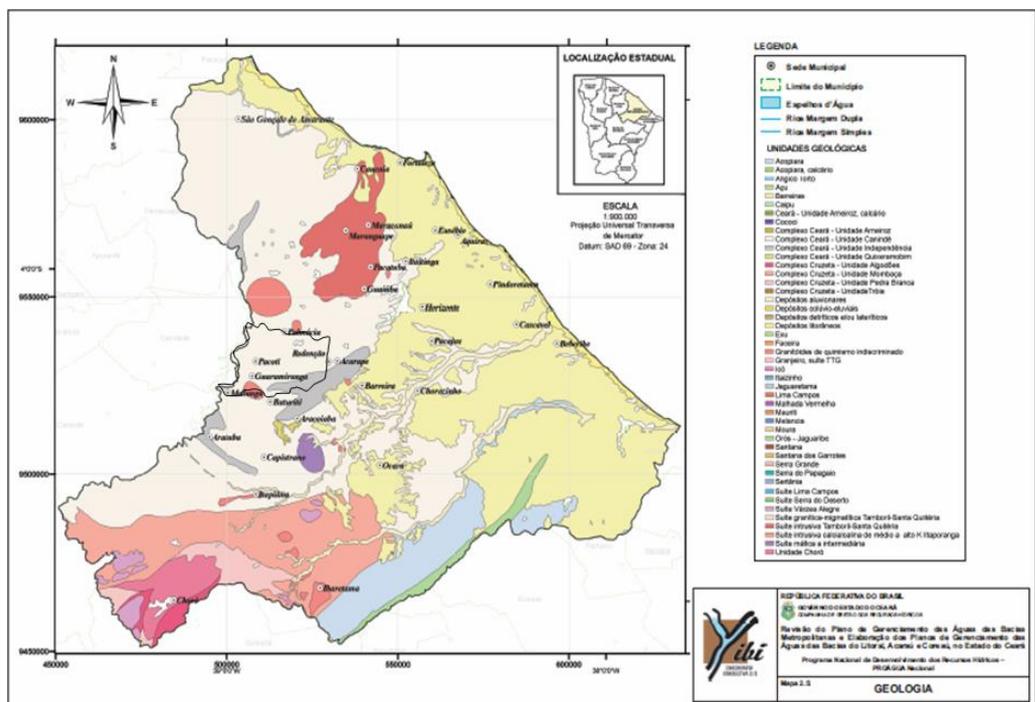
Os **solos** predominantes são Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico (jusante) e Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico (montante) (Figura 09).

Figura 7-Mapa de vegetação



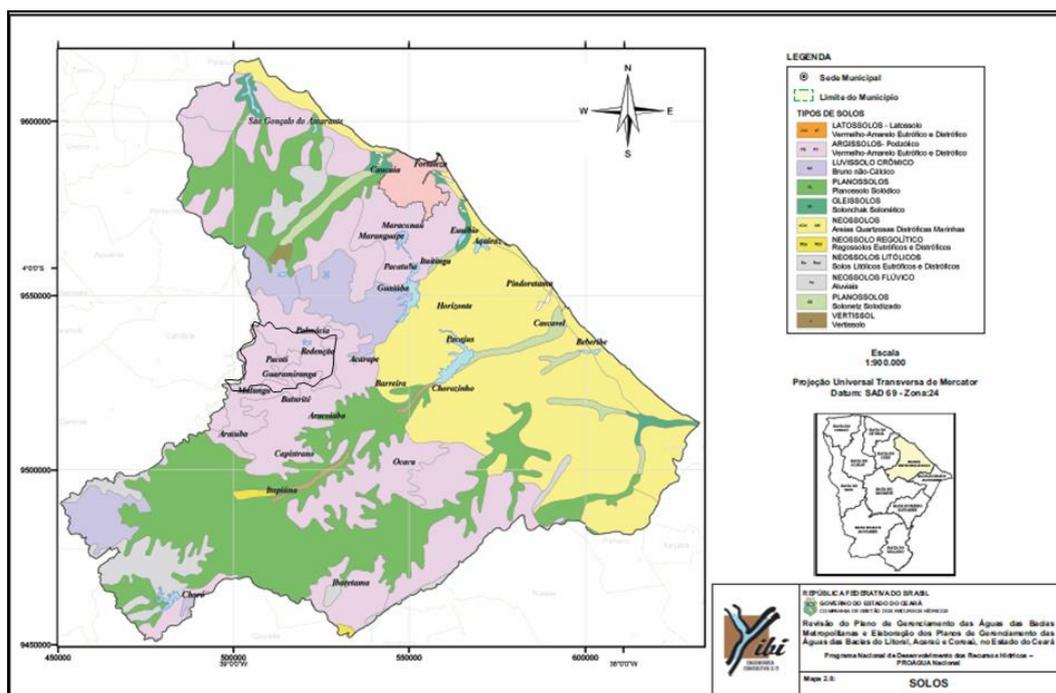
Fonte: COGERH, 2010

Figura 8-Mapa de geologia da bacia



Fonte: COGERH, 2010

Figura 9-Mapa da classificação de solos



Fonte: COGERH, 2010

3.2 – Participação social no processo de enquadramento.

3.2.1 – Procedimento legal do enquadramento com inovações.

Para esta fase da pesquisa a metodologia teve como eixo balizador a resolução nº 91, de 5 de novembro de 2008, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.

Como primeira ação foi estabelecido a classe de qualidade de água, tomando por base a resolução CONAMA nº 357 de 2005, tendo como referência:

- I – A bacia hidrográfica como unidade de gestão e;
- II – Os usos preponderantes mais restritivos.

A construção da proposta obedeceu ao artigo 3º da citada resolução do CNRH, atentando-se para o:

- I – Diagnóstico;
- II – Prognóstico;
- III – Propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento e;

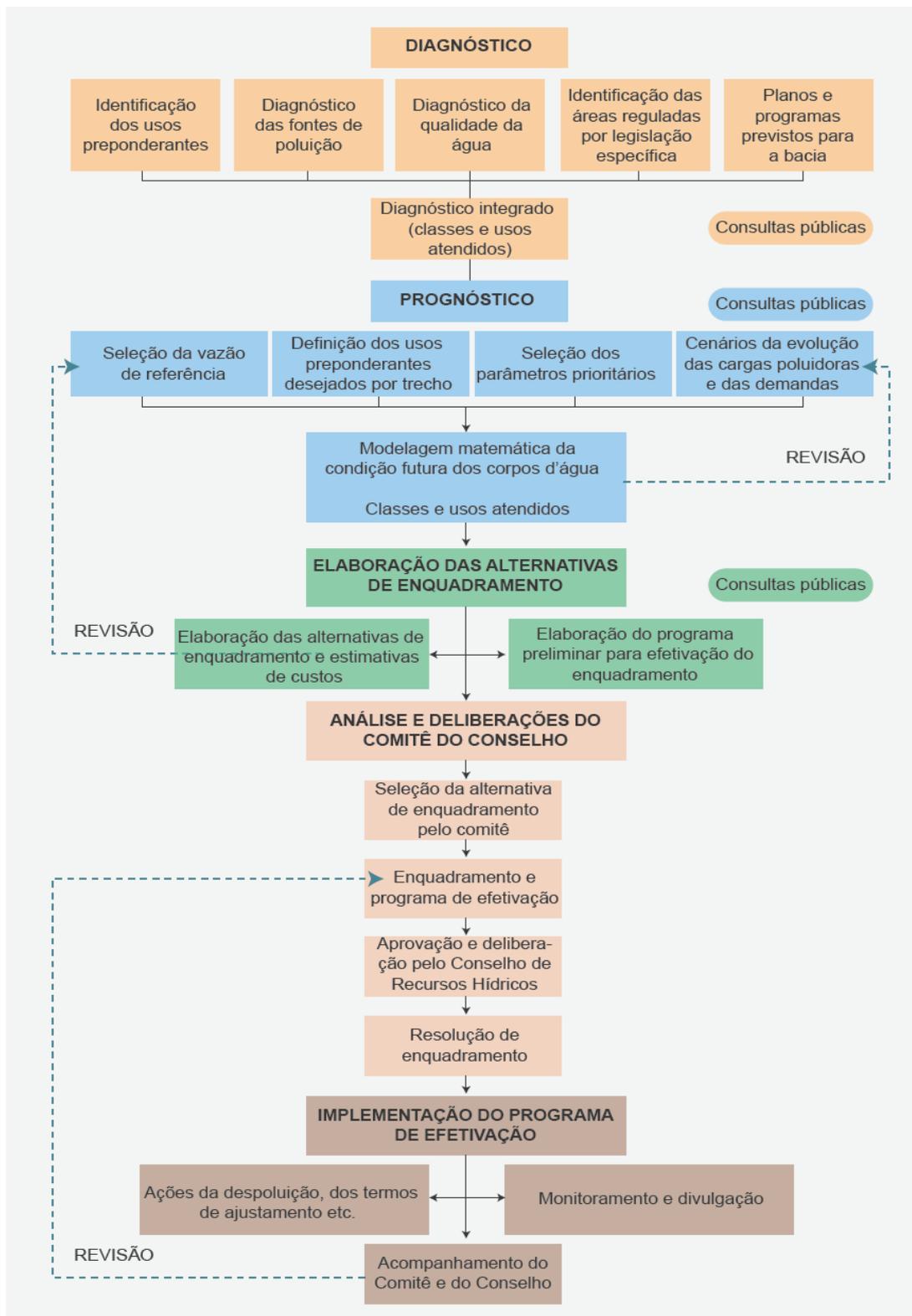
IV – Programa para efetivação.

O Caderno de Capacitação de Recursos Hídricos da ANA (2011) traz um fluxograma que descreve bem todas as etapas do processo de enquadramento (Figura 10), que também foi usado como linha básica para esta fase da pesquisa. No entanto, percebeu-se, ao longo do desenvolvimento da metodologia, que ao trabalhar exclusivamente com o Comitê de Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF), com abrangência em quatorze sub-bacias, a discussão tenderia para um arrefecimento e um profundo descrédito. Na sua atual composição, com 60 membros entre usuários de água bruta, poder público federal, estadual e municipal, além da sociedade civil organizada, como movimentos de igrejas, ONG's e associações comunitárias, não seria possível conseguir internalizar a problemática para a sub-bacia do açude Acarape do Meio, bem como a plenária do comitê não teria uma visão robusta da real necessidade de se vivenciar a implementação de um instrumento de gestão tão desafiador e necessário para uma região hidrográfica tão vulnerável hidricamente. Foi verificando essas dificuldades que se começou a propor mudanças em relação ao fluxograma da ANA (2011).

Nesse momento se propôs, inicialmente, em assembleia ordinária do CBH-RMF, a criação de um Grupo de Trabalho (GT) exclusivo para tratar desse tema, desempenhando um papel de braço executivo do comitê, para somente depois, o assunto já devidamente discutido, ser levado para um colegiado que representasse a comunidade local, nesse caso trabalhou-se com a Comissão Gestora do Açude a ser enquadrado, de onde saiu uma proposta de enquadramento que foi levada para uma discussão dentro do CBH-RMF. O GT foi precisamente formado por um representante de uma agroindústria local (YPIOCA), um representante da concessionária de água tratada daquela sub-bacia (CAGECE), de um representante da Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), um representante do Sindicato dos Engenheiros do Ceará (SENGE-CE), um representante do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), um representante do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), um representante da Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH), um representante da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), um representante da Universidade de Fortaleza (UNIFOR), um representante da Universidade Federal do Ceará (UFC), um representante da Universidade da Integração Internacional da Lusofania Afro-Brasileira (UNILAB) e um representante da Prefeitura

Municipal de Baturité, município que compõe o maciço do Baturité onde está localizado o açude Acarape do Meio.

Figura 10-Etapas do processo de enquadramento dos corpos d'água - Fluxograma ANA



Fonte: ANA, 2011.

O GT de Enquadramento teve como papel o de fazer fluir as discussões e melhorar o processo de capacitação e de acompanhamento dos dados da pesquisa em questão, mas não seria ainda o lugar mais apropriado para emitir uma proposta de enquadramento de corpos d'água. Foi percebido que somente com as pessoas que faziam parte daquela realidade na citada sub-bacia é que poderiam, não somente entender toda a dimensão do tema, como saberiam da importância de conduzir um processo tão inédito e vital para o resgate do desenvolvimento sustentável de uma sub-bacia que já mostra fortes sinais de agressão aos seus recursos naturais, comprometendo seriamente a sustentabilidade ambiental do ecossistema. A plataforma ideal para se definir uma proposta de enquadramento, ou analisar uma, não poderia ser destinada a uma tênue consulta popular, mas a um colegiado formado pela própria comunidade local e devidamente referendado pelo Comitê de Bacia e pelo Estado. Neste caso estava à disposição a Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio, ente do processo participativo da gestão dos recursos hídricos no Ceará.

Através do Conselho de Recursos Hídricos do Ceará (CONERH) o governo do Estado emite a resolução nº 02 de 20 de novembro de 2007, que resolve implementar em alguns açudes estratégicos Comissões Gestoras para açude isolados como braços locais dos comitês de bacias hidrográficas. Esta pesquisa viu nessa resolução a estrutura organizacional que faltava para a consolidação do processo de enquadramento dos corpos d'água, sendo um colegiado perfeito para substituir as consultas públicas que pouco produziram êxito, conforme pesquisas científicas analisadas. Vislumbrou-se, assim, a plataforma que faltava para alicerçar todo o processo inovador de implementação de um instrumento de gestão tão ousado quanto o enquadramento.

Quem melhor conhece seu habitat são os que nele moram e convivem, sendo assim a Comissão Gestora de Açudes é o ambiente e o colegiado certo para discutir, entender melhor os problemas locais e sugerir proposta de enquadramento de corpos d'água em classes de uso. Uma das condições para a formação dessas comissões locais é que alguns participantes devem fazer parte do Comitê de Bacias Hidrográficas, como representante daquela sub-bacia dentro do CBH-RMF.

Foi somente com essa nova estratégia que a pesquisa evoluiu sensivelmente, com ganhos importantes advindos dos moradores e usuários. Eles não só acompanharam o desenrolar da análise dos dados, como sugeriam observações mais acuradas para certas localidades.

O *feed-back* foi tão intenso e estimulante que os dois lados, comissão gestora e pesquisador, sentiram uma necessidade natural de alcançar o êxito desse projeto inovador. Muitas pesquisas científicas foram desenvolvidas na sub-bacia do açude Acarape do Meio, pesquisando temas relevantes como a eutrofização desse reservatório e produzindo resultados importantes, como por exemplo, o estudo de Lima (2007) que ilustrou o estado trófico do Açude Acarape do Meio, ou a pesquisa de Ribeiro (2007) que efetuou a ligação do estado trófico com a determinação de indicadores de qualidade de água ou ainda o levantamento espacial e temporal de variáveis limnológicas e sua influência sobre as cianobactérias no reservatório Acarape do Meio que já se encontra eutrofizado (PACHECO, 2009). Essa profusão de pesquisas acadêmicas na referida sub-bacia se deve ao fato da mesma deter o maior número de dados de qualidade e quantidade de água, no entanto nenhuma destas ou qualquer outra pesquisa conseguiu deixar algum produto real que pudesse mudar a realidade desse corpo hídrico, findando apenas em resultados aprisionados em teses gráficas estocadas em bibliotecas acadêmicas.

Quanto mais se descobria ou se diagnosticava, mais se discutia e se exigia avanços para a consolidação de todo o processo de enquadramento dos corpos hídricos daquela sub-bacia. A Comissão Gestora oxigenou em muito o processo de construção de enquadramento dos corpos hídricos locais, ou seja, trecho do seu principal rio e do açude Acarape do Meio, fonte hídrica que gera para aquele povo melhor qualidade de vida e desenvolvimento econômico e social.

Em pouco tempo a Comissão já tinha deliberado uma proposta e solicitava o encaminhamento em caráter de urgência para o CBH-RMF.

3.2.2 – Construção do processo participativo para o enquadramento.

Para o êxito da construção de um processo compartilhado, a participação social daqueles que fazem os múltiplos usos da bacia do açude Acarape do Meio, quer seja por meio da sociedade civil organizada, ou do poder público ou dos usuários de água bruta, foi imprescindível para legitimar todo esse procedimento inovador de construção do enquadramento de corpos d'água em rio intermitente e reservatório no semiárido cearense.

O processo participativo foi construído inicialmente a partir de uma apresentação da pesquisa junto ao Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF) no mês de maio de 2014. Nessa reunião ordinária do CBH-

RMF, foi sugerida a criação de um GT (Grupo de Trabalho), como parte da proposta de metodologia para o eixo participação social.

Esse GT foi um grupo de trabalho específico para tratar do tema, bem como desempenhou um importante papel de braço do comitê na condução de todo o processo de implementação do instrumento de gestão de enquadramento, já que seria muito difícil a orientação desses trabalhos no âmbito do CBH-RMF com seus 60 membros. A plenária em votação e por consenso aprovou a criação do referido GT, composto por 12 membros, conforme ata do CBH-RMF relativa à 34ª reunião ordinária que consta no Anexo C.

O processo participativo teve sua continuidade agora no campo do GT, onde foram realizadas 05 reuniões cujas atas constam no anexo C. Todo o processo de discussão junto ao GT durou oito meses, tendo iniciado no mês de maio de 2014 e finalizado no mês de janeiro de 2015.

Outra inovação no processo participativo foi trabalhar com um colegiado que estivesse inserido na própria sub-bacia, totalmente identificado com a comunidade local. Neste caso o modelo da política de gestão dos recursos hídricos do Estado do Ceará contempla a criação de COMISSÕES GESTORAS, especificamente para açudes isolados, conforme resolução nº 02, de 20 de novembro de 2007 do CONERH, atuando como uma extensão local do Comitê de Bacia Hidrográfica. No caso da Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio, a mesma foi criada pela resolução nº 07, de 16 de abril de 2009 pelo CBH-RMF.

No caso de alguma região hidrográfica ou sub-bacia não ter um colegiado dessa envergadura, sugere-se a criação de um tipo de comissão gestora de açude para auxiliar no processo de implementação do instrumento de enquadramento. Essa estratégia anularia as dificuldades encontradas, como por exemplo, as mencionadas por Gallinda (2014), quando descreveu sobre procedimentos metodológicos para a fase de diagnóstico do enquadramento de corpos d'água em pequenas bacias rurais.

Nesta fase da pesquisa foram realizadas 03 reuniões com a Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio, conforme atas em anexo, que perdurou por 09 meses, onde a primeira reunião se deu no dia 23 de junho de 2015 e a última foi registrada no dia 16 de março de 2016. Outros encontros também foram realizados, mas de maneira informal sem o registro de atas. Esta Comissão Gestora foi instituída através da resolução nº 07, de 16 de abril de 2009 pelo CBH-RMF. Esse foi o colegiado que se mostrou mais eficiente a ser trabalhado, onde foram realizados 03 encontros formais. Aqui se teve a

oportunidade de conhecer melhor a bacia hidrográfica onde se vive. Foi possível perceber seus principais problemas e desafios, bem como as oportunidades que poderiam ser melhor aproveitadas no resgate de uma bacia que pudesse ser mais eminentemente sustentável.

Depois do levantamento do diagnóstico da bacia, com a definição do uso preponderante, da identificação das poluições pontuais e difusas, com a devida classificação de cada trecho do rio Pacoti e de seus afluentes, bem como do açude Acarape do Meio, da apresentação de cenários (prognóstico) e de um programa de efetivação, que incluía várias políticas públicas voltadas para o alcance das metas a serem atingidas, a comissão gestora do açude deliberou sobre proposta de enquadramento a partir de dois cenários apresentados.

A comissão gestora do açude Acarape do Meio enviou a proposta vencedora de enquadramento para apreciação pelo Comitê de Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF), que foi possível ser analisada devido ao ambiente criado pelo GT.

O Comitê CBH-RMF em primeira reunião aprovou a proposta de enquadramento, conforme descrito no capítulo Resultados e Discussão, mas solicitou melhor indicação temporal para o programa de efetivação das metas, o que devidamente atendido e reapresentado na reunião ordinária seguinte no dia 22 de junho de 2016, para finalmente ser encaminhada a minuta de resolução para o Conselho de Recursos Hídricos do Ceará. Após essa etapa a proposta foi encaminhada para o CONERH – Conselho de Recursos Hídricos do Ceará, que é o órgão máximo da política estadual dos recursos hídricos do Estado do Ceará, para sua apreciação e provável aprovação com a devida emissão da primeira resolução de enquadramento de trecho de rio intermitente e reservatório no semiárido cearense e nordestino.

3.3 – Monitoramento de qualidade de água.

Nesta fase foi definida a localização das seções de coleta de água e medição de vazão, tanto ao longo do rio principal, o rio Pacoti, como dos outros três riachos, o riacho Calção, Brenha e Canabrava, que deságuam diretamente no açude Acarape do Meio. O monitoramento da qualidade de água na bacia hidráulica deste açude, por sua vez, é realizado em 7 pontos de coleta distribuídos ao longo do seu espelho

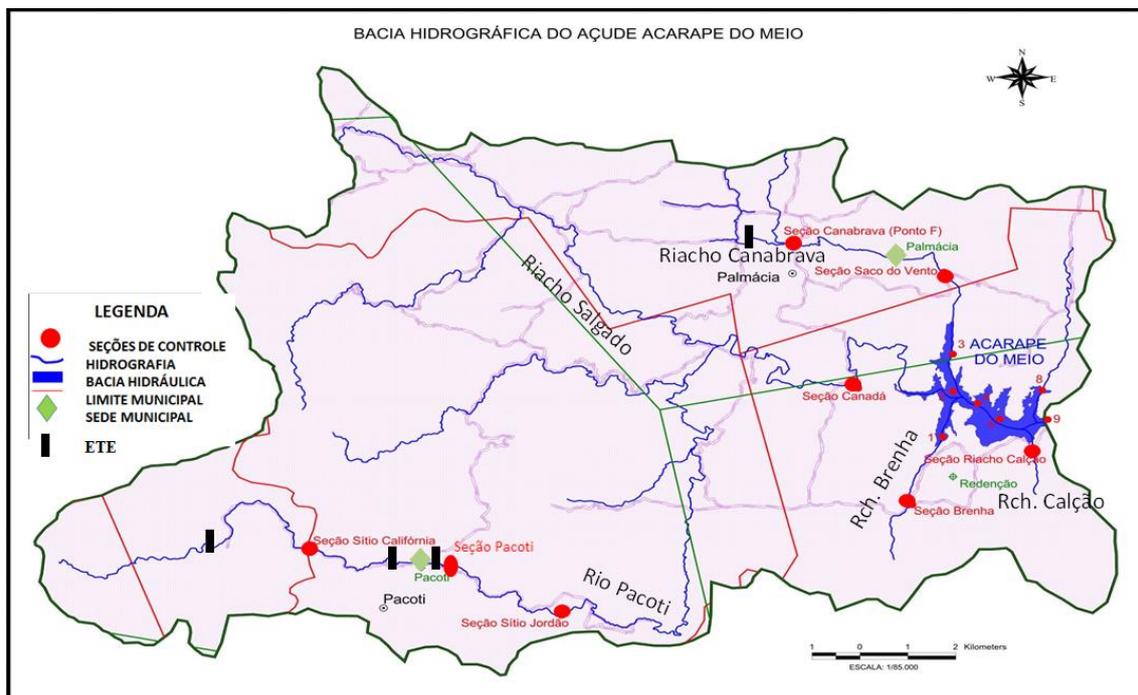
d'água, de acordo com a rede de monitoramento da qualidade da água da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH).

3.3.1 – Monitoramento de qualidade de água na rede de drenagem.

Para fazer todo o acompanhamento e a devida mensuração dos impactos antrópicos na bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio, foram instaladas oito seções de monitoramento para a coleta de água e medição de vazão em pontos previamente definidos após várias visitas ao local e após consulta aos usuários, a partir da Comissão Gestora deste manancial.

Quatro seções de monitoramento quali-quantitativas foram locadas no rio principal, o rio Pacoti, duas no riacho Canabrava, uma seção no riacho Calção e a última no riacho Brenha (Figura 11).

Figura 11-Seções de monitoramento no Rio Pacoti e nos Riachos Canabrava, Brenha e Calção



Fonte: Autor, 2016.

3.3.1.1 – Seção Pernambuco

Na seção Pernambuco (Figura 12), primeira seção de monitoramento do Rio Pacoti, seção que fica mais próxima da nascente conforme localização da SEMACE.

Figura 12-Seção Pernambuco - Primeira seção do Rio Pacoti



Fonte: Autor, 2016.

É importante ressaltar que há um distrito no município de Guaramiranga chamado de Pernambuco, motivo pelo qual a seção levou esse nome. À montante desta seção foi identificado uma Estação de Tratamento de Esgoto da CAGECE, hoje desativada, com a mesma denominação do referido distrito (Figura 13).

Figura 13-ETE Pernambucoquinho - Atualmente desativada



Fonte: Autor, 2016.

3.3.1.2 – Seção Pacoti

A seção de monitoramento denominada PACOTI, se deu pelo fato da mesma estar localizada na sede do citado município, mais precisamente na saída da sede da cidade, logo após a Estação de Tratamento de Esgoto da CAGECE chamada de ETE 13 maio (Figura 14).

Figura 14-Seção Pacoti - na saída do município homônimo



Fonte: Autor, 2016.

É possível ainda perceber na foto acima que a qualidade da água está consideravelmente comprometida. Observa-se também na referida foto ocupação irregular na área de preservação permanente desse corpo hídrico, com pequenos currais e moradias sem qualquer estrutura ou saneamento.

3.3.1.3 – Seção Jordão

Assim como as outras duas seções de monitoramento relatadas tiveram um propósito técnico-científico para sua instalação, pois a primeira, Pernambuco, localizou-se próximo à nascente do rio a ser estudado e antes da sede municipal de Pacoti, a segunda seção, Pacoti, localizou-se exatamente à jusante da sede da cidade e de uma Estação de Tratamento de Esgoto daquela cidade, no caso desta seção, Jordão, cujo nome refere-se a um pequeno distrito homônimo, o propósito se deu pelo fato de ser uma área representativa no cultivo de hortaliças e outras atividades agrícolas (ver Figura 15 e 16). A ideia foi conferir a influência de uma agricultura de sequeiro e irrigada que tem a prática da extensão rural também extremamente deficitária, de forma que o agricultor não recebe uma capacitação ou treinamento eficiente para que ele possa desenvolver uma agricultura sustentável e de baixo impacto ambiental.

Figura 15-Seção Jordão - terceira seção do Rio Pacoti - área agrícola



Fonte: Autor, 2016.

Figura 16-Cultivo de chuchu próximo à seção Jordão



Fonte: Autor, 2016.

3.3.1.4 – Seção Canadá

Esta é a última seção de monitoramento e controle mais a jusante na calha do rio principal, ou seja, o Rio Pacoti (ver Figura 17). Esta seção, além de estar a 5,0 km da entrada do açude Acarape do Meio, o que fornecerá os dados de carga de fósforo e vazão para o modelo proposto para modelagem de reservatório no semiárido, QUAL-HIDROSED, esta seção também recebe todo o impacto da sub-bacia do riacho Salgado, um tributário do Rio Pacoti, cuja vocação dessa região é eminentemente pecuária e agricultura de sequeiro, principalmente o cultivo da banana. A população rural é bastante expressiva, pois aqui localizam-se os distritos de Gado, Colina, Gameleira, Fátima, Germinal e Santana.

Figura 17-Seção Canadá - Na entrada do açude Acarape do Meio



Fonte: Autor, 2013.

3.3.1.5 – Seção Brenha

A seção Brenha (Figura 18) foi batizada assim em nome da comunidade Brenha ali localizada, e teve o objetivo de monitorar a participação do impacto dessa pequena bacia, cujo riacho tem pouco mais de 4,0 km de extensão. A pequena bacia Brenha, que ocupa apenas 4,4 % da área total da sub-bacia do Açude Acarape do Meio, apresenta uma pequena população rural sem qualquer serviço de saneamento básico e as atividades agropecuárias são praticamente de subsistência.

Figura 18-Seção Brenha - Riacho homônimo - chuva de 2013



Fonte: Autor, 2013.

3.3.1.6 – Seção Calção

No distrito de Calção, localizado no município de Redenção, está a seção Calção (Figura 19), a menor de todas as pequenas bacias da sub-bacia do Açude Acarape do Meio, com uma área de 6,5 km², representando apenas 3,3 % de toda a área da bacia hidrográfica daquele açude, cujo riacho homônimo tem apenas 3,7 km de extensão.

Figura 19-Seção Calção - Riacho homônimo



Fonte: Autor, 2013.

Assim como na micro bacia Brenha, a agricultura familiar é a principal atividade, apresentando uma pequena população rural dispersa. Do mesmo modo que as demais micro bacias dessa região, as residências ou não possuem banheiros ou quando apresentam os mesmos são rudimentares.

3.3.1.7 – Seção Saco do Vento

Esta é uma das duas seções instaladas no riacho Canabrava, riacho que corta a sede do município de Palmácia, com uma extensão média de 9,64 km, e que ocupa uma área de aproximadamente 12 % da área da bacia hidrográfica do Acarape do Meio.

Esta seção, assim com as outras recebeu o nome do distrito onde foi instalada, distrito Saco do Vento do município supracitado (Figura 20). Ela fica na entrada do açude Acarape do Meio, portanto à jusante da sede do município de Palmácia e que recebe o efluente da Estação de Tratamento de Esgoto de Palmácia, a ETE Palmácia.

Figura 20-Seção Saco do Vento - Riacho Canabrava - Entrada do açude Acarape - Chuva de 2013



Fonte: Autor, 2013.

A frequência das coletas para qualidade da água se deu de forma mensal, sempre por volta das 09:00 h. Para o monitoramento da vazão, foram instaladas régua linimétricas com leituras diárias às 07:00 h, feitas por moradores locais indicados pela Comissão Gestora do açude. Uma planilha foi deixada para que essas leituras pudessem ser registradas e no final da semana eram recolhidas. Para se obter a curva chave da seção foram efetuadas algumas medidas de vazão em cada seção, onde foi utilizado o medidor de vazão tipo FlowTracker em alguns eventos de precipitação significativos, correlacionando com a leitura do dia na régua linimétrica. Foram realizadas pelo menos 05 medições de vazão em cada seção instalada.

As seções, após sua localização em GPS (Sistema de Posicionamento Global), conforme Tabela 3.1, receberam uma terminologia própria para a identificação das amostras conduzidas a laboratórios para análise de qualidade de água.

Tabela 1-Localização em UTM (zona 24) das seções

Nome da Seção	Corpo hídrico	Localização UTM		Terminologia
		E	N	
Pernambuquinho	Rio Pacoti	522.027	9.535.833	RPA11
Pacoti	Rio Pacoti	519.444	9.534.466	RPA10
Sítio Jordão	Rio Pacoti	509.627	9.533.013	RPA09
Canadá	Rio Pacoti	505.199	9.533.987	RPA07
Canabrava	Rch. Canabrava	512.163	9.531.725	RCA01
Saco do Vento	Rch. Canabrava	517.915	9.537.415	RCA02
Calção	Rch. Calção	520.15	9.540.130	RCL01
Brenha	Rch. Brenha	517.071	9.540.932	RBR01

Fonte: Autor, 2016.

Para o monitoramento da vazão nas seções de controle, foram realizadas medições utilizando um molinete do tipo FlowTracker (Figura 21), durante o período chuvoso do ano de 2013 e 2014. Também foram realizadas medidas de vazão nas seções localizadas nos outros três riachos. Na estação seca não foi observado qualquer evento de fluxo no rio.

O monitoramento contínuo das vazões escoadas foi garantido com a participação de moradores das comunidades próximas às seção de controle, que realizavam a leitura de nível, sempre nas primeiras horas da manhã, em régua limnimétricas instaladas nas seções e registravam em planilhas (Figura 3.22).

Figura 21-Medição de vazão nas seções utilizando o medidor Flowtracker



Fonte: Autor, 2013.

Figura 22-Réguas limnimétricas utilizadas para leituras de lâminas d'água



Fonte: Autor, 2013.

Para a análise da qualidade de água foram coletadas amostras mensais nas oito seções implantadas na bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio (Figuras 23 e 24). Amostras para análise físico-químicas, bacteriológicas e de nutrientes eram enviadas para os laboratórios para o monitoramento de 19 parâmetros, dentre eles os que seriam necessários para a modelagem. No levantamento de dados de qualidade de água das seções de controle, foi ainda utilizada uma sonda paramétrica para medição de OD, pH, temperatura, condutividade elétrica e sólidos totais (Figura 25).

Figura 23-Coleta de água nas seções



Fonte: Autor, 2016.

Figura 24-Etiquetamento das amostras para o laboratório



Fonte: Autor, 2016.

Figura 25-Detalhe do uso da sonda paramétrica nas seções



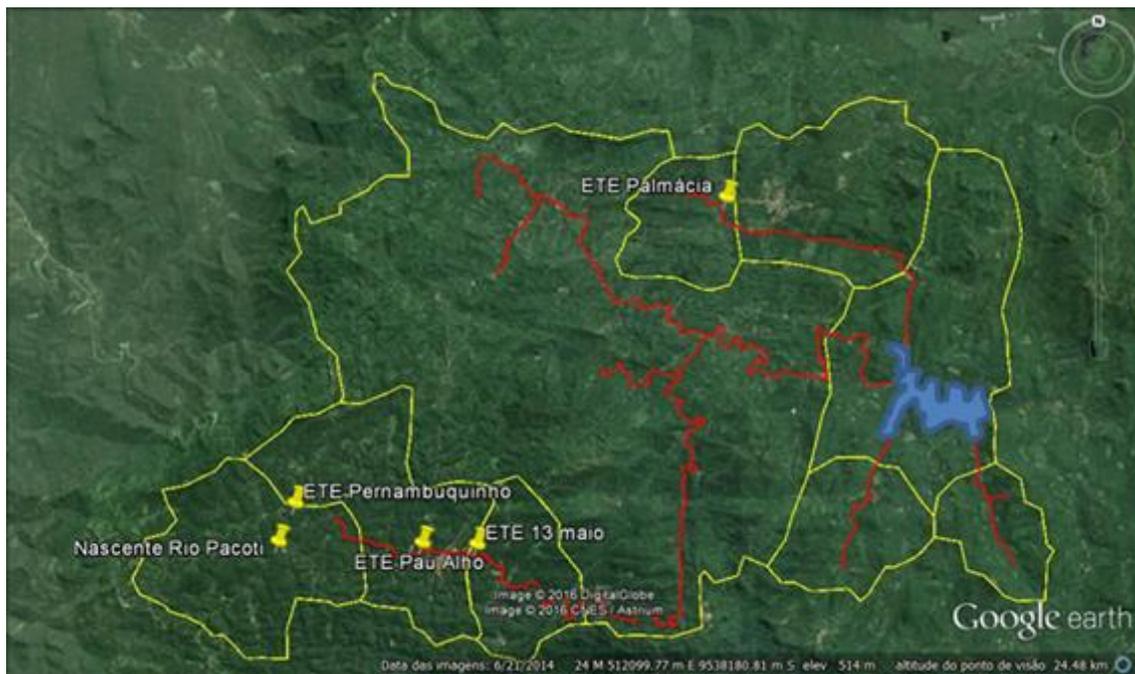
Fonte: Autor, 2013.

3.3.2 – Monitoramento de qualidade dos efluentes nas Estações de Tratamento de Esgoto da bacia.

As Estações de Tratamento de Esgotos da CAGECE (Companhia Água e Esgoto do Ceará) localizadas na bacia hidrográfica em estudo foram devidamente identificadas, conforme a Figura 26. Foi observado a existência de 04 ETE's, sendo uma no município de Guaramiranga, ETE Pernambuquinho, desativada, duas no município de Pacoti (ETE Pau do Alho e 13 de maio) e uma no município de Palmácia (ETE Palmácia). Após a localização por GPS, passou-se a efetuar coletas mensais de seus efluentes, sempre no horário de 09:00 h, onde foram analisados os seguintes parâmetros: Fósforo total, Coliformes termotolerantes, OD e DBO.

A ETE 13 de maio (Figura 27), no município de Pacoti, trata a maior parte do esgoto desta cidade, ficando a ETE Pau do Alho quase que exclusivamente para receber o efluente do matadouro da cidade (Figura 28).

Figura 26-Localização das quatro ETE's na bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio



Fonte: Autor, 2016.

Figura 27-ETE 13 de maio no município de Pacoti, à montange da seção Pacoti



Fonte: Autor, 2014.

Figura 28-ETE Pau do Alho - na entrada do município de Pacoti



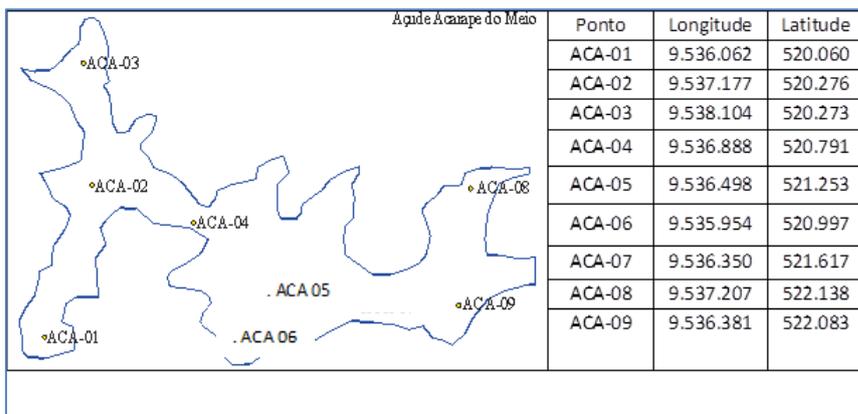
Fonte: Autor, 2014.

De acordo com a localização das ETE's no mapa da Figura 26, a ETE Pernambuco fica praticamente na nascente do Rio Pacoti e à montante da primeira seção de controle, mas atualmente se encontra desativada. Seguindo o Rio Pacoti alcança-se a sede municipal de Pacoti onde se localiza a ETE Pau do Alho na entrada da cidade e a ETE 13 de maio na saída da cidade e à montante da segunda seção de controle. A última ETE está localizada à montante da sede do município de Palmácia, lançando seu efluente direto no Riacho Canabrava.

3.3.3 – Monitoramento de qualidade de água no reservatório Acarape do Meio

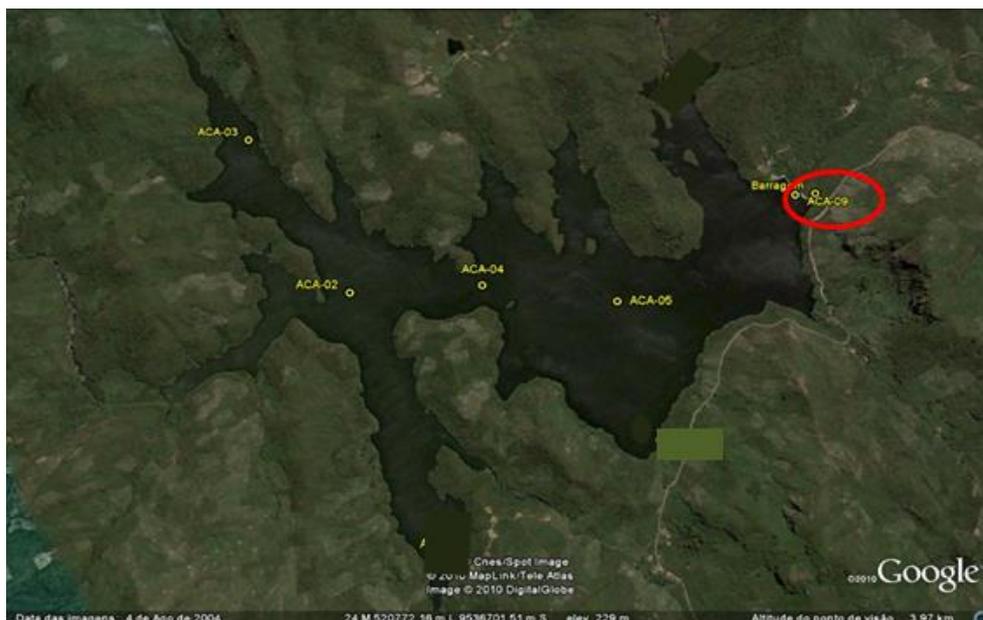
A COGERH dentro da sua rede atual de monitoramento, mantém 09 pontos de coletas de água dentro da bacia hidráulica do açude Acarape do Meio (Figura 29). Para esta pesquisa foram utilizados cinco desses pontos (Figura 30), dando prioridade para o ponto onde ocorre a captação de água para abastecimento humano por parte da concessionária de água tratada do Estado do Ceará (CAGECE), destacado pelo círculo em vermelho.

Figura 29-Pontos de coleta da rede de monitoramento da qualidade da água da COGERH na bacia hidráulica do açude Acarape do Meio



Fonte: COGERH, 2010.

Figura 30-Pontos de coleta escolhida pela pesquisa na bacia hidráulica do açude Acarape do Meio - destaque para o ponto de captação de água da CAGECE



FONTE: Google Earth (2010).

As coletas eram realizadas com periodicidade mensal sempre na última semana do mês no horário das 09:00 h da manhã, avaliando além do fósforo, que foi o parâmetro usado para a proposta de modelagem do “QUAL-HIDROSED”, outros 18 parâmetros físico-químicos, biológicos e de nutrientes. Foi ainda utilizada sonda paramétrica dotada de sensor para medição de turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, profundidade e temperatura em leituras instantâneas (Figura 31). Essa ação possibilitou mensurar a carga de fósforo aportada no reservatório, bem como medir o fósforo inicial relativo ao P_0 da equação de Chapra (1997), e que faz parte do modelo proposto, QUAL-HIDROSED.

Figura 31-Detalhe do uso da sonda paramétrica na bacia hidráulica do açude Acarape do Meio



Fonte: Autor, 2016.

Também foram efetuadas duas coletas para uma análise completa cobrindo os parâmetros inorgânicos e orgânicos da resolução CONAMA 357/05 nas profundidades de 0,5 m da superfície e a 0,5 m do fundo do reservatório, com o intuito de identificar os parâmetros em desacordo com a citada resolução. Essas amostras foram analisadas por um laboratório em Piracicaba – São Paulo, o BIOAGRI. Foi coletada uma amostra no período seco no ano de 2012 e uma no período chuvoso no ano de 2013.

Foram realizadas ainda duas coletas do sedimento de fundo para averiguar a concentração de fósforo precipitado no mesmo período já citado. Usou-se para isso um coletor em forma de draga denominada de garrafa de Van Veen (Figura 32).

Efetuar a coleta do sedimento de fundo fez parte da metodologia para o enquadramento do reservatório no nordeste do Brasil e em condições de semiárido. Desta forma e em função dos resultados o gestor público responsável pela gestão dos recursos hídricos tomará a decisão no sentido de devolver a qualidade de água necessária para o uso preponderante a partir de algumas intervenções que poderão ir até ao desassoreamento do reservatório.

Figura 32-Coleta do sedimento de fundo pela garrafa de Van Veen



Fonte: Autor, 2016.

3.4 – Diagnóstico da bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio.

Na fase de instalação das oitos seções de controle, bem como durante a coleta de água, foi feito todo o processo de levantamento e identificação das poluições pontuais e difusas.

Foi elaborado questionário (Anexo B), que foi aplicado junto ao poder público municipal e outros órgãos estaduais na bacia para a coleta de dados relativo a população nos distritos rurais, situação do saneamento básico nessas localidades, números da pecuária, agricultura irrigada e de sequeiro, localização dos lixões e matadouros públicos e clandestinos.

Outros dados secundários foram obtidos no site do IBGE (www.ibge.gov.br).

Com os dados do questionário, foi feito também uma grande varredura para a identificação de cada ponto de poluição ou de impactos antrópicos, bem como foram levantados 300 pontos em GPS em toda a bacia para efetuar a confecção dos mapas

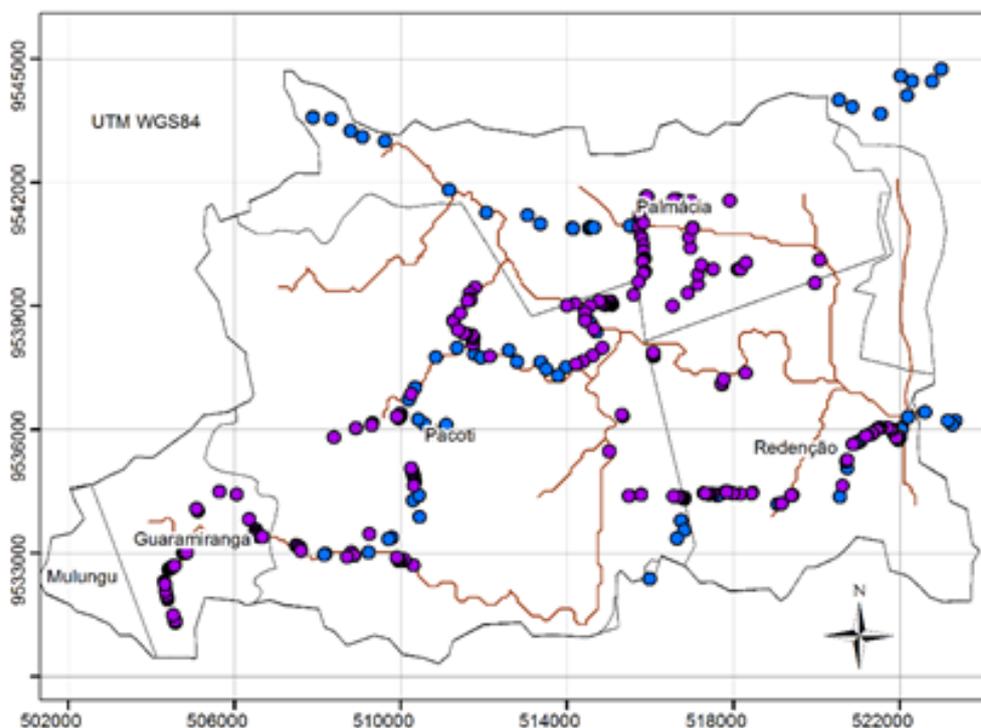
de uso e ocupação do solo através da ferramenta SIG – Sistema de Informação Geográfica.

Os dados de outorga de água bruta também foram levantados no sentido de definir sua prioridade de uso, como um dos pré-requisitos para decidir sobre o enquadramento do corpo hídrico. Os citados dados estão disponibilizados no banco de dados do Sistema de Outorga e Licenciamento – SOL na página da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH (Anexo B).

O levantamento dos pontos em GPS foi uma etapa fundamental para que fosse possível efetuar uma radiografia da bacia do Açude Acarape do Meio, cujo objetivo principal seria a definição do uso e ocupação do solo, no sentido de classificar os corpos d'água superficial na atual situação, de maneira a identificar os agentes poluidores e desvelar ações que possam equacionar ou mitigar o dano.

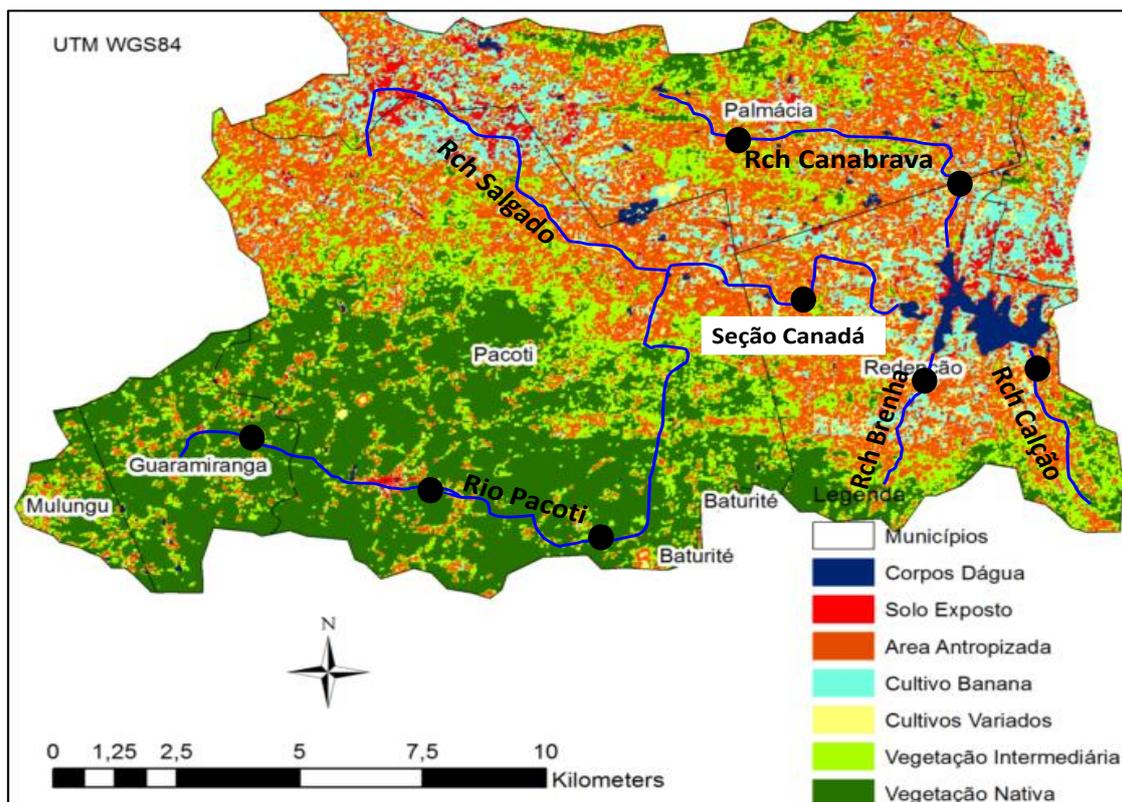
Os referidos pontos em GPS (Figura 33) viabilizaram a edição do mapa de uso e ocupação do solo (Figura 34), ferramenta didática que balizou a classificação dos corpos hídricos de toda a bacia, desde o seu rio principal (Rio Pacoti), passando pelos três riachos, Calção, Brenha e Canabrava, até alcançar a bacia hidráulica do açude em estudo.

Figura 33-Pontos levantados em GPS para determinar o uso e ocupação do solo



FONTE: SOUSA, (2014).

Figura 34-Mapa do uso e ocupação do solo - ano 2013



FONTE: SOUSA (2014).

A partir do mapa de uso e ocupação do solo ficou fácil perceber que a pequena bacia do Riacho Salgado, tributário do Rio Pacoti, interfere diretamente na seção Canadá em termos quantitativo e qualitativo da água. É uma das pequenas bacias mais antropizadas e com expressiva área de bananicultura, além de uma forte pecuária, pois é nesta pequena bacia que se localiza o distrito de maior vocação pecuária, o distrito Gado, além do Colina e Fátima. Como a seção Canadá, sozinha representa quase 50 % de toda a área da bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio.

Ainda na análise do mapa de uso e ocupação do solo acima foi possível notar que a outra pequena bacia fortemente antropizada é a do Riacho Canabrava, localizada no município de Palmácia, no entanto trata-se de uma pequena bacia que representa apenas 12 % da área da bacia hidrográfica em questão, conforme Tabela 3.2.

Tabela 2-Área das seções em relação a área dos municípios e da Bacia Hidrográfica

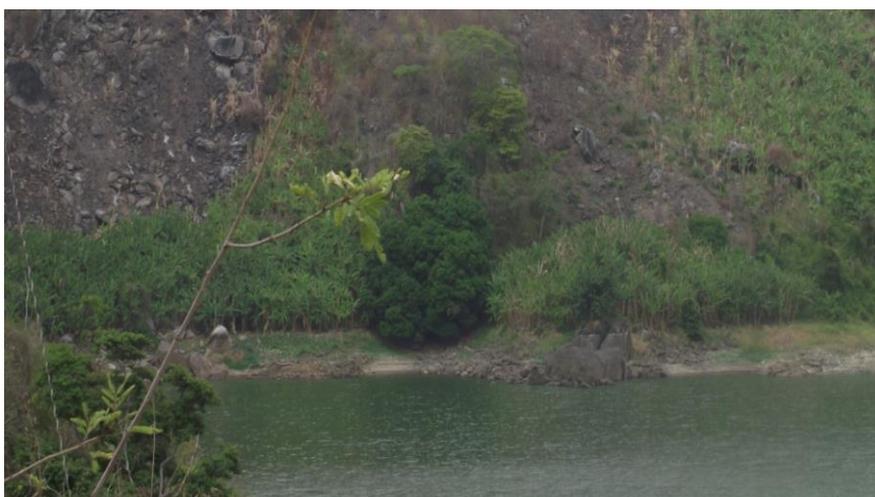
DESCRÇÃO DA SEÇÃO	COORDENADAS		ÁREA DA BACIA (Km²)	Participação da área da seção/município					Área da seção/Área BH (%)
				REDENÇÃO	MULUNGU	PALMÁCIA	GUARAMIRANGA	PACOTI	
				Área [225,3]	Área [128,6]	Área [117,81]	Área [58,12 km]	Área [112,02]	
X	Y								
Seção Calção	522027	9535833	6.5	6.5					3.05
Seção Brenha	519444	9534466	9.4	9.4					4.43
Seção ETE Pacoti	509627	9533013	17.7				5.7	12.1	8.31
Seção Pernambuco	505199	9533987	14.3		5.7		8.6		6.69
Seção Jordão	512163	9531725	8.8				0.0	8.8	4.13
Seção Canadá	517915	9537415	102.4	22.5		2.7	0.0	77.1	48.08
Seção Saco do Vento	520150	9540130	19.8			19.8			9.30
Seção Canabrava	517071	9540932	7.0			7.0			3.28
Entorno Bacia Hidráulica			27.1	25.5		1.6			12.72
	ÁREA TOTAL (km²)		213.0	63.9	5.7	31.1	14.2	98.0	100.00
	município/bacia (%)			30.02	2.68	14.60	6.67	46.00	

Fonte: Autor, 2016.

No mesmo mapa da Figura 34 verifica-se que a área na bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio, onde se situa as seções Pernambuco, Pacoti e Jordão, é a mais conservada ou menos agredida, apesar da localização da sede do município de Pacoti, que exerce forte pressão urbana devido às Estações de Tratamento de Esgoto Pernambuco, Pau do Alho e 13 de maio, e das áreas de horticultura.

É possível ainda constatar no mesmo mapa que a área ocupada pela banicultura está fortemente localizada em boa parte da pequena bacia do Riacho Salgado, nas pequenas bacias das seções Brenha e Calção, além de todo o entorno da bacia hidráulica do Açude Acarape do Meio, conforme Figura 35.

Figura 35-Plantio de banana no entorno da bacia hidráulica do açude Acarape do Meio



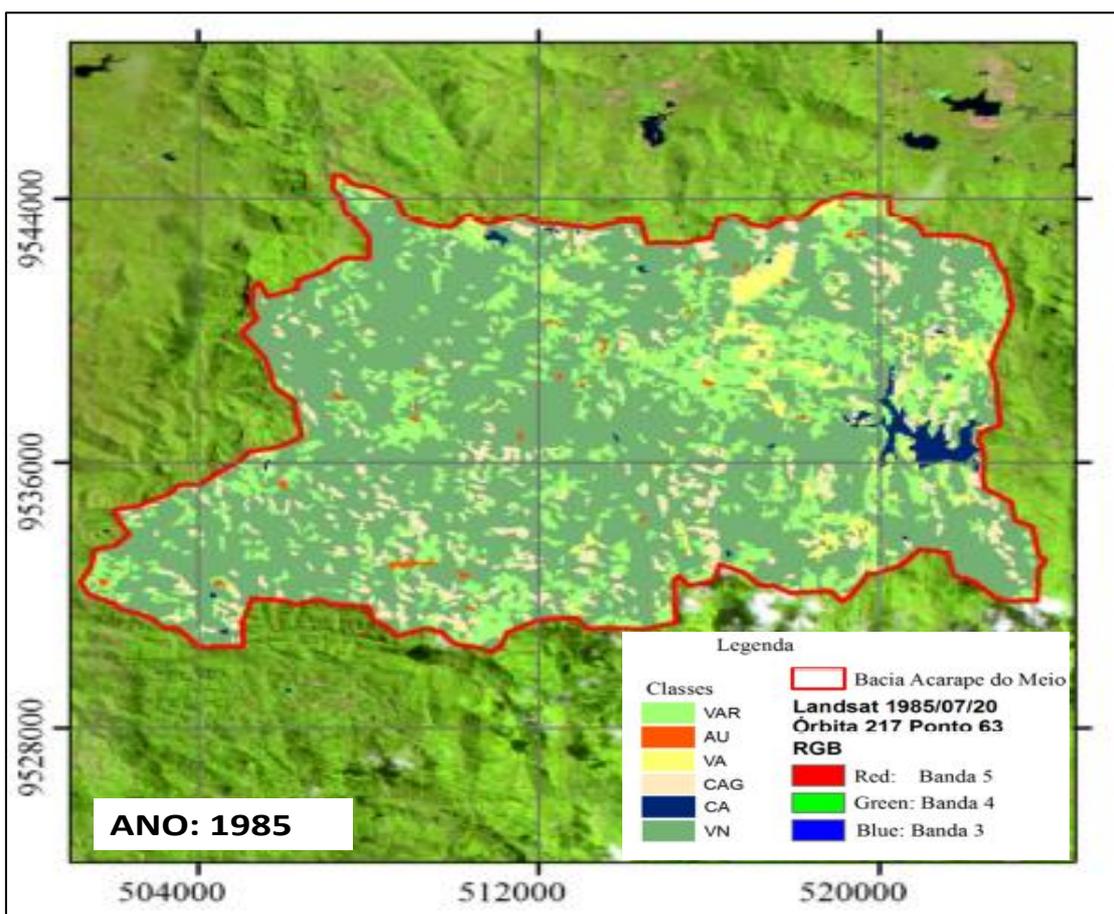
Fonte: Autor, 2016.

As áreas referentes a solo exposto e antropizadas já ocupam mais de 50% de toda a bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio. O conhecimento dessa

informação foi extremamente importante para a definição de um programa de efetivação de metas, ou seja, ao se conhecer a vulnerabilidade da bacia hidrográfica e quais elementos são os responsáveis pela degradação da qualidade de água, as ações mitigadoras podem ser melhores planejadas, bem como servirá como instrumento na tomada de decisão por parte dos gestores públicos quando da implementação de novas políticas públicas voltadas para o resgate da sustentabilidade ambiental desta bacia.

Quando se compara o uso e ocupação do solo desta mesma bacia com o ano de 1985 (Sousa, 2014), é que se compreende quão urgente é ter uma metodologia pragmática e inovadora para o enquadramento dos corpos d'água para regiões como esta (Figura 36), sob pena de num breve espaço de tempo apenas testemunhar a morte do Rio Pacoti, seus tributários, riachos e do próprio Açude Acarape do Meio, aniquilando prematuramente as fontes hídricas que sustentam a vida.

Figura 36-Mapa do uso e ocupação do solo para o ano de 1985



FONTE: SOUSA (2014).

As siglas apresentadas na legenda da Figura 36 representam: VAR (vegetação arbustiva), AU (área urbana), CAG (cultivo agrícola), CA (corpo d'água) e VN (vegetação nativa).

3.5 – Estimativa da carga de nutrientes produzidos na bacia

A estimativa da carga de nutrientes produzida na bacia teve como objetivo verificar o comportamento do cálculo da carga de fósforo através de uma outra metodologia e assim poder comparar com a metodologia proposta, bem como serviu para estimar dados de carga de fósforo nas micro-bacias onde não foi possível mensurar esse parâmetro. Teve ainda o intuito de poder trabalhar nas sub-bacias que não puderam ser modeladas pelo QUAL-UFMG, devido a pequena extensão dos riachos e ao pequeno número de seções de controle, bem como estimar a produção de fósforo nas atividades difusas, tais como a agricultura e pecuária ao longo do trecho de rio modelado. Essa metodologia empírica também permitiu verificar o comportamento de determinadas políticas públicas ou programas de efetivação de metas, como por exemplo a instalação de fossas verdes nas residências rurais sem saneamento básico.

Sendo assim, trabalhou-se com uma metodologia, baseada em índices da literatura e fórmulas empíricas, proposta por Sucupira & Paulino (2007). Esta etapa será de grande importância para avaliar os resultados de políticas públicas na bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio.

3.5.1 – Estimativa da carga de fósforo na bacia hidrográfica

Os dados do questionário aplicado junto ao poder público municipal e outros órgãos estaduais ajudaram a alimentar o manual de *Metodologia de Cálculo do Inventário Ambiental dos Açudes da COGERH* concebido por SUCUPIRA & PAULINO (2007), como uma metodologia para estimativa de carga de nutrientes, bem como também foram utilizados os dados coletados por aqueles autores como balizamento e atualização dos dados da bacia em estudo.

Foi estimada inicialmente a concentração média de fósforo produzida por todos os atores envolvidos na bacia hidrográfica, tais como rebanho, esgoto doméstico ou industrial e das áreas agrícolas (equação 3.1).

$$L1 = \Sigma Coef \quad (3.1)$$

Onde;

L1 = Concentração da carga média de fósforo no açude

Coef1 = Coeficiente de carga de cada elemento (*doméstico, pecuária e agricultura*).

3.5.2 – Estimativa do coeficiente da carga de fósforo doméstica

Esse item tratou da correlação entre população local residente na bacia e a produção de esgoto doméstico. SUCUPIRA & PAULINO (2007) alertaram para o fato de que a carga efetiva de esgoto que alcançará o reservatório dependerá do nível de saneamento, principalmente no tocante ao grau de cobertura dos serviços de coleta, tratamento e disposição final dos efluentes produzidos (equação 3.2).

$$Ced = Pop \times Carga \text{ per capita} \quad (3.2)$$

Onde:

Ced = Carga de fósforo doméstico (ton/ano)

População = Total de pessoas residente na bacia (hab)

Carga per capita = estimativa de produção de nutriente por habitante (ton/hab/ano)

O fator “*Carga per capita*” foi estudado por Von Sperling (2003) e o mesmo recomenda fatores de nitrogênio e fósforo por habitante em função da localização, ou seja, se o mesmo reside na zona urbana ou na zona rural, conforme Tabela 03.

Tabela 3-Carga per capita de nutrientes

ÁREA CONTRIBUINTE	CARGA NUTRIENTE (ton/hab/ano)	
	N	P
urbana	0,0021	0,0006
rural	0,0015	0,0004

Fonte: Von Sperling, 1996

No entanto, nem toda a carga de nutriente produzida pelo esgoto doméstico alcançará o reservatório, pois se deve levar em consideração a capacidade de tratamento e remoção domiciliar. NOGUEIRA (2003) definiu a eficiência para cada situação encontrada nos domicílios, conforme mostra a Tabela 04.

Tabela 4-Eficiência na remoção de nitrogênio e fósforo

DESTINO DO ESGOTO	EFICIÊNCIA (%)	
	N	P
fossa seca	2	3
fossa séptica	4	5
a céu aberto	0	0

Fonte: Nogueira, 2003

Esses valores percentuais sugeridos por NOGUEIRA (2003) são utilizados para o cálculo da carga de nutriente que chega ao curso d'água, conforme equação 3.3.

$$Cedma = Ced \times (1 - EF) \quad (3.3)$$

Onde:

Cedma = Carga que chega ao meio-ambiente (ton/ano)

Ced = Carga de fósforo doméstico (ton/ano)

EF = Eficiência de retenção dos nutrientes por tratamento utilizado

3.5.3 – Estimativa dos coeficientes das Cargas Difusas de Nutrientes

O principal elemento aqui é a agropecuária, neste caso os números dos rebanhos, a área plantada por município é de extrema importância, bem como a atualização dessas informações.

3.5.3.1 – Estimativa do coeficiente da carga de nutrientes da pecuária

Foi estimada a carga de nutriente relativo aos rejeitos dos animais. Os nutrientes não absorvidos pelo animal chegam ao solo, onde parte alcança as reservas subterrâneas e parte alcança os corpos de água superficial. BOUWMAN & BOOIJ (1998, apud LACERDA & SENA, 2005) afirmaram que cerca de 10 % do nitrogênio e do fósforo consumido pelo animal é transformado em biomassa, o restante é excretado, dos quais em torno de 40 % a 65 % são incorporados ao solo, principalmente em se tratando da criação extensiva. LACERDA & SENA (2005) concluíram que algo em torno de 20 % a 35 % do nitrogênio e de 35 % a 60 % do fósforo presente nos dejetos animais alcancem os reservatórios.

Portanto, é importante estimar a carga de dejetos produzidos para cada espécie de animal. A equação 3.4 estima essa produção.

$$Cdej = (Qrebanho \times Produ\c{c}\tilde{a}o\ di\acute{a}ria \times 365) \div 1000 \quad (3.4)$$

Onde Cdej = Carga de dejetos produzidos (ton/ano)

Rebanho = É o número de animais (cabeça)

Prod diária = produção diária de dejetos produzidos por animal (kg/dia/cabeça)

BOYD (1971) e ESTEVES (1998) adotaram valores de *Produção diária* para cada espécie de animal, conforme Tabela 5.

Tabela 5-Quantidade de dejetos produzidos por cada espécie de animal

REBANHO	PRODUÇÃO DEJETOS (kg/cabeça/dia)
bovinos e equinos	10
suínos	2,5
ovinos e caprinos	1,0
avicultura	1,8

Fonte: Boyd, 1971 e Esteves, 1998

Logo, a carga total bruta é calculada pela equação 3.5:

$$NUTpec = (Cedj \times Percentnut \times F) \div 100 \quad (3.5)$$

Onde NUTpec = Carga de nutrientes produzidas pela pecuária (ton/há)

PERCnut = Percentual de N e P nos dejetos

F = Índice multiplicador que equivale a 1 para o fósforo 0,85 para o nitrogênio.

Esse fator “F” foi discutido por BOUWMAN *et al* (1997, *apud* LACERDA & SENA, 2005), ao mencionar que algo de 10 % a 20 % do nitrogênio retorna para a atmosfera, por isso o fator “F” do nitrogênio é 0,85. No caso do fósforo isso não é observado. O percentual de N e P presentes nos dejetos de animais se encontram na Tabela 6.

Tabela 6-Percentual médio de nitrogênio e fósforo nos dejetos produzidos por cada tipo de rebanho

REBANHO	% NUTRIENTES	
	N	P
bovinos e equinos	0,6	0,35
suínos	0,5	0,3
ovinos e caprinos	0,5	0,5
avícola	1,2	1,3

Fonte: Lacerda & Sena, 2005

3.5.3.2 – Estimativa da carga de nutrientes das áreas agrícolas

Provavelmente essa seja a atividade que mais contribua para o aporte de nutrientes nos reservatórios nas áreas rurais. Isso se deve por vários fatores, dentre eles ao uso de defensivos agrícolas e fertilizantes no processo da produção agrícola. Preocupa mais ainda ao mal manejo do uso desses defensivos e fertilizantes por parte de agricultores despreparados, o que potencializa a carga remanescente de nitrogênio e fósforo ao meio ambiente.

A Universidade Federal do Ceará – UFC no seu livro *Recomendações de Adubação e Calagem para os Solos do Ceará, 1993*, informa a necessidade nutricional de algumas culturas, em especial aquelas cultivadas na agricultura de sequeiro, conforme Tabela 07.

Tabela 7-Necessidade nutricional de algumas culturas cultivadas no Ceará

CULTURA	NECESSIDADE NUTRICIONAL (kg/há)			
	NITROGÊNIO		FÓSFORO	
	sequeiro	irrigado	sequeiro	irrigado
milho	70	90	50	80
feijão	30	40	60	60
algodão	30	80	50	70
mandioca	30	-	50	-
arroz	60	60	60	60

Fonte: UFC, 1993

O cálculo da carga de nutriente oriundo da agricultura e que chega ao meio ambiente é feito pela equação 3.6.

$$Cagr = NNutotal \times Psolo \times Pcultura \quad (3.6)$$

Onde:

C_{agr} = Carga de nutriente produzida na agricultura (ton)

NNU_{total} = Necessidade nutricional por cultivo (ton)

P_{solo} = Perda de nutriente em função do tipo de solo (decimal)

P_{cultura} = Perda de nutriente em função de cada cultura (decimal)

Sendo que o cálculo de NNU_{total} é dado pela equação 3.7.

$$NNutotal = \text{Área} \times Nnut \quad (3.7)$$

Onde Nnut = Necessidade nutricional conforme tabela 7.

Para os percentuais de perdas de nutrientes da cultura em função do solo e do emprego de cada cultura os valores se encontram na Tabela 08 e 09.

Tabela 8-Percentual de perda de nutrientes pelos solos através da aplicação de fertilizantes

TIPO DE SOLO	PERDA NUTRIENTES (%)
argilosos	10 a 40
arenosos	25 a 80

Fonte: Howarth *et al* (1996 *apud* Lacerda & Sena, 2005)

ANDRADE (1991) em seu trabalho sobre ‘*Diagnóstico do Uso de Fertilizantes para o Incremento da Produtividade Agrícola no Ceará*’ discorria sobre o fato de que cada cultura apresenta uma necessidade diferenciada de nutrientes, daí a necessidade de adicionar um suplemento de fertilizantes rico em nitrogênio e fósforo. Essa é uma atividade corriqueira no manejo da produção agrícola. No livro de ‘*Recomendações de Adubação e Calagem para os Solos do Ceará*’ da UFC (1993) é descrito sobre o coeficiente de retenção de nutrientes na massa seca, e que esse coeficiente varia de cultura para cultura. MALAVOLTA & DANTAS (1980) e VOLLENWEIDER (1968) propuseram taxas de perdas médias de nutrientes para o meio ambiente vindos das culturas agrícolas (Tabela 09).

Tabela 9-Percentual de perda de nutrientes por cultivo

TIPO DE CULTURA	PERDA DE NUTRIENTES (%)	
	N	P
milho (a)	26 - 32	6 20
algodão (a)	16	6
feijão (b)	16 - 25	0,7 - 1,4

Fonte: (a) Malavolta & Dantas (1980); (b) Vollenweider (1968)

3.5.3.3 - Estimativa da concentração de fósforo na bacia hidráulica a partir da carga afluyente estimada de fósforo.

Após o cálculo das cargas de fósforo oriundas da atividade doméstica, da atividade pecuária e da atividade agrícola, é possível estimar a concentração de fósforo no reservatório, através do modelo empírico de Vollenweider (1976) e de Von Sperling (2003), conforme equação 3.8.

$$P = \frac{L_1 \times 10^3}{V \times \left(\frac{1}{t} + K_s\right)} \quad (3.8)$$

Onde,

P = Concentração do fósforo total no lago (gP/m³);

L₁ = Carga afluyente de fósforo (kgP/ano);

V = Volume do reservatório (m³)

t = Tempo de residência hidráulica (ano);

K_s = Coeficiente de sedimentação do fósforo (1/ano) a partir do ajuste de Toné & Neto (2014).

A partir do somatório das cargas afluentes de fósforo (L₁), oriundas do uso doméstico, da pecuária e da agricultura, é possível então calcular a concentração do fósforo total no reservatório e fazer um comparativo com o valor medido no açude, para verificar a eficiência ou não desse método que se mostrou rápido e prático. Aqui reside apenas o fato de se fazer um confronto de duas metodologias distintas, a da equação de fósforo de Chapra (1997), que foi a base para o modelo QUAL-HIDROSED e esse método por estimativa.

3.6 – Modelagem da qualidade de água no Rio Pacoti

A modelagem de qualidade de água do Rio Pacoti nos trechos definidos pelas seções Pernambuco, Pacoti, Jordão e Canadá foi realizada utilizando o modelo QUAL-UFMG proposto por Von Speling (2007).

3.6.1 – Modelo QUAL-UFMG

Tomando por base o modelo QUAL2E, desenvolvido pela *United Environmental Protection Agency* (UESPA) dos Estados Unidos, o pesquisador Von Speling (2007) desenvolveu o modelo denominado de QUAL-UFMG, saindo da condição da linguagem computacional para uma plataforma em EXCEL, o que de antemão conseguiu melhorar a integração entre planilha – operador, de forma que este obtinha melhor clareza em cada etapa da modelagem, ficando o processo mais simples e de fácil internalização, dando um caráter pragmático para aplicações de fórmulas e equações que pareciam ser complexas demais.

Teodoro et al (2013) implementaram equações capazes de determinar vazões de diluições e custos pelo lançamento de efluentes, baseando-se em conceitos pioneiros utilizados pela ANA (Agência Nacional de Águas) através do modelo QUAL-UFMG.

Pinheiro (2010), em seu estudo sobre outorga para lançamento de efluentes em cursos d'água, trabalhando numa metodologia de apoio à gestão dos recursos hídricos, também enalteceu que a ANA propôs o uso do modelo QUAL-UFMG para análise da qualidade de água em rios.

O modelo QUAL-UFMG pode modelar a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), o OD (Oxigênio Dissolvido), o Nitrogênio Total e suas frações, o Fósforo Total e suas frações, e os Coliformes Termotolerantes (fecais) ou *E.coli*.

Von Speling (2007) no seu livro Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios, afirma que o QUAL-UFMG envolve a integração numérica pelo método de Euler, e desconsidera a dispersão longitudinal, além de não incluir a modelagem de algas. Toda a planilha é constituída por outras quatro planilhas, ou seja, uma planilha que traz as fórmulas e seus coeficientes, com seus respectivos intervalos indicados pela literatura, a segunda planilha possibilita desenhar o diagrama unifilar, o que melhora a visão esquemática de toda bacia, a terceira planilha é a modelagem propriamente dita,

sendo reservada para o rio principal, ficando a quarta e última planilha para a inserção de tributários.

Como o modelo QUAL-UFMG é oriundo do QUAL2E, o mesmo utiliza modelos matemáticos para qualidade de água de rios, e a equação de mistura em lançamentos pontuais é dada pela equação 3.9, que representa a concentração de um constituinte qualquer expressa por:

$$C_0 = \frac{(Q_1 \times C_1) + (Q_2 \times C_2)}{Q_1 + Q_2} \quad (3.9)$$

Onde:

C_0 = concentração do constituinte na mistura (mg/l);

C_1 = concentração do constituinte no rio à montante do ponto de mistura (mg/l);

C_2 = concentração do constituinte esgoto ou tributário à montante do ponto de mistura (mg/l);

Q_1 = vazão do rio (m³/s);

Q_2 = vazão do esgoto ou tributário (m³/s);

3.6.1.1 – Cinética da desoxigenação ou matéria orgânica - DBO

É contabilizado o efeito da poluição orgânica como decréscimo dos teores de Oxigênio Dissolvido (OD). Esse decréscimo está associado à Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), sendo calculado o coeficiente K_1 (equação 3.10), que trata da cinética da desoxigenação, a respeito da progressão da DBO remanescente, de acordo com a equação diferencial:

$$\frac{dL}{dt} = -K_1 \times L \quad (3.10)$$

Onde:

L = concentração da DBO (mg/l);

K_1 = coeficiente de desoxigenação (d⁻¹);

t = tempo (dias)

A integração da equação (3.10) da progressão da DBO remanescente é a equação 3.11:

$$L = L_o \times e^{-k_1 t} \quad (3.11)$$

Ainda na cinética da desoxigenação se faz necessário a determinação do coeficiente de decomposição da matéria orgânica (K_d) através da equação 3.12.

$$\frac{dL}{dt} = -K_d \times L \quad (3.12)$$

L = concentração da DBO (mg/l);

K_d = coeficiente de decomposição da matéria orgânica no rio (d^{-1});

t = tempo (dias)

É necessário considerar a sedimentação com relação à remoção de DBO, cujo coeficiente é K_s . Esse coeficiente de sedimentação é uma função da velocidade de sedimentação e da profundidade do rio, conforme equação 3.13.

$$K_s = \frac{v_s}{H} \quad (3.13)$$

Onde:

K_s = coeficiente de sedimentação (d^{-1});

v_s = velocidade de sedimentação (m/s);

H = profundidade do rio (m).

Pela equação 3.13 é fácil perceber que o coeficiente K_s é inversamente proporcional à profundidade do rio, portanto para rios profundos o K_s tende a zero. Chapra (1997) disponibilizou algumas faixas de valores de K_s para diferentes profundidades de rios, de acordo com a Tabela 10.

Tabela 10-Faixa de valores de Ks

Tipo de rio	Profundidade (m)	Faixa de valores Ks
Rios rasos	$h \leq 1,0$ m	0,10 a 0,5 d ⁻¹
Rios intermediários	$1,0 < h \leq 2,0$ m	0,05 a 0,20 d ⁻¹
Rios profundos	$h > 2,0$ m	0,00 a 0,05 d ⁻¹

Fonte: Autor, 2016.

3.6.1.2 – Cinética do Oxigênio Dissolvido (OD)

A cinética do oxigênio dissolvido está baseada na transferência de gases, através de um contínuo intercâmbio de moléculas da fase líquida para a gasosa. Também denominada de cinética da reaeração (K_2), é considerada com uma reação de primeira ordem (3.14).

$$\frac{dD}{dt} = -K_2 \times D \quad (3.14)$$

Onde:

D = déficit de oxigênio dissolvido (mg/l);

K_2 = coeficiente de reaeração (d⁻¹);

t = tempo (dias)

3.6.1.3 – Cinética do fósforo orgânico e inorgânico

Três processos representam o modelo do fósforo: a sedimentação do fósforo orgânico particulado; a conversão do fósforo orgânico particulado em fósforo inorgânico e a liberação de fósforo inorgânico dissolvido pelo sedimento de fundo.

Assim como a cinética da desoxigenação da matéria orgânica e do oxigênio dissolvido, a sedimentação do fósforo orgânico particulado também é considerada uma reação de primeira ordem, de acordo com as equações 3.15 e 3.16.

- Fósforo Orgânico

-

$$\frac{dP_{org}}{dt} = -K_{oi} \times P_{org} - K_{spo} \times P_{org} \quad (3.15)$$

- Fósforo Inorgânico

-

$$d \frac{P_{inor}}{dt} = K_{oi} \times P_{org} + S_{P_{inor}} / H \quad (3.16)$$

Onde:

P_{org} = concentração de fósforo orgânico (mg/l);

P_{inor} = concentração de fósforo inorgânico (mg/l);

K_{spo} = coeficiente de remoção de fósforo orgânico por sedimentação (d^{-1});

K_{oi} = coeficiente de conversão do fósforo orgânico a fósforo inorgânico (d^{-1});

$S_{P_{inor}}$ = coeficiente de liberação do fósforo pelo sedimento de fundo ($gP/m^2.d$);

H = profundidade do rio (m)

3.6.1.4 – Cinética dos Coliformes Termotolerantes

A cinética do decaimento bacteriano (K_b), representada pela equação 3.17, retrata a taxa de mortalidade bacteriana é estimada pela lei de Chick, segundo a qual a taxa de remoção é diretamente proporcional à concentração de bactérias, considerada também como sendo uma reação de primeira ordem (VON SPERLING, 2007).

$$\frac{dN}{dt} = -K_b \times N \quad (3.17)$$

Onde:

N = número de coliformes (org/100 ml ou NMP – Número Mais Provável);

K_b = coeficiente de decaimento bacteriano (d^{-1});

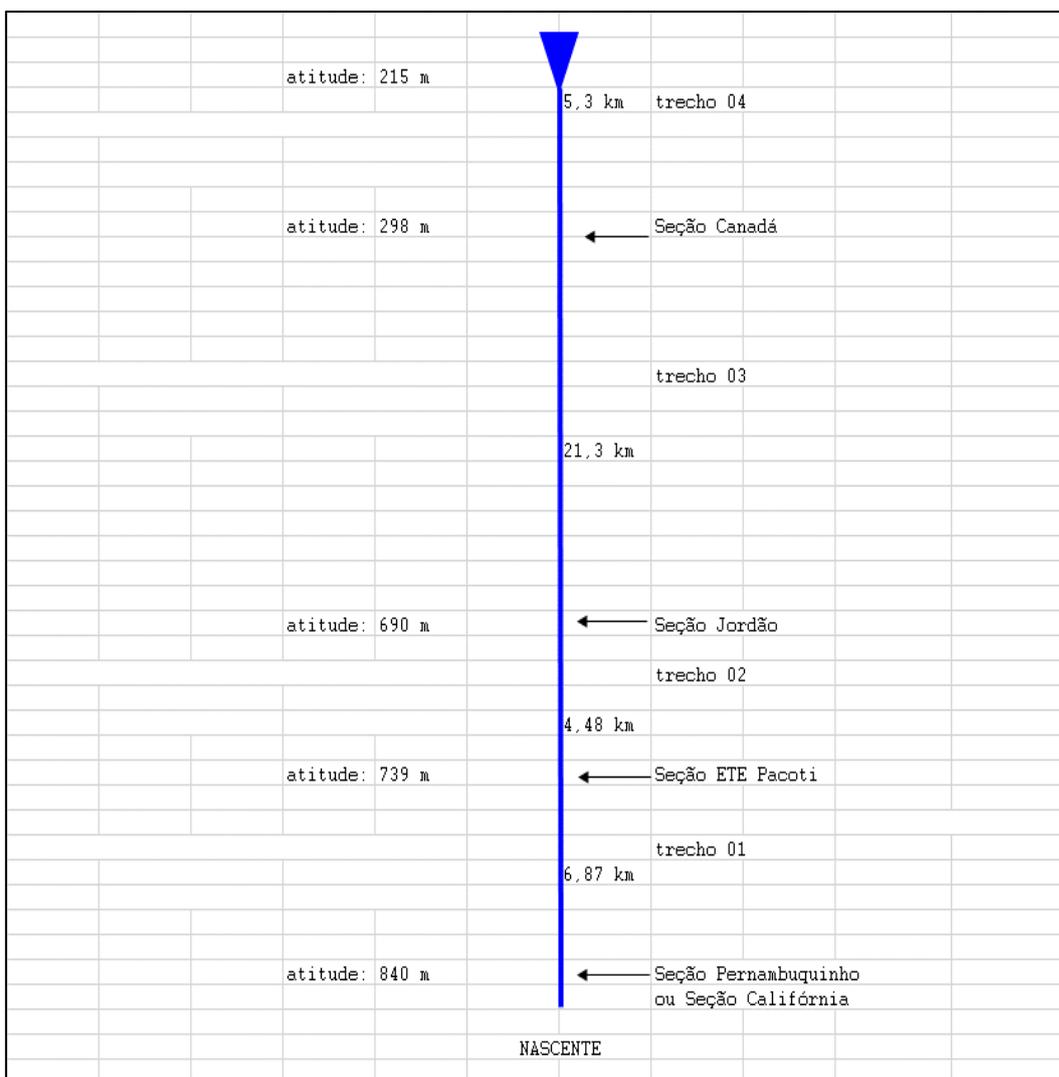
t = tempo (dias)

3.6.2 – Diagrama UNIFILAR e determinação dos coeficientes hidráulicos do QUAL-UFMG.

O primeiro passo para iniciar a modelagem foi a elaboração do diagrama unifilar, planilha anexa ao modelo (Figura 37). Nesta etapa foi possível locar as quatro seções do rio Pacoti, tendo em vista que esta pesquisa aplicou o modelo para o rio principal, não efetuando a modelagem para os riachos, devido à sua pequena extensão, e ao pequeno número de seções nesses riachos. Von Sperling (2007) recomenda pelo menos 4 seções de monitoramento para uma efetiva modelagem.

No que se refere ao passo de incremento de vazão no rio Pacoti, ou delta da distância para cada segmento, aceitou-se um passo incremental de 0,1 km.

Figura 37-Diagrama UNIFILAR do Rio Pacoti



Fonte: Autor, 2016.

O modelo QUAL-UFGM assume o escoamento uniforme, pois admite velocidade constante ao longo do trecho monitorado, bem como aceita que a declividade da linha da superfície da água seja a mesma do fundo do canal.

A partir da equação da continuidade (equação 3.18) e fazendo sua correspondência com a fórmula de Manning (equação 3.19), é possível obter os coeficientes necessários da relação Q x U (equação 3.20) e Q x Y (equação 3.21) exigidos no rol de dados de entrada do referido modelo para a definição das características hidráulicas, a partir do raio hidráulico (Rh), área hidráulica (Ah), perímetro molhado (Ph), declividade (i) e o coeficiente de rugosidade (n).

$$U = \frac{Q}{A} \quad (3.18)$$

$$Q = \frac{1}{n(A R_h^{2/3} i^{1/2})} \quad (3.19)$$

$$u = a \times Q^b \quad (3.20)$$

$$y = c \times Q^d \quad (3.20)$$

O coeficiente de rugosidade (n) pode ser estimado através de faixas de valores segundo Thomam & Muller (1987) e Von Sperling (2007), conforme Tabela 11, no entanto lançando mão de dados de vazão observados na seção Canadá, e através das relações das equações 3.18 e 3.19, foi possível obter um coeficiente mais próximo da condição real, cujo valor médio considerado para o cálculo dos coeficientes hidráulicos ficou em 0,108, ou seja, dentro da faixa do curso de rio com vegetação e sinuoso, que é a condição real de campo (Tabela 12).

Tabela 11-Estimativa do coeficiente de rugosidade (n)

Curso d'água naturais	Coeficiente (n)
Leitos limpos, suaves e retilíneos	0.025 a 0.033
Leitos rugosos, sinuosos e com zonas mortas	0.044 a 0.066
Rios com muita vegetação e sinuosos	0.075 a 0.150

Fonte: Von Sperling, 2007

Fonte: Autor, 2016

Tabela 12-Leitura da lâmina escoada, vazão da seção Canadá e seus valores hidráulicos

h (m)	Q (m ³ /s)	A (m ²)	P (m)	Rh (m)	r	n
0.26	0.281	2.38	26.66	0.09	1.696	0.212
0.28	0.554	2.65	27.13	0.10	1.016	0.127
0.30	0.592	2.92	27.60	0.11	1.103	0.138
0.36	1.652	3.83	29.97	0.13	0.589	0.074
0.39	2.615	4.30	31.07	0.14	0.439	0.055
0.42	3.954	4.78	32.33	0.15	0.338	0.042
Valores Médios:					0.864	0.108

Fonte: Autor, 2016.

O fator “r” foi considerado como sendo uma função do coeficiente de rugosidade e da declividade, ou seja, variáveis hidráulicas, sendo também igual a relação entre área hidráulica, raio hidráulico (variáveis hidráulicas) e vazão da seção (equação 3.22), todos valores conhecidos, desta forma com esse subterfúgio matemático foi possível encontrar o coeficiente de rugosidade (n).

$$r = n_i^{-1/2} = \frac{A}{Q} R_h^{2/3} \quad (3.22)$$

3.6.3 – Modelagem de parâmetros de qualidade de água

O modelo QUAL-UFGM permite aplicações rápidas de modelagem para o Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio total e sua fração orgânica e inorgânica, Fósforo total (P_{total}) e sua fração orgânica e inorgânica, além de coliformes termotolerantes (fecais). O modelo desconsidera a

dispersão longitudinal e não inclui a modelagem de algas. Para essa pesquisa o parâmetro nitrogênio foi desconsiderado.

A simulação de propagação de fluxos e cargas de nutrientes foram realizados para o período chuvoso do ano de 2014. Valores médios de vazão e dos parâmetros de qualidade de água para cada seção foram usados para calibração dos coeficientes de propagação das cargas nos trechos do Rio Pacoti, à montante do açude Acarape do Meio. Os dados na entrada do 1º trecho foram extraídos de valores médios observados na seção Pernambucozinho, ou seja, a seção mais próxima da nascente do rio Pacoti (Figura 38).

Figura 38-Dados de entrada do modelo QUAL-UFMG

DADOS DE ENTRADA INICIAIS		Símbolo	Valor
DADOS DO RIO A MONTANTE (CABECEIRA OU HEADWATER)			
Vazão do rio (m ³ /s)	Qr		0.008
OD do rio (mg/l)	ODr		5.37
DBO5 do rio (mg/l)	DBOr		12.95
Nitrogênio orgânico do rio (mg/l)	Norgr		0.0
Amônia-N do rio (mg/l)	Namonr		0.0
Nitrato-N do rio (mg/l)	Nnitror		0.0
Nitrato-N do rio (mg/l)	Nnitratr		0.0
P orgânico do rio (mg/l)	Porgr		0.07
P inorgânico do rio (mg/l)	Pinorgr		0.05
Coliformes no rio (NMP/100ml)	Colir		3.90E+03
Temperatura	T		23
OD saturação (mg/l)	ODsat		7.78
DADOS FÍSICOS DO RIO			
Distância do trecho (km)	d		37
Altitude acima do nível do mar (m)	Altit		800
Velocidade - coeficientes da equação $v = a.Q^b$		Trecho 01	Trecho 02
	a	0.287	0.287
	b	0.289	0.289
		Trecho 03	Trecho 04
		0.287	0.287
		0.289	0.289

Fonte: Autor, 2016.

Carga pontual de esgoto, conforme ocorre na seção Pacoti, foi inserida no modelo QUAL-UFMG como entrada de efluente, com seus respectivos valores de qualidade monitorados (Figura 39).

Figura 39-Entrada do dado de poluição pontual - ETE 13 de maio

Preencher Delta 1
Verificar última linha na planilha abaixo
Se a extensão for inferior ao comprimento a ser estudado, copiar a última linha para baixo até atingir o comprimento desejado
Se a extensão for superior ao comprimento a ser estudado, excluir as linhas excedentes

Preencher valores de vazão apenas onde houver contribuição; demais células, deixar em branco

Vazão distribuída: Valor efetivo em cada segmento (em 0,0001 m³/s), e não o valor geral em m³/s.km

Vazão capturar com positivo

SEGMENTO	DISTÂNCIA (m)	TEMPO DE PERCURSO		VAZÕES COMENTÁRIO (esp pontual, tribut, captação, esp distrib)	VAZÕES PONTUAIS		VAZÕES DISTRIBUÍDAS		CAPTAÇÕES ÁGUA (valor positivo)	VAZÃO TOTAL NO RIO (Qr)
		No trecho (d)	Acumulado (d)		Tributário (m³/s)	Esgoto (m³/s)	Incremental (m³/s)	Esgotos (m³/s)		
165	57	5.7	0.008	0.950			0.0018			0.1038
166	58	5.8	0.008	0.958			0.0018			0.1105
167	59	5.9	0.008	0.965			0.0018			0.1123
168	60	6.0	0.008	0.973			0.0018			0.1140
169	61	6.1	0.008	0.980			0.0018			0.1158
170	62	6.2	0.007	0.988			0.0018			0.1175
171	63	6.3	0.007	0.995			0.0018			0.1193
172	64	6.4	0.007	0.003			0.0018			0.1210
173	65	6.5	0.007	0.610			0.0018			0.1228
174	66	6.6	0.007	0.618			0.0018			0.1245
175	67	6.7	0.007	0.625			0.0018			0.1263
176	68	6.8	0.007	0.632	essa vazão de 0,168 já considera a vazão oriunda da ETE. É a vazão na seção em si	SEÇÃO PACOTI	0.000	0.0018		0.1580
177	69	6.9	0.007	0.639			0.0048			0.1628
178	70	7.0	0.007	0.645			0.0048			0.1677
179	71	7.1	0.007	0.652			0.0048			0.1725
180	72	7.2	0.007	0.659			0.0048			0.1774
181	73	7.3	0.007	0.665			0.0048			0.1822
182	74	7.4	0.007	0.672			0.0048			0.1871
183	75	7.5	0.006	0.678			0.0048			0.1919
184	76	7.6	0.006	0.685			0.0048			0.1968
185	77	7.7	0.006	0.691			0.0048			0.2016
186	78	7.8	0.006	0.697			0.0048			0.2064

Calc Rebanho Pacoti_inverno 2014 QUAL_HIDROSED CAL_CARGA_P QUAL_HIDROSED (2)

Fonte: Autor, 2016.

Para as entradas de efluentes oriundos da agricultura e pecuária, o cálculo foi feito utilizando fórmulas empíricas, que foram descritas no item 3.5.

Quanto ao parâmetro fósforo, esta pesquisa dispunha apenas do fósforo total, no entanto Von Sperling (2007) no seu livro “Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios” no capítulo referente à modelagem do fósforo, afirma que o fósforo total pode ser fracionado em inorgânico e orgânico, cabendo à fração inorgânica o valor de 70% do fósforo total, enquanto que a fração orgânica representa 30% do fósforo total. Nos dados de fósforo total e orgânico no estudo de Pacheco (2009) no açude Acarape do Meio, a fração do fósforo orgânico representou uma média de 36% para os sete pontos de coleta.

3.6.4 – Calibração do modelo QUAL-UFMG.

Von Sperling (2007) afirma que a calibração é uma parte extremamente essencial para qualquer modelo. Há autores que consideram essa etapa como uma das mais difíceis, é o que escreve Mourão Júnior (2010).

Essa etapa se mostrou exitosa devido a obtenção dos dados observados, ou seja, os dados coletados em campo ou mais comumente chamados de dados medidos para

as variáveis em estudo, o que permitiu efetuar uma comparação com os dados estimados pelo modelo.

Para cada parâmetro modelado (OD, DBO, Fósforo e Coliformes), há coeficientes relativos à taxa de remoção ou de aeração e reaeração (K1, K2, Ks, Kd, Kspo, Koi e Kb), que precisam ser calibrados ou ajustados no sentido de aproximar os dados estimados com os dados observados.

Utilizou-se assim a metodologia proposta por Von Sperling(2007), onde foi calculado o coeficiente de Nash e Sutcliffe (NS), conforme equação 3.23, também denominado de coeficiente de determinação (CD).

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [Y_{obs} - Y_{est}]^2}{\sum_{i=1}^n [Y_{obs} - Y_{obsmed}]^2} \quad (3.23)$$

Onde:

Yobs = Dado observado em campo;

Yest = Dado estimado pelo modelo;

Yobsmed = Média dos valores observados

Os valores de NS podem variar de $-\infty$ a $+1$. Valores iguais a 1, conforme Von Sperling (2007) significam perfeito ajuste. O mesmo autor afirma que o valor de NS corresponde ao valor de R^2 , este sempre assumindo valores positivos, o que não acontece com os valores de NS, portanto poderemos ter valores negativos de NS com valores de R^2 próximos a 1. Para uma eficiência menor do que zero significa dizer que a média observada é uma previsão melhor do que o modelo.

Silva et al. (2008) afirmaram que valores de NS maiores do que 0.75, trata-se de uma modelagem de desempenho bom, e valores entre 0.36 a 0.75 o desempenho é tido como aceitável e para valores menores do que 0.36 é considerado inaceitável.

Zhang et al (2007) afirmaram que o coeficiente de Nash e Sutcliffe indica o ajustamento dos dados simulados aos dados observados na reta 1:1. Moriasi et al (2007) disponibilizaram uma classificação para este coeficiente: $NS > 0,65$ o modelo é considerado muito bom; $0,54 < NS < 0,65$ o modelo é considerado bom e entre $0,5 < NS < 0,54$ satisfatório. Zappa (2002) afirmou que valores de NS superiores a 0,5 qualificam o modelo para a simulação.

Após realizado o cálculo de NS para cada parâmetro, efetuou-se o ajuste dos coeficientes de remoção, de reaeração e de desoxigenação. Para isto lançou-se mão da ferramenta SOLVER do Excel (Figura 40), metodologia essa recomendada pelo autor do modelo QUAL-UFMG. A Figura 41 mostra o ajuste dos coeficientes Kd e Ks para a DBO, que leva em consideração o *range* ou faixa de valores que a literatura recomenda para cada coeficiente (ver Tabela 13) na condição em estudo, ou seja, rio raso recebendo esgoto bruto concentrado. A planilha QUAL-UFMG traz também uma planilha anexa com esses intervalos (Figura 42).

Após os devidos ajustes obtidos para os referidos coeficientes, os mesmos foram utilizados juntamente com os valores de entrada tanto para a validação como para a aplicação do modelo.

Tabela 13-Intervalo de valores admitidos para os coeficientes para o modelo QUAL-UFMG

Coefficiente	K1	Ks	Kd	Kspo	Koi	Kb	und
Intervalo	0,3 - 0,45	0,1 a 0,5	0,5 a 1,0	0,001 a 0,1	0,01 a 0,7	0,5 a 1,5	d ⁻¹

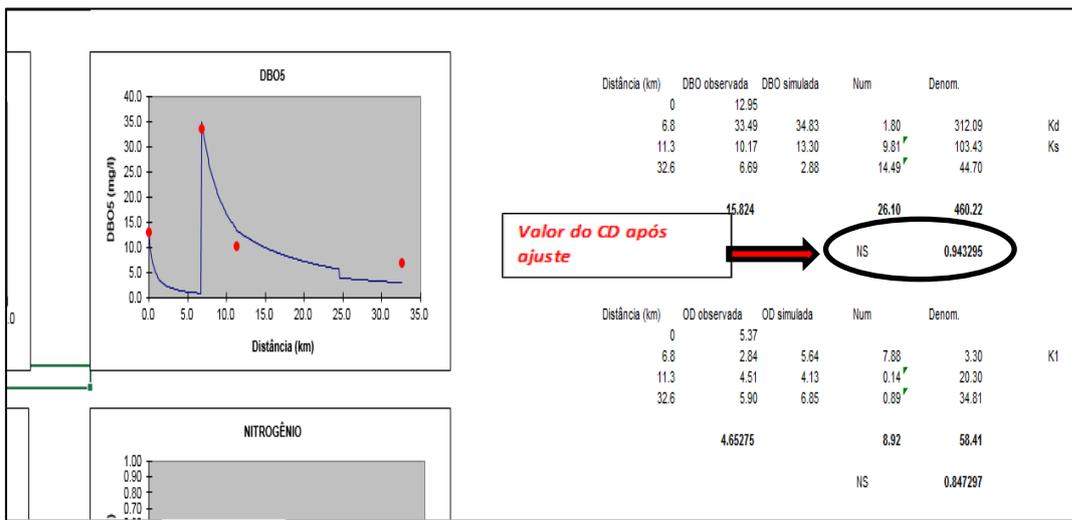
Fonte: Von Sperling, 2007.

Figura 40-Uso da ferramenta SOLVER para o ajuste do coeficiente K1

The screenshot shows the Excel Solver interface. The 'Definir Objetivo' field is set to '\$O510'. The 'Para' field is set to 'Máx.'. The 'Alterando Células Variáveis' field is set to '\$R5504'. The 'Sujeito às Restrições' field contains '\$R5504 <= 0.45' and '\$R5504 >= 0.35'. The 'Selecionar um Método de' dropdown is set to 'Evolutionary'. The 'Resolver' button is highlighted. The background shows a spreadsheet with a table of data, including columns for 'Num', 'Denom.', 'K1', 'Ks', 'Kd', 'Kspo', 'Koi', and 'Kb'. Red circles highlight the 'K1' value of 0.45 and the 'NS' value of -0.682805.

Fonte: Autor, 2016.

Figura 41-Cálculo do coeficiente Nash-Sutcliffe



Fonte: Autor, 2016.

Figura 42-Limite dos valores dos coeficientes da planilha QUAL-UFMG

Valores típicos dos coeficientes de remoção de DBO (K_1 , K_2 , K_d e K_r) (base e, 20°C)							
Origem	K_1 (laborat)	Rios rasos			Rios profundos		
		Decomp. K_d	Sediment. K_2	Remoção K_r (= K_s+K_d)	Decomp. K_d	Sediment. K_2	Remoção K_r (= K_s+K_d)
Curso d'água recebendo esgoto bruto concentrado	0,35-0,45	0,50-1,00	0,10-0,35	0,60-1,35	0,35-0,50	0,05-0,20	0,40-0,70
Curso d'água recebendo esgoto bruto de baixa concentração	0,30-0,40	0,40-0,80	0,05-0,25	0,45-1,05	0,30-0,45	0,00-0,15	0,30-0,60
Curso d'água recebendo efluente primário	0,30-0,40	0,40-0,80	0,05-0,10	0,45-0,90	0,30-0,45	0,00-0,05	0,30-0,50
Curso d'água recebendo efluente secundário	0,12-0,24	0,12-0,24	-	0,12-0,24	0,12-0,24	-	0,12-0,24
Curso d'água com águas limpas	0,08-0,20	0,08-0,20	-	0,08-0,20	0,08-0,20	-	0,08-0,20

Nota: rios rasos: profundidade inferior a cerca de 1,0 ou 1,5 m; rios profundos: profundidade superior a cerca de 1,0 ou 1,5 m

Fonte: Von Sperling, 2007.

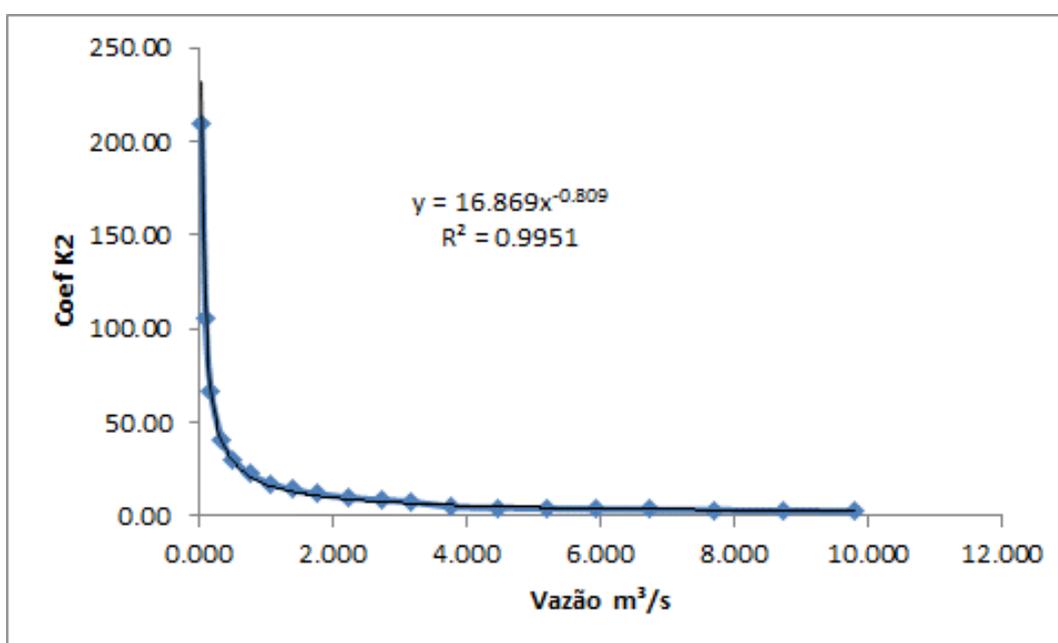
Para a estimativa do coeficiente K_2 , coeficiente de reatuação, também utilizou-se a recomendação de Sperling (2007), no sentido de se obter a curva $K_2 \times Q$, a partir dos coeficientes hidráulicos já percorridos no item 3.6.2. Sperling (2007) explica que há três formas de estimar o K_2 , pode ser através de valores médios tabelados, em função das características hidráulicas ou correlacionando com a vazão. Foi utilizado então o quadro modificado por Sperling (2007), valores de K_2 baseados em dados hidráulicos (ver Figura 43). Desta forma foi obtida a equação da relação Coef. $K_2 \times Q$, conforme Figura 44.

Figura 43-Valores de K2 baseados em dados hidráulicos

PESQUISADOR	FÓRMULA	FAIXA DE APLICAÇÃO
O'Connor e Dobbins (1958)	$3,93 \times v^{0,5} \times H^{-1,5}$	$0,6 \text{ m} \leq H \leq 4,0 \text{ m}$
		$0,05 \text{ m/s} \leq v \leq 0,8 \text{ m/s}$
Churchill et al (1962)	$5,0 \times v^{0,97} \times H^{-1,67}$	$0,6 \text{ m} \leq H \leq 4,0 \text{ m}$
		$0,8 \text{ m/s} \leq v \leq 1,5 \text{ m/s}$
Owens et al (apud Branco, 1978; Chapra, 1997)	$5,3 \times v^{0,67} \times H^{-1,85}$	$0,1 \text{ m} \leq H \leq 0,6 \text{ m}$
		$0,05 \text{ m/s} \leq v \leq 1,5 \text{ m/s}$

Fonte: Von Sperling, 2007.

Figura 44-Gráfico K2 x Q



Fonte: Autor, 2016.

Desta forma ficou definido que o valor de K2 seria dado pela média geométrica entre o valor obtido pelos valores tabelados, pelo valor da equação indicada na Figura 44 e pelo valor da fórmula empírica de Melching e Flores (1999), definindo como Q, a vazão média (m³/s), H a profundidade média (m) e v a velocidade média (m/s).

Após ter maximizado os valores de NS, os coeficientes foram definidos, e serão esses mesmos coeficientes que deverão ser utilizados para validar o modelo com outros dados medidos em campo para a verificação se os valores de NS se mantiveram satisfatórios.

3.6.5 – Validação do modelo QUAL-UFGM.

De acordo com o que foi descrito no último parágrafo do item 3.6.2 sobre o diagrama unifilar e determinação dos coeficientes hidráulicos, os dados desta pesquisa de 2014 foram utilizados para calibrar o modelo e fazer as devidas simulações, ficando os dados de 2013 para efetuar a validação, a partir dos coeficientes definidos através da ferramenta SOLVER na etapa de calibração com os dados de 2014. Sendo assim, a planilha QUAL-UFGM tem seus dados de entrada modificados agora para os novos valores a serem validados, ou seja, os dados de 2013, obedecendo a mesma regra, uso dos valores médios da estação chuvosa, mas preservando apenas os coeficientes (K_2 , K_{spo} , K_{oi} , K_d , K_s e K_b).

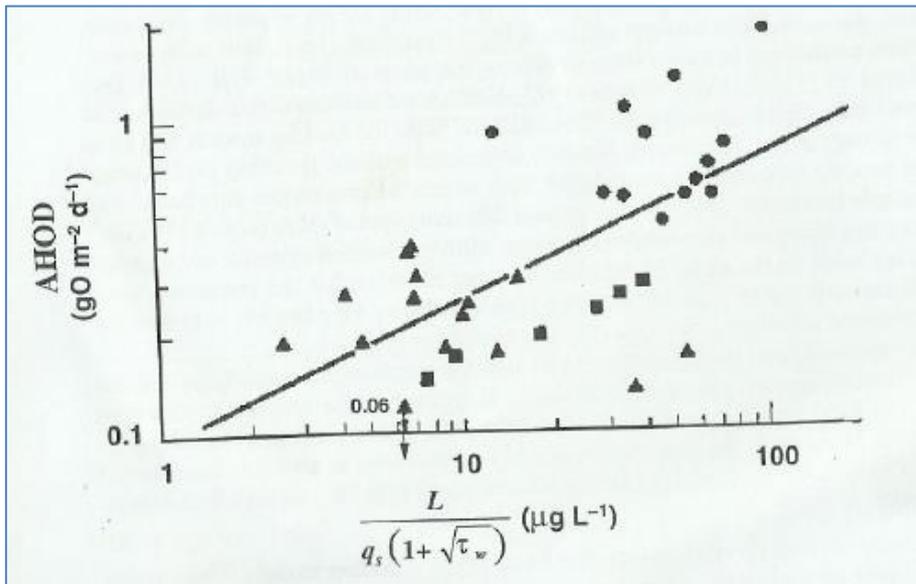
3.7 – Modelagem da qualidade de água no Reservatório Acarape do Meio – Modelo QUAL-HIDROSED.

Essa é a fase mais importante da pesquisa, pois aqui se encontra parte do ineditismo do trabalho, e um grande avanço para o resgate da sustentabilidade ambiental desta bacia hidrográfica, pois apesar de inúmeras pesquisas terem sido realizadas neste corpo hídrico, com resultados extraordinários, ainda assim não conseguiram proporcionar uma aplicabilidade mais evidente, ou que produzisse alguma ação que gerasse uma mudança comportamental que levasse à melhora da qualidade de água do reservatório em estudo. Esta pesquisa, entretanto subsidiou a discussão nos órgãos colegiados responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, com a apresentação de resultados da modelagem de qualidade de água no Rio Pacoti e reservatório Acarape do Meio, para submissão de proposta de enquadramento ao Comitê de Bacias Hidrográficas, CBH-RMF, que posteriormente deverá ser encaminhada ao órgão máximo da gestão dos recursos hídricos do Estado do Ceará, o CONERH (Conselho Estadual dos Recursos Hídricos), de forma que o CONERH possa emitir a primeira resolução de enquadramento para corpos hídricos no semiárido cearense, a partir dessa nova metodologia apresentada por esta pesquisa.

A título de simplificação, deliberou-se que para a construção de um modelo que pudesse simular a qualidade de água em um reservatório no semiárido, cujo aporte hídrico é feito a partir de um rio intermitente, fosse utilizado apenas a modelagem do Fósforo, sendo este um parâmetro que representa muito bem toda a intervenção

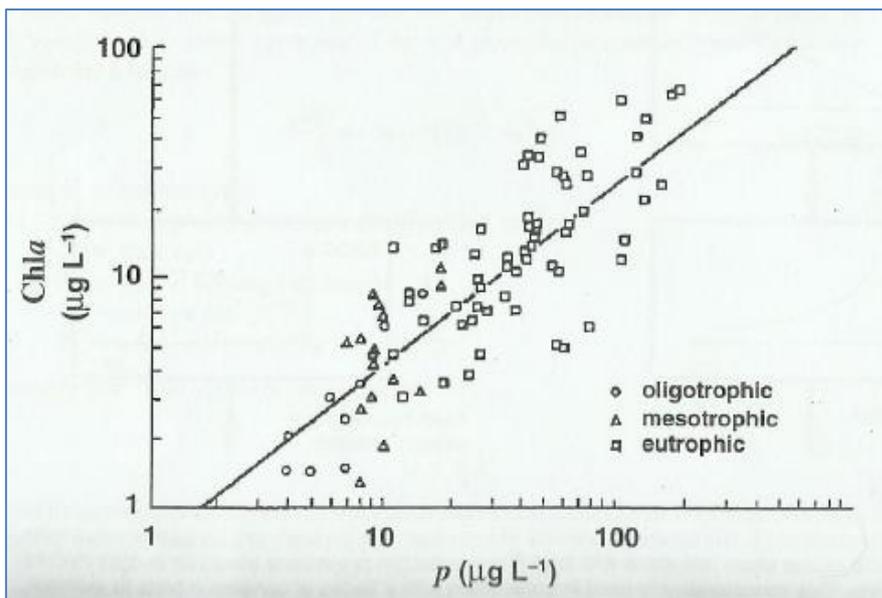
antrópica no manancial, bem como pode ser um eficaz indicador para os que fazem a gestão dos recursos hídricos. Conforme Chapra (1997), o parâmetro fósforo guarda correlação direta com outros parâmetros, tais como OD (oxigênio dissolvido), Clorofila “a” e Sólidos Totais (ST) por analogia, conforme Figuras 45, 46 e 47.

Figura 45-Correlação OD x Ptotal



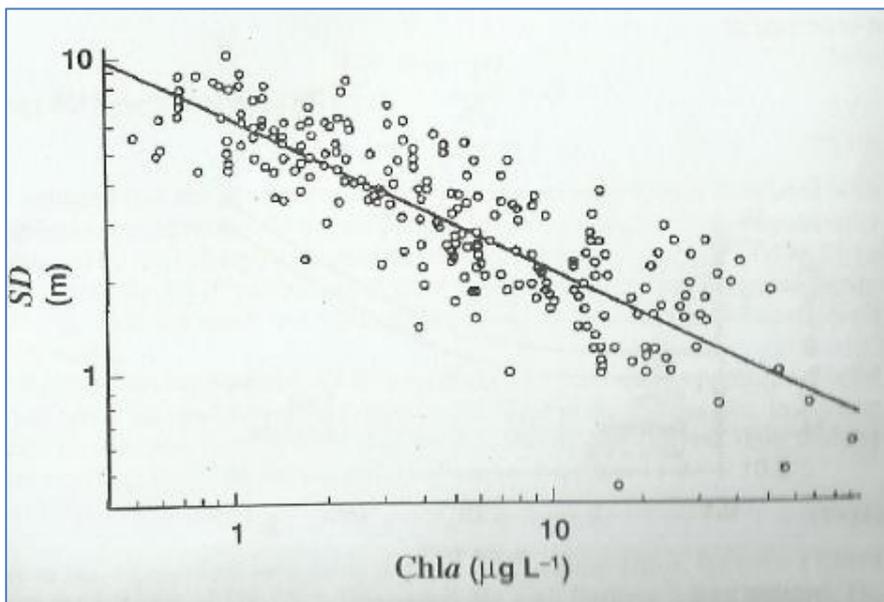
Fonte: Chapra, 1997.

Figura 46-Correlação Clorofila (a) x Ptotal



Fonte: Chapra, 1997.

Figura 47-Correlação entre Clorofila (a) x Sólidos Totais

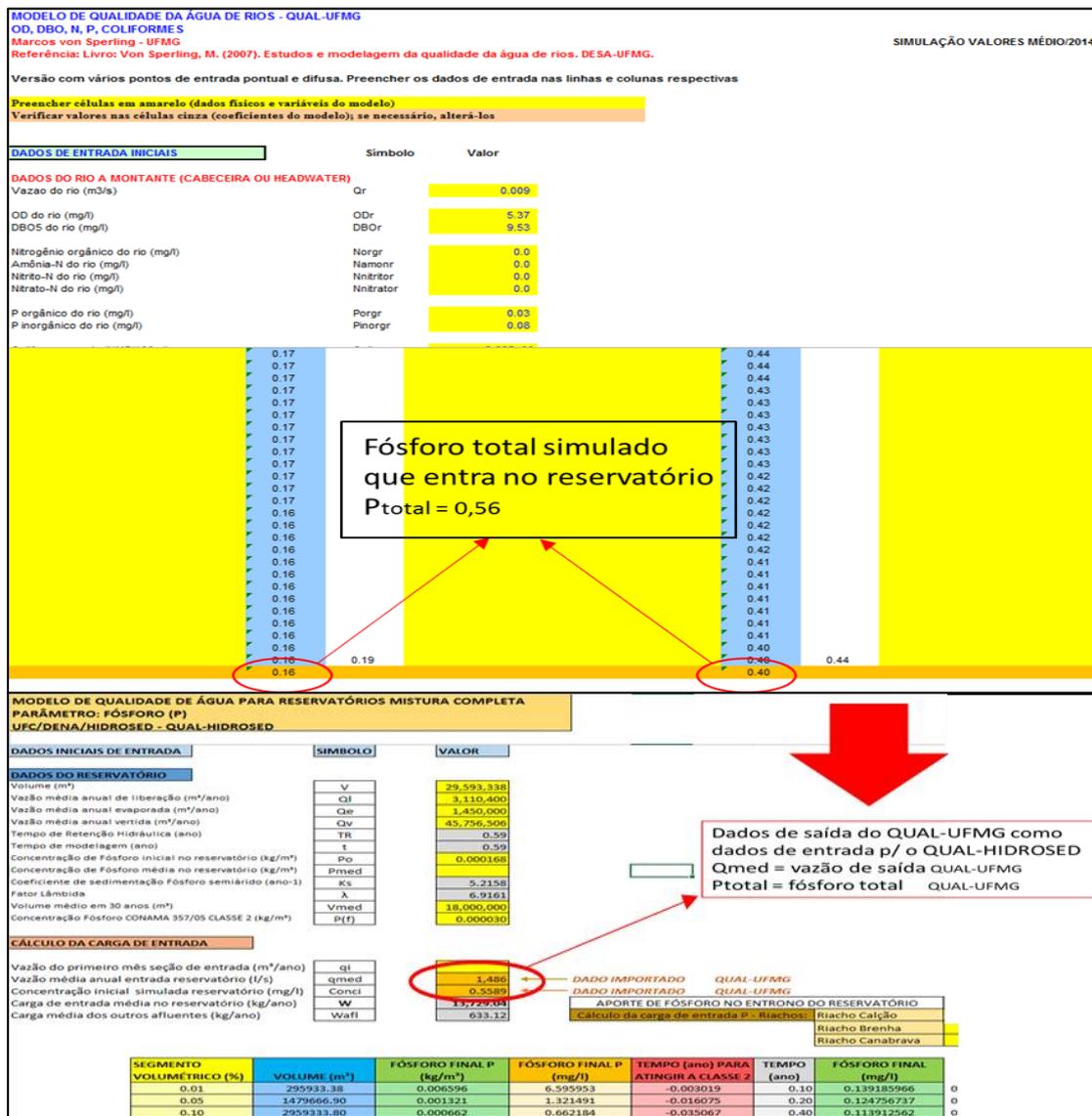


Fonte: Chapra, 1997.

O aspecto de relevância insólita é que a partir da acoplagem do modelo QUAL-UFMG com essa nova proposta de modelagem para reservatório, denominada *QUAL-HIDROSED*, onde na célula de saída, que calcula a concentração de fósforo na entrada do reservatório pelo QUAL-UFMG, alimentou a célula de entrada do QUAL-HIDROSED (Figura 48).

A última vazão simulada no QUAL-UFMG corresponde a vazão de entrada no reservatório na simulação com o QUAL-HIDROSED. Isso possibilitou fazer uma série de simulações na bacia hidrográfica a partir de determinadas ações ou políticas públicas, mostrando-se extremamente versátil e um instrumento de grande poder decisório para o gestor público.

Figura 48-Conexão entre os modelos QUAL-UFMG e QUAL-HIDROSED



Fonte: Autor, 2016.

Para o êxito dessa nova proposta de modelagem para reservatório, tomou-se os resultados do estudo de Toné & Lima Neto (2014) que trabalharam com a modelagem de fósforo em açudes do semiárido cearense, definindo assim uma nova equação (equação 3.24) para o cálculo do coeficiente de sedimentação do fósforo para as condições semiáridas, conforme Figura 49.

$$ks = \frac{4}{\sqrt{TR}} \quad 3.24$$

Ks = Coeficiente de sedimentação do fósforo (s⁻¹)

TR = Tempo de residência, onde TR é dado pela equação 3.25

$$TR_{prec\neq evap} = \frac{V}{Q_s + E} \quad 3.25$$

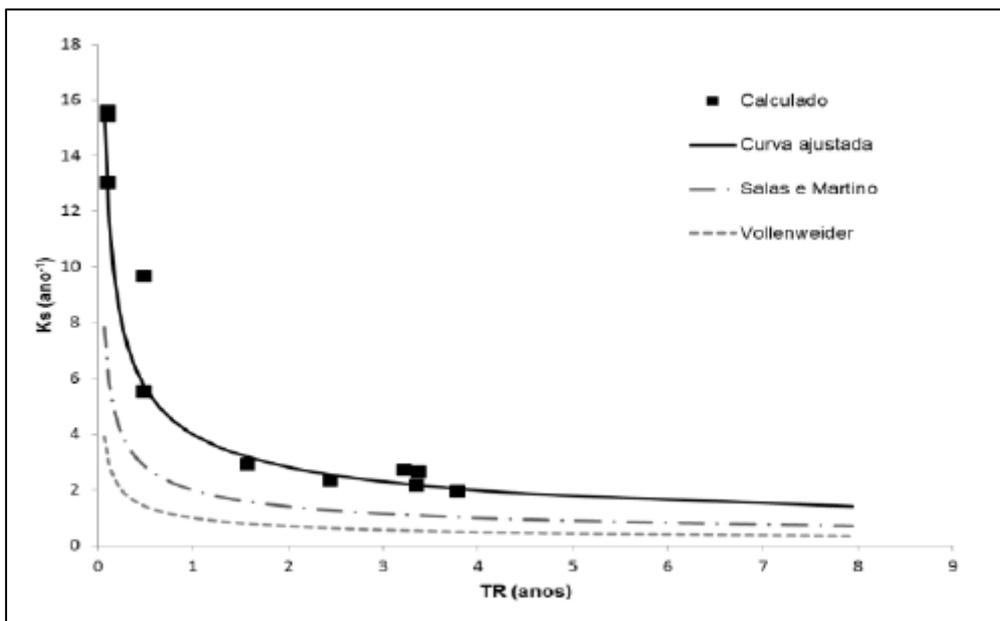
Onde,

V = Volume máximo de armazenamento (m³)

Q_s = Volume de saída (m³)

E = Volume evaporado (m³)

Figura 49-Curva ajustada para o semiárido do coeficiente Ks



Fonte: Toné & Lima Neto, 2014.

Desta forma utilizou-se a equação da modelagem para o fósforo proposta por Chapra (1997), conforme equação 3.26, considerando regime de mistura completa, ou seja, que a concentração do nutriente esteja relativamente uniforme em todos os pontos do reservatório. Essa afirmativa é sustentada pelo coeficiente de variação calculado para os valores médios de fósforo nos cinco pontos de controle espalhados na bacia hidráulica do açude Acarape do Meio, cujo CV ficou em 0,11.

$$P(t) = P_o \times e^{-\left(\frac{Q_s}{V} + K_r + K_s\right)t} + \frac{W}{\left(\frac{Q_s}{V} + K_r + K_s\right) \times V} \times \left(1 - e^{-\left(\frac{Q_s}{V} + K_r + K_s\right)t}\right) \quad (3.26)$$

Onde:

$P(t)$ = concentração de fósforo total (kg/m^3);

P_0 = concentração de fósforo total inicial (kg/m^3);

t = tempo de detenção hidráulica(s);

V = volume do reservatório (m^3);

W = carga de fósforo do afluente (kg/s);

Q_s = vazão de saída (m^3/s);

K_r = coeficiente de reação (s^{-1});

K_s = Coeficiente de sedimentação do fósforo (s^{-1})

Na equação 3.26, a soma dos valores Q_s/v , K_r e K_s representa o parâmetro λ .

Lima (2007) no seu estudo sobre o estado trófico do açude Acarape do Meio com prognóstico usando modelagem matemática, considerou que a participação do fósforo nos processos bioquímicos poderia ser desprezada, portanto o valor de K_r seria zero. Esse mesmo critério foi adotado por Toné & Lima Neto (2014). Desta forma o QUAL-HIDROSED adota como fórmula básica a equação do fósforo readequada para reservatórios no semiárido de Toné & Neto (2014). Para a citada pesquisa foi verificado que o K_s para o açude Acarape do Meio estava na curva ajustada por Toné & Lima Neto (2014).

A partir dessa metodologia, o produto foi a possibilidade de classificação e enquadramento do reservatório Acarape do Meio em função de uma carga de fósforo pré-estabelecida, de um volume armazenado como limite e em função de um tempo para obtenção dessas condições, apresentado em forma de gráfico como resultado a ser analisado pelo gestor público ou pelo tomador de decisão, bem como para a própria comissão gestora e para o Comitê de Bacias Hidrográficas, no sentido de acompanhar todo o processo de efetivação.

3.8 – Definição de cenários de qualidade de água futuros

Dispondo do diagnóstico da bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio, dos quantitativos de fósforo aportados no reservatório na bacia, e principalmente

considerando os indicadores e metas de curto, médio e longo prazo do Plano das Bacias Metropolitanas e das versões preliminares dos Planos Municipais de Saneamento Básico do município de Pacoti e Palmácia, é que foi possível conceber três cenários futuros:

CENÁRIO I – Aumento da carga de fósforo aportada no reservatório em 15 % para os próximos 10 anos (considerando o crescimento do rebanho a uma taxa de 1,5 % a.a.);

CENÁRIO II – Redução em 50 % da carga de fósforo que aporta ao reservatório para os próximos 10 anos, pela melhoria da capacidade de remoção das ETE's em pelo menos 50 %, bem como redução em 50% nas cargas de fósforo para as demais atividades difusas;

CENÁRIO III – Redução da carga de fósforo que aporta ao reservatório em 85 % para os próximos 20 anos com adoção de políticas públicas específicas, com ETE's do tipo terciária, com capacidade de remoção em 85 %. Políticas públicas como a implementação de fossas verdes na zona rural. Para as atividades de pecuária e agricultura, definiu-se em discussão na Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio a implementação do Programa “Produtores de Água” no sentido de proteger as nascentes, recuperação das áreas degradadas com replantio de mudas nativas e substituir em parte a atividade pecuária ou implementar a tecnologia de biodigestores para a coleta de 50% dos dejetos animais, além de utilizar a adução orgânica na agricultura.

3.9 – Correlação com o Estado Trófico do Reservatório

Esteves (1998) define a eutrofização artificial como sendo o aumento da concentração de nutrientes, especialmente o fósforo e o nitrogênio, cuja consequência direta é o aumento da produtividade fito planctônica dos ecossistemas aquáticos. O mesmo autor ainda destaca que essa questão foi primeiramente observada nos meios aquícolas para produção de peixes na Alemanha.

Os fatores que aceleram esse processo estão relacionados com o aumento populacional associado a um sistema deficitário de saneamento básico, ou até mesmo sua inexistência, ao uso indiscriminado de fertilizantes agrícolas e defensivos, à pecuária que excede sua capacidade de suporte na bacia hidrográfica e à industrialização.

Os parâmetros químicos utilizados pela literatura como indicadores do índice de estado trófico podem ser o fósforo total, a clorofila “a”, o nitrogênio total e os coliformes termotolerantes, associando essas concentrações a um número classificatório.

Toledo Jr. et al (1983) adaptaram o cálculo do índice de estado trófico de Carlson (1977) para reservatórios tropicais (equação 3.27), e foi esta adaptação que a presente pesquisa adotou para o cálculo do IET do açude Acarape do Meio, bem como para analisar o IET para os diferentes cenários simulados. A partir dos valores limites sugeridos por Toledo Jr. et al (1983), foi introduzido na Figura 147 os limites de classes de uso de acordo com a resolução CONAMA 357/05.

$$IET(PT) = 10x \left[6 - \frac{\frac{\ln 80,32}{PT}}{\ln 2} \right] \quad (3.27)$$

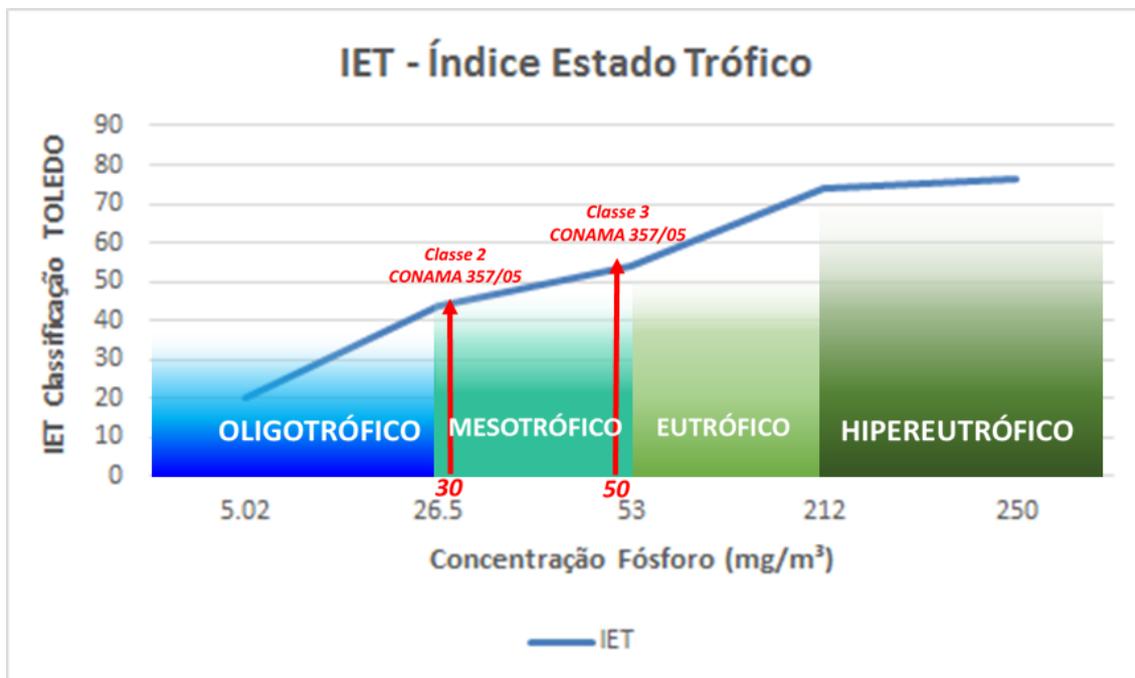
Onde:

IET = índice de estado trófico;

PT = fósforo total

A Figura 50 demonstra de maneira bem didática as faixas de índice de estado trófico determinados por Toledo Jr. et al (1983), tomando como parâmetro indicador o fósforo total, e correlacionando com a classificação dos corpos hídricos conforme resolução CONAMA 357/2005.

Figura 50-Classificação de um corpo hídrico quanto ao índice do estado trófico e sua correlação com a classe de enquadramento, conforme CONAMA 357/2005



FONTE: Toledo Jr (1983).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos nesta pesquisa é possível inferir que enquadrar um corpo hídrico é muito mais do que simplesmente classificá-lo em uma ordem de qualidade a partir de uma sequência, às vezes extensa demais, de parâmetros físicos, químicos, biológicos e de nutrientes da água bruta, obedecendo a critérios de uma legislação que não consegue prever as especificidades e as diferenças regionais e até mesmo políticas. Nesse cenário, pensou-se quão é difícil a implementação do instrumento de gestão como o enquadramento de corpos d'água em classes para a região Nordeste e para as regiões semiáridas do Brasil, onde os rios são intermitentes, e os trechos de rios que são perenizados são feitos por água estocada em reservatórios que passam a ser receptores de efluentes, muitas vezes não tratados, na maior parte do ano.

Esta pesquisa então veio disponibilizar uma proposta metodológica arrojada, eficiente e prática para a região semiárida do Nordeste do Brasil, tanto para o gestor público dos recursos hídricos como para os comitês de bacias hidrográficas, ente do processo democrático da gestão dos recursos hídricos.

4.1 – Participação social no processo de enquadramento.

Gallinda (2014), em sua pesquisa sobre procedimentos metodológicos para a fase de diagnóstico do enquadramento de corpos d'água em pequenas bacias rurais, evidenciou que o desinteresse da sociedade local no processo de enquadramento se dava possivelmente pelo fato de que as escassas experiências de enquadramento se resumiam a escalas que não contemplavam pequenos afluentes ou microbacias.

No caso desta pesquisa, resolveu-se trabalhar o enquadramento numa escala menor, ou seja, trabalhar com uma pequena bacia, a sub-bacia do açude Acarape do Meio, apenas 241 km², que representa menos de 20 % da área da sub-bacia hidrográfica do Rio Pacoti, onde ela está inserida, e esta por sua vez é uma das quatorze sub-bacias que integram as Bacias Hidrográficas Metropolitanas.

Observou-se aqui um efeito contrário ou diferenciado daquele relatado por Gallinda (2014), onde a autora registrou que comunidades locais não se sentiam estimuladas em se engajar no processo de enquadramento dos corpos d'água em macrobacias. Nesse estudo o que pode ser analisado a partir das primeiras reuniões

ordinárias no comitê foi que parte dos membros do Comitê da Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF) não se sentiu fortemente chamada para encampar um processo de construção de enquadramento de corpos d'água em uma pequena sub-bacia ou micro bacia de uma das suas quatorze bacias hidrográficas.

O poder público federal na direção de equacionar a problemática da dificuldade em enquadrar corpos hídricos, emitiu uma resolução nacional no sentido de nortear e propor procedimentos que facilitariam todo o processo de enquadramento, quer seja para rios, reservatórios ou outro corpo hídrico. Deste modo o CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos), aprovou a resolução nº 91, de 5 de novembro de 2008, onde o caderno nº 6 da ANA (2009) disponibilizou um fluxograma que mapeou todas as fases para a implementação do enquadramento, fluxograma este que já fora apresentado no capítulo 3 da Metodologia da presente pesquisa.

Na citada resolução, o artigo 8º declara que caberá às agências de bacias em articulação com os órgãos gestores de recursos hídricos e ambientais, a elaboração e encaminhamento das propostas de alternativas de enquadramento aos seus respectivos comitês de bacia hidrográfica para sua apreciação e aprovação, para posteriormente ser encaminhado ao Conselho de Recursos Hídricos competente, que no caso do Estado do Ceará trata-se do CONERH (Conselho de Recursos Hídricos do Ceará). Mesmo que também no artigo 3º § 2º da referida resolução relate que a elaboração da proposta deverá ser participativa por meio de consultas públicas, ainda assim o desinteresse pelas comunidades locais identificadas por Gallinda (2014) não foram efetivamente dirimidas ou anuladas.

Esta pesquisa verificou nas primeiras reuniões ordinárias com o Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF), um certo não entendimento ao tema enquadramento de corpos d'água em classes, apesar de ser este colegiado o território a ser discutido e aprovado o referido tema, conforme resolução nº 91 do CNRH. Na primeira reunião no dia 24 de maio de 2014, após apresentação sobre enquadramento de corpos d'água no nordeste brasileiro e no semiárido, alguns representantes de órgãos da própria gestão dos recursos hídricos levantaram mais dificuldades do que possibilidades, arrefecendo o processo de discussão, outros se mostravam totalmente alheios à importância da matéria em pauta, e um pequeno número de integrantes, principalmente os ligados a órgãos ambientais ou da academia, foram os que resolveram levantar a bandeira da necessidade do comitê experienciar a execução de um instrumento de gestão que poderá vir a ser referência para os demais instrumentos de

gestão, bem como podendo assumir o papel de elo que liga o Sistema Nacional de Recursos Hídricos ao Sistema Nacional de Meio Ambiente (ATA do CBH-RMF - Anexo C).

4.1.1 – Grupo de Trabalho específico para o enquadramento

Para vencer essas dificuldades institucionais, foi que esta pesquisa propôs uma readequação no fluxograma apresentado pela ANA (2009), que teve como base a resolução nº 91, de 5 de novembro de 2008, do CNRH. Nascia ali a ideia de tirar a discussão do meio da plenária do CBH-RMF, comitê este formado por 60 membros divididos entre sociedade civil (30%), usuários (30%), poder público federal e estadual (20 %) e municipal (20%), para um grupo mais específico, melhor estruturado, enxuto e capaz de desenvolver o tema em questão. Foi criado no dia 24 de maio de 2014 um Grupo de Trabalho exclusivo para trabalhar a matéria de enquadramento de corpos d'água no semiárido: estudo de caso da sub-bacia do açude Acarape do Meio (ver Figura 51). Esse GT, criado e votado em assembleia geral ordinária, fora formado com 12 integrantes, sendo 02 do setor de usuários, 04 do setor da sociedade civil e 06 do poder público.

Figura 51-Reuniãodo CBH-RMF - Criação do Grupo de Trabalho



Fonte: Autor, 2014.

Tanto no enquadramento de corpos d'água em classes para macro bacias, como para micro bacias, a participação social, quer seja da sociedade local ou dos integrantes dos comitês de bacia hidrográfica, foi um entrave não esperado. Nesse sentido, a atual pesquisa encontrou outros caminhos institucionais que viabilizaram o processo, tornando-o mais exequível e pragmático, proporcionando um avanço no aspecto social do processo de enquadramento de corpos d'água em classes.

Vale ressaltar que SABIÁ (2008), no seu estudo sobre padrão de emissão de poluentes para o enquadramento de rios intermitentes na bacia do Rio Salgado, no Estado do Ceará, no eixo social, trabalhou com o Comitê da Sub-Bacia Hidrográfica do Salgado, criando uma primeira experiência no nordeste de responsabilidade e tarefas a partir de um Grupo de Trabalho (GT). Na metodologia aplicada por SABIÁ (2008), aplicou-se um questionário tanto entre os membros do próprio Comitê como dentro da sociedade civil.

A pesquisa desenvolvida nesta tese, entretanto, inovou ao criar um Grupo de Trabalho (GT) com objetivo de fazê-lo um braço do comitê de bacias na condução do processo de implementação de um importante instrumento de gestão, o que possibilitou mitigar as enormes dificuldades encontradas num processo de construção desenvolvido diretamente com toda a plenária do Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF). Nessa nova ótica, o GT foi o ambiente propício ao aprofundamento do tema enquadramento e concomitantemente foi possível disponibilizar formadores de opinião dentro do Comitê da Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF). Esses multiplicadores de informação prepararam o espírito dos demais membros do CBH-RMF, quando da análise da proposta de enquadramento a ser discutida e votada, bem como esses membros se comportaram como um canal ou ponte de comunicação entre pesquisador e CBH-RMF.

Outro aspecto inovador no GT foi sua formação, onde primou-se para que representantes de órgão ambientais, da gestão dos recursos hídricos e do meio acadêmico pudessem estar presentes, de maneira que as discussões e os avanços fossem mais consistentes. Isso se deu primeiramente porque esses membros foram os que se mostram mais dispostos ao trabalho, e segundo porque os demais membros ainda desconheciam o desafio e se mostravam mais céticos e pouco interessados. Um aspecto extremamente importante e que deve ser enaltecido, é que esse novo colegiado teve vida determinada. Ou seja, ele teve um único propósito, que foi a análise dos dados necessários para o diagnóstico e prognóstico, organizando toda a estratégia e planejamento de forma que deu

subsídio e suporte à Comissão Gestora de Sistema Hídrico para propor o enquadramento que foi devidamente encaminhado ao Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza, por isso é um colegiado que teve começo, meio e fim.

Foram realizadas 05 reuniões num período de oito meses, ou seja, entre maio de 2014 a janeiro de 2015. Todas as atas se encontram no Anexo C. O CBH-RMF detém um documento que define de forma transparente as regras de funcionamento de qualquer câmara técnica ou grupo de trabalho. Esse documento foi emitido ainda no ano de 2011 pelo CBH-RMF e é quem rege até a presente data o modelo de participação nesse tipo de reunião (Anexo A). O GT de Enquadramento, como ficou conhecido, também foi balizado pelo citado documento, que dentre outras regras define: que o GT deve seguir o regimento interno do CBH-RMF; que os GT's devem ser criados e aprovados no plenário do CBH-RMF; que o número mínimo de membros de qualquer GT deve ser de 05 e no máximo de 11; que o tempo de vigência mínimo deverá ser de 2 meses, além de propor que as reuniões devam ser mensais.

Todas as regras foram devidamente seguidas e obedecidas, sendo que o GT de Enquadramento começou com 12 membros, sendo um deles eleito o presidente.

O que se pode tirar de resultados das atas dessas reuniões, é que a *primeira reunião* foi realizada no dia 28 de maio de 2014 com a presença de 05 membros (ver Figura 52). A título de instituição estavam presentes representantes da SRH (Secretaria dos Recursos Hídricos), da SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente), do SENGE (Sindicato dos Engenheiros do Ceará), representante da Agroindústria YPIOCA e um representante da COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos). Como destaque ficou a fala do representante da SRH, assim como foi proferido também na plenária do CBH-RMF, onde ele voltou a alertar sobre a grande dificuldade de se implementar um instrumento de gestão tão complexo para o ambiente semiárido devido à sazonalidade dos seus corpos hídricos, o que mostra uma visão ampliada das dificuldades frente às oportunidades. Foi tirado como encaminhamento um grande levantamento e estudo sobre a legislação federal e estadual sobre o tema para a próxima reunião, no intuito de se concluir o processo de capacitação e internalização do tema.

Figura 52-Primeira reunião do Grupo de Trabalho



Fonte: Autor 2014.

A **segunda reunião** aconteceu no dia 18 de julho de 2014, quando foi feita uma precisa apresentação de toda a legislação nacional e um levantamento legal do que o Estado do Ceará tinha relacionado ao tema enquadramento. Desta forma, descobriu-se que o Estado detinha desde o ano de 2002 uma portaria que dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, a portaria nº 154, de 22 de julho de 2002 (ver Anexo A). Vale aqui destacar que esta portaria foi homologada na época pela superintendente da SEMACE, a Srta. Michele Mourão de Matos, que fez parte do GT de Enquadramento como representante da Agroindústria YPIOCA. Todo o processo de discussão foi extremamente exitoso e rico.

A **terceira reunião**, realizada no dia 26 de agosto de 2014 com a presença de 07 membros, foi marcada pelas profícuas discussões sobre o tema, identificando desafios, dificuldades, e planejamento para os próximos passos do GT de Enquadramento. Como destaque, ficou o fato relatado pelo representante da COGERH ao lembrar que o Presidente da Federação da Indústria do Estado do Ceará (FIEC) afirmara em plenária no CBH-RMF que não se importava em pagar a tarifa de água bruta para indústria, desde que o órgão gestor dos recursos hídricos disponibilizasse uma água de classe 2, esse relato mostrou a importância dessa pesquisa e desse instrumento de gestão. Outro fato importante relatado nesta reunião foi sobre um comunicado da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), através de um gerente regional na cidade de Irauçuba ao solicitar em uma rádio local que a população não bebesse a água tratada da CAGECE, pois a mesma estava com altos índices de toxina por conta da baixa qualidade da água das fontes hídricas daquela bacia hidrográfica, relato que denunciava a problemática da

ausência do enquadramento dessas mesmas fontes hídricas. Merece destaque ainda a fala da representante da Agroindústria YPIOCA, Michele Mourão, mencionando que apesar da aprovação do enquadramento de corpos d'água em classes de uso se dar na esfera do Conselho de Recursos Hídricos do Ceará (CONERH), cabe em primeira instância a aprovação pelo Comitê. Neste caso ela enalteceu a importância deste GT de Enquadramento para o sucesso dessa primeira experiência de enquadramento em corpos d'água em classes de uso. Os integrantes deste GT de Enquadramento ainda afirmaram que essa primeira experiência estimularia outras experiências para outros reservatórios, lembrando que todo o custo e execução do diagnóstico dos próximos processos de enquadramento deverá ficar a cargo da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), que é a secretaria executiva do comitê. O representante da COGERH lembrou que a companhia já efetuou alguns Inventários Ambientais (IVA) e alguns estudos hidroambientais, dentre eles do próprio açude Acarape do Meio. A representante da YPIOCA lamentou que esses estudos não tenham sido ainda divulgados dentro do CBH-RMF.

A representante da SEMACE, ao perceber quão importante era esse GT de Enquadramento, também solicitara que a COGERH pudesse publicar no Diário Oficial do Estado do Ceará a relação dos membros desse GT de Enquadramento, pois daria maior respaldo ao colegiado, bem como abriria outras oportunidades para outros órgãos ou instituições participarem de um momento tão ímpar como esse, que é propor uma metodologia exequível de enquadramento de corpos d'água para o semiárido, recomendação extremamente válida. Como encaminhamento final e produto desse terceiro encontro, ficou decidido que seriam enviados quatro ofícios, sendo: um para a SEMACE, solicitando o georreferenciamento de todas as atividades fiscalizadas por aquela superintendência na sub-bacia em estudo; outro ofício para o IPECE (Instituto de Pesquisa do Estado do Ceará) solicitando dados sócio-econômicos de cada município que faz parte da sub-bacia do Açude Acarape do Meio; o terceiro ofício para a Secretaria das Cidades, solicitando informações acerca de investimentos para instalação de fossas sépticas e banheiros nas comunidades difusas, e finalmente o quarto ofício para a Secretaria de Ação Social, solicitando pessoal capacitado para acompanhar as ações deste comitê, bem como indicar um representante para acompanhar os trabalhos do GT de Enquadramento. Nessa reunião foram apresentados os resultados preliminares da pesquisa que resultaram na conclusão do diagnóstico e as primeiras discussões de

possíveis programas de efetivação quando inferia sobre o prognóstico, tudo com o devido aval do GT.

A *quarta reunião*, realizada no dia 17 de dezembro de 2014, destacou-se no processo porque nascia dentro do GT de Enquadramento, criado a partir de uma demanda da pesquisa, um produto não planejado, uma minuta de lei ligada ao enquadramento dos corpos d'água. O Estado do Ceará, nesse ínterim, estava contraindo um empréstimo junto ao Banco Mundial na ordem de U\$ 350 milhões com o Projeto de Apoio ao Crescimento Econômico com Redução das Desigualdades e Sustentabilidade Ambiental do Estado do Ceará, numa modalidade inovadora de crédito denominada de PforR (Programa por Resultados), ou seja, o empréstimo seria repassado em parcelas atreladas ao cumprimento de metas sociais, econômicas e ambientais, com a criação de indicadores. Ora, uma dessas metas seria o enquadramento dos reservatórios Pacoti, Riachão e Gavião, localizados nas Bacias Metropolitanas, bem como a promulgação de uma lei estadual sobre a definição de *Áreas de Proteção e Recuperação de Mananciais da Região das Bacias Hidrográficas Metropolitanas, Salgado e Acaráu*, como subsídio e suporte legal para aqueles enquadramentos. No entanto, o governo do Estado não tinha qualquer “*know how*” ou uma metodologia disponível e pragmática para conduzir um programa tão arrojado e inovador, que seria o enquadramento de corpos hídricos no semiárido, foi quando o governo através da sua Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH) tomou conhecimento do GT de Enquadramento, criado por esta pesquisa, solicitando assim que esse GT de Enquadramento desse seu apoio técnico-científico para assumir essa tarefa. Desta forma o GT de Enquadramento iria em pouco tempo não só possibilitar a construção de um inovador modelo de enquadramento de corpos d'água para o semiárido como braço executor do Comitê da Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF), como também deixaria um novo produto para o sistema de gestão dos recursos hídricos do Estado do Ceará, ou seja, a minuta de lei a ser votada pela assembleia legislativa do Estado do Ceará sobre proteção e recuperação de mananciais, como meta de um indicador do Programa do Banco Mundial para o PforR.

Na *quinta e última reunião* do GT de Enquadramento, ocorrida no dia 20 de janeiro de 2015 (ver Figura 53), a minuta de lei que definia sobre *Áreas de Proteção e Recuperação de Mananciais da Região das Bacias Hidrográficas Metropolitanas, Salgado e Acaráu* (Anexo A) recebia suas últimas contribuições para ser apresentada aos consultores do Banco Mundial.

Figura 53-Quinta reunião do Grupo de Trabalho



Fonte: Autor, 2015.

Os primeiros resultados da modelagem da qualidade da água na bacia do Acarape do Meio, usando o programa QUAL-UFGM: para um trecho de 37 km do Rio Pacoti, também foram apresentados para apreciação do GT de Enquadramento, de forma que basicamente toda a estrutura de sugestão de uma metodologia para enquadramento de corpos d'água estava praticamente finalizada, mas precisava ainda de uma conclusão e do respaldo da própria comunidade que morava na sub-bacia. Foi a partir desse ponto que a pesquisa decolou da plataforma do GT de Enquadramento para aportar em um colegiado que estivesse estritamente ligado à bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio, ou seja, a Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio.

4.1.2 – Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio

Depois que o GT de Enquadramento cumpriu o seu papel e a missão para qual foi criado, ou seja, preparar todas as questões técnicas referentes ao diagnóstico, prognóstico e metas a serem alcançadas, o próximo passo foi o de transmitir esse cabedal de informação essencial para um outro colegiado que ficaria responsável em propor a classe de enquadramento necessária em função dos usos preponderantes. A nova etapa desse processo foi definir esse colegiado, que não poderia ser ainda o Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF).

A resolução nº 91, de 05 de novembro de 2008, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) afirma no seu artigo 3º § 2º que na fase da elaboração da proposta, a mesma deverá ser participativa por meio de consultas públicas. Veja que mesmo diante de um colegiado preparado e formado ainda no ano de 2003, o Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF), cuja representatividade é a sociedade civil organizada, não foi possível orientar um processo de discussão factível sobre o tema do enquadramento, o que dirá lançar mão de uma simples mobilização social em toda a área da sub-bacia do açude Acarape do Meio para reunir a sociedade civil local, os múltiplos usuários de água bruta, representantes do poder público municipal e outros representantes de órgãos governamentais que atuem nessa sub-bacia para decidir sobre tão relevante tema, sem uma comprovada vivência nesse exercício. A aprendizagem de exercer a cidadania é um processo construído ao longo do tempo.

Como no modelo de gestão dos recursos hídricos do Estado do Ceará contempla a criação de Comissões Gestoras de Sistemas Hídricos, conforme resolução do Conselho de Recursos Hídricos do Ceará (CONERH) nº 02, de 20 de novembro de 2007, que sempre considerou essas organizações de usuários como entidades auxiliares na gestão dos recursos hídricos locais, a referida resolução resolveu reconhecer essas Comissões Gestoras que operam sistemas hídricos isolados no Estado do Ceará atribuindo-lhes a condição de organismos de bacia vinculadas aos Comitês de Bacias Hidrográficas.

A pesquisa vislumbrou então que a Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio, criada pela resolução nº 07, de 16 de abril de 2009 pelo CBH-RMF, seria o colegiado certo para dar continuidade ao processo de enquadramento dos corpos hídricos daquela sub-bacia. Essa Comissão Gestora, formada por 15 membros, dos quais 01 é também membro do CBH-RMF, detém essas condições imprescindíveis e legítimas para essa tomada de decisão. Essa etapa perdurou por 9 meses com a realização de 03 encontros e outras articulações informais, como visitas às seções de medição de vazão e coletas de água.

A primeira reunião se deu no dia 23 de junho de 2015, com apresentação de todos os dados e informações colhidas e trabalhadas junto ao GT de Enquadramento do CBH-RMF. Nessa reunião também foram apresentados os primeiros resultados da pesquisa, demonstrando uma aplicação do modelo QUAL-UFMG para o trecho do Rio

Pacoti e as análises dos resultados de qualidade de água. Foram ainda iniciadas as discussões sobre os cenários a serem trabalhados, conforme ata em anexo (Anexo C).

Na última reunião, realizada no dia 16 de março de 2016 (Figura 54), a partir dos dados simulados foi possível apresentar duas propostas de enquadramento tanto para o Rio Pacoti, no seu trecho que vai da nascente até a entrada do açude Acarape do Meio, bem como para seus tributários e do próprio reservatório em questão. A Comissão Gestora em votação unânime decidiu por uma das propostas, que foi enquadrar aqueles corpos hídricos na classe 2. Essa proposta foi devidamente encaminhada ao Comitê da Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF), para que esse comitê pudesse apreciar e deliberar sobre a aprovação ou não da proposta definida pela Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio.

Figura 54-Reunião na Comissão Gestora do açude Acarape do Meio



Fonte: Autor, 2016.

Diante desses exitosos resultados, acredita-se que a Comissão Gestora para açudes isolados é uma alternativa que responde muito bem na fase de consultas públicas, dando consistência e legalidade às decisões.

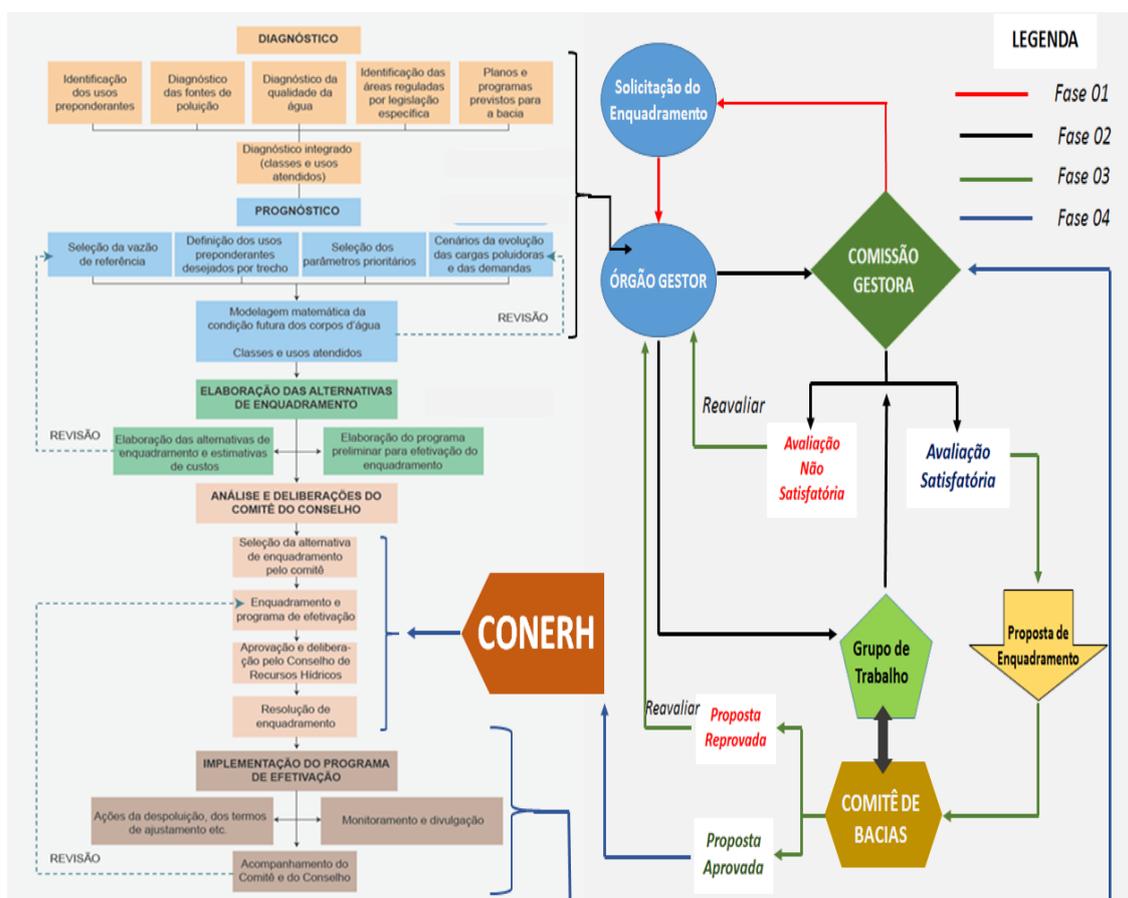
Caso não haja Comissão Gestora constituída no reservatório a ser enquadrado, recomenda-se primeiramente efetuar a criação de uma Comissão Gestora com o objetivo de proporcionar maior legitimidade e sucesso ao processo de enquadramento de corpos d'água em classe de uso, não somente para atender às

exigências quanto às consultas públicas, mas como um colegiado mais apropriado para uma fase subsequente que é o acompanhamento das metas intermediárias.

Entende-se que esse foi o colegiado mais importante em todo o processo, porque ao contrário do GT de Enquadramento que tem um começo, um meio e um fim bem definido, a Comissão Gestora estará presente em todo o desenrolar do processo de enquadramento até que se alcance a classe desejada, pois será essa Comissão Gestora que estará monitorando não somente o cumprimento ou não das metas intermediárias através de um acompanhamento continuado, como a manutenção da classe proposta, desempenhando também um papel de um órgão fiscalizador em toda a sub-bacia.

A Comissão Gestora conquista assim o status de ser o colegiado mais importante nesse novo fluxograma (ver Figura 55) para o processo de implementação do instrumento de gestão enquadramento de corpos d'água em classe de uso.

Figura 55-Novo fluxograma para o processo de implementação do enquadramento dos corpos d'água



Fonte: Autor, 2016 (Adaptação do Fluxograma da ANA, 2009).

A Comissão Gestora não guardará somente o importante papel de ter sido o primeiro colegiado a propor a classe de uso de um corpo hídrico, em especial de um reservatório no nordeste do Brasil, encaminhando a proposta de enquadramento para apreciação na plenária do CBH-RMF no dia 06 de abril de 2016, mas será o colegiado responsável em analisar os resultados periódicos da qualidade da água nos trechos de rios e riachos enquadrados como no açude Acarape do Meio. As seções de monitoramento utilizadas ainda na fase de coleta de dados de qualidade e vazão, bem como os pontos de controle dentro da bacia hidráulica do reservatório, serão ainda aproveitadas para se fazer o acompanhamento das metas intermediárias. A Secretaria Executiva do CBH-RMF, que é a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), deverá dar continuidade ao processo de análise da qualidade da água naquelas seções de monitoramento do Rio Pacoti e nos riachos, bem como nos pontos de controle do açude Acarape do Meio, produzindo assim relatórios bianuais da condição da qualidade desses corpos d'água para os parâmetros analisados na fase de diagnóstico.

Esses relatórios bianuais serão feitos utilizando também as ferramentas propostas por esta pesquisa, ou seja, as planilhas de modelagem de qualidade de água em rios, modelo QUAL-UFGM, e para reservatório no Nordeste do Brasil e na região semiárida, modelo proposto QUAL-HIDROSED. A Comissão Gestora terá assim elementos técnicos-científicos para verificar se as metas intermediárias estão sendo alcançadas ou não, e quais as intervenções que devem ser tomadas para a correção do curso planejado.

4.1.3 – Comitê da Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF).

Depois de todo esse processo que durou quase dois anos entre os trabalhos desenvolvidos no GT de Enquadramento (maio/2014 a janeiro/2015), até a conclusão dos trabalhos da Comissão Gestora (junho/2015 a março/2016), o Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF) recebeu a proposta de enquadramento deliberada pela Comissão Gestora para ser apreciada e votada no dia 06 de abril de 2016 (Figura 56).

Figura 56-Primeira discussão de apreciação da proposta de enquadramento pelo CBH-RMF



Fonte: Autor, 2016.

A plenária chegou a aprovar a proposta, mas o membro representando a FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia) indagou sobre o fato de que o programa de efetivação não deixou claro a questão temporal para o alcance da meta (Anexo C). Sendo assim, a plenária decidiu que as metas intermediárias fossem melhores explanadas, ficando a aprovação da referida proposta de enquadramento do Rio Pacoti e do reservatório Acarape do Meio para a próxima reunião ordinária do CBH-RMF, que aconteceu no dia 22 de junho de 2016, para finalmente ser encaminhada para sua devida aprovação pelo CONERH (Conselho de Recursos Hídricos do Ceará), de forma a emitir a primeira resolução de enquadramento de corpos d'água no semiárido, que obedeceu a um fluxograma próprio e adaptado para as condições do Estado do Ceará, servindo de modelo para as próximas experiências de enquadramento no Estado.

A aprovação em plenária no CBH-RMF por unanimidade (Figura 57), chancelava o êxito dessa arrojada metodologia inovadora, representada pelas proíquas discussões no GT de enquadramento e mais tarde na Comissão Gestora, o que possibilitou a estruturação de uma proposta de enquadramento efetivamente democrática e sem descontinuidade em seu processo. Depois de mais de duas décadas o Estado do Ceará deixava mais uma marca contemporânea e ousada na arte da gestão dos recursos hídricos.

Figura 57-Segunda apreciação e aprovação da proposta de enquadramento dos corpos d'água da bacia do açude Acarape do Meio pelo CBH-RMF



Fonte: Autor, 2016.

Ao acolher a proposta da pesquisa, que apresentou uma metodologia pragmática e eficiente, pois em menos de dois anos a proposta de enquadramento foi devida e exaustivamente discutida no seio da sociedade organizada daquela sub-bacia, já tinha sido levada para análise no Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF). Desta forma, o CBH-RMF escrevia um novo e valoroso capítulo na história dos recursos hídricos em um Estado que sempre foi emblemático quanto aos avanços da gestão das águas.

No dia 22 de junho de 2016 era aprovada a proposta de enquadramento dos corpos d'água da bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio, em especial de um reservatório no nordeste brasileiro, e que é alimentado por um rio intermitente. Um dos grandes produtos desta pesquisa e o grande ganho daquele colegiado foi ao final encaminhar ao CONERH, Conselho de Recursos Hídricos do Ceará, a minuta de enquadramento, que também se mostrou diferenciada de outras já homologadas pelo país, pois nela definiram-se limites de concentração de fósforo para as seções de controle durante as metas intermediárias. A referida minuta encontra-se no anexo A. Outro exemplar produto foi o de propor uma nova metodologia para o sistema de alocação de água no semiárido, enaltecendo agora o aspecto qualitativo a partir da classe de uso,

disponibilizando um novo conceito sobre volume de alerta, agora em função da qualidade do corpo hídrico, e não somente sobre sua quantidade.

4.2 – Monitoramento da qualidade da água.

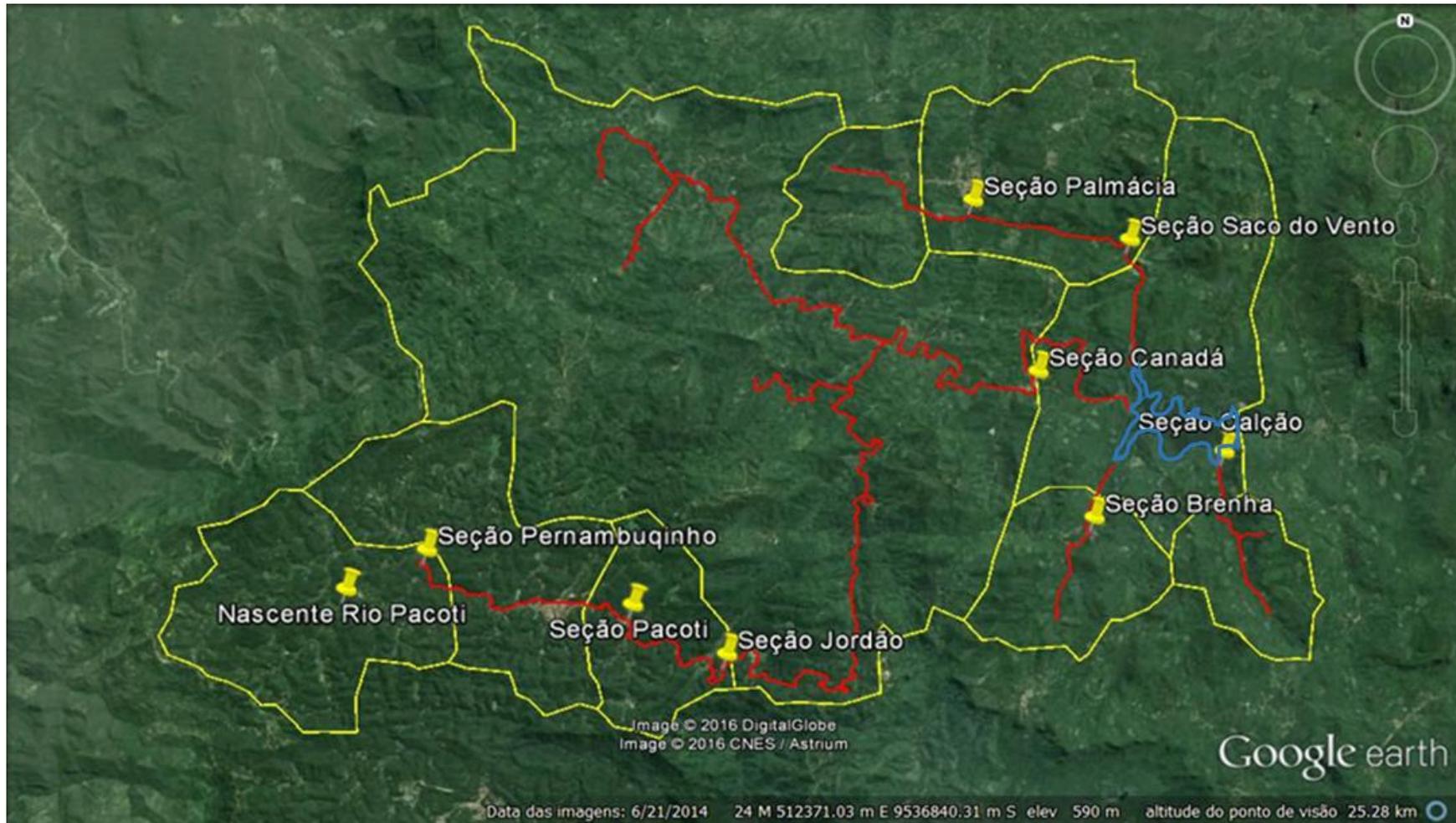
Conforme descrito na metodologia, o monitoramento da qualidade da água se deu tanto na rede de drenagem da bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio (Figura 58), como nos pontos de poluição pontual, ou seja, nas três ETE's identificadas na bacia em questão.

Na rede de drenagem foram instalados 08 seções de monitoramento quantitativo e qualitativo, cobrindo os 37 km do Rio Pacoti e dos Riachos Canabrava, Brenha e Calção.

As ETE's Pau do Alho e 13 de maio, localizadas no município de Pacoti, também foram monitoradas, assim como a ETE Palmácia no município homônimo.

Foi ainda monitorada a qualidade da água na bacia hidráulica do manancial Acarape do Meio, através dos cinco pontos de controle que perfazem a rede de monitoramento da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) para aquele reservatório, no entanto se atendo mais precisamente ao ponto onde a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) faz sua captação, ou seja, no ponto denominado de ACA-09.

Figura 58-Localização das oito seções de monitoramento na bacia hidráulica do açude Acarape do Meio



Fonte: O autor, 2016.

4.2.1 – Monitoramento de qualidade de água na rede de drenagem.

De acordo com a metodologia descrita, no monitoramento qualitativo foram coletadas amostras numa periodicidade mensal para análise de 19 parâmetros além do uso da sonda paramétrica para a coleta dos dados de OD, temperatura, pH, condutividade elétrica e turbidez.

Os 19 parâmetros analisados foram: alcalinidade por bicarbonato, alcalinidade por carbonato, alcalinidade por hidróxido, condutividade elétrica, cálcio, cloreto, cor, coliformes termotolerantes, DBO, ferro, fósforo total, nitrogênio total, magnésio, pH, sódio, sólidos dissolvidos totais, sólidos totais, sulfatos e turbidez.

Diante do fato da não verificação do fluxo no rio Pacoti durante a estação seca, somente na estação chuvosa, decidiu-se então trabalhar com os dados médios de cada parâmetro da estação chuvosa, para efetuar a alimentação da planilha QUAL-UFMG.

Foram levantados dados na estação chuvosa de 2013 e 2014, ficando os dados de qualidade de água do ano de 2014 para realizar a calibração e os dados do ano de 2013 para fazer o processo de validação da referida planilha de modelagem de água para rio. Os valores balizadores sempre foram aqueles determinados pela resolução CONAMA nº 357/2005.

Os dados de qualidade de água das seções monitoradas nos trechos de rios da bacia estão sumarizadas nas Tabelas 14 e 15, apresentando valores médios da quadra chuvosa de 2013 e 2014. Os parâmetros em destaque vermelho indicam que os mesmos estão fora dos limites das classes 2 e 3, podendo ser classificados como classe 4.

Tabela 14-Qualidade de água das seções de controle e monitoramento no trecho do Rio Pacoti para período chuvoso de 2013 e 2014. As seções estão ordenadas no sentido da água

PARÂMETRO	UNDIDADE	SEÇÃO DE CONTROLE NO RIO PACOTI								LIMITES CONAMA 357/2005		
		PERNAMBUCQUINHO		PACOTI		JORDÃO		CANADÁ				
		2013	2014	2013	2104	2013	2014	2013	2014	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III
Fósforo Total	mg/L P	0.48	0.11	4.00	3.89	0.29	0.61	0.56	0.63	≤ 0.10	≤ 0.10	≤ 0.15
DBO	mg/L O2	1.78	9.53	33.70	33.49	15.10	8.16	4.74	5.60	≤ 3.00	≤ 5.00	≤ 10.00
OD	mg/L O2	5.52	5.37	2.97	3.29	2.78	3.05	6.13	6.04	≥ 6.00	≥ 5.00	≥ 4.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	462	2662.6	5.10E+05	5.25E+05	6.01E+02	3.23E+03	8.07E+02	3.28E+04	≥ 200	≤ 1000	≥ 2500
Nitrogênio Total	mg/L	1.96	0.94	10.71	7.79	2.03	4.43	1.03	1.17	—	—	—
Alcalinidade Bicarbonato	mg/L CaCO3	67.98	75.45	403.86	191.77	58.00	61.00	70.19	71.58	—	—	—
Alcalinidade Carbonato	mg/L CaCO3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Alcalinidade Hidróxido	mg/L CaCO3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Condutividade Elétrica	mS/cm	0.37	0.33	0.43	0.64	0.21	0.30	0.32	0.32	—	—	—
Cálcio	mg/L Ca	24.52	20.81	37.80	30.09	21.24	16.89	21.35	17.19	—	—	—
Cloreto	mg/L Cl	46.08	36.38	106.31	65.51	39.56	30.16	42.36	39.06	250.00	250.00	250.00
Cor	mgPt/L	47.44	57.50	88.45	69.16	42.64	67.50	62.39	67.50	—	75	75
Ferro	mg/L Fe	1.18	2.20	0.47	2.40	0.99	1.81	0.71	7.80	0.3	0.3	5.0
Magnésio	mg/L Mg	12.12	10.15	18.98	10.89	9.23	8.05	11.25	8.97	—	—	—
pH		6.89	7.52	7.09	7.61	6.86	7.62	7.39	7.90	6_9	6_9	6_9
Sódio	mg/L Na	42.80	28.10	87.45	44.43	24.83	19.93	31.25	28.06	—	—	—
Sólidos Dissolvidos	mg/l	187.91	237.28	254.21	358.08	92.90	222.50	167.27	223.75	500.00	500.00	500.00
Sólidos Totais	mg/L	194.36	246.23	266.38	376.75	97.68	234.00	173.71	376.00	500.00	500.00	500.00
Sulfatos	mg/L	22.11	21.81	23.92	45.96	35.07	25.82	22.15	33.39	250.00	250.00	250.00
Turbidez	NTU	6.80	20.63	30.76	29.19	8.21	15.56	17.15	184.40	40.00	100.00	100.00
VAZÃO	m³/s	0.01	0.01	0.13	0.16	0.26	0.38	0.61	1.48	—	—	—

Fonte: Autor, 2016.

Tabela 15-Qualidade de água das seções de controle e monitoramento nos Riachos na bacia do Açude Acarape do Meio para período chuvoso de 2013 e 2014

PARÂMETRO	UNDIDADE	SEÇÃO DE CONTROLE NOS RIACHOS								LIMITES CONAMA 357/2005		
		SACO DO VENTO		CALÇÃO		BRENHA		PALMÁCIA				
		VALOR MÉDIO	VALOR MÉDIO	VALOR MÉDIO	VALOR MÉDIO	VALOR MÉDIO	VALOR MÉDIO	VALOR MÉDIO	VALOR MÉDIO	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III
Fósforo Total	mg/L P	0.32	0.34	0.31	0.23	0.32	0.21			≤ 0.10	≤ 0.10	≤ 0.15
DBO	mg/L O2	2.38	35.22	3.42	—	1.65	—			≤ 3.00	≤ 5.00	≤ 10.00
OD	mg/L O2	—	4.67	—	7.30	—	4.55			≥ 6.00	≥ 5.00	≥ 4.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	3.21E+02	4.76E+03	2.76E+02	3.68E+03	—	5.48E+03			≥ 200	≤ 1000	≥ 2500
Nitrogênio Total	mg/L	0.76		1.33	1.47	1.47	2.40			—	—	—
Alcalinidade Bicarbonato	mg/L CaCO3	115.69		46.06	31.24	60.74	49.38			—	—	—
Alcalinidade Carbonato	mg/L CaCO3	—		—	—	—	—			—	—	—
Alcalinidade Hidróxido	mg/L CaCO3	—		—	—	—	—			—	—	—
Condutividade Elétrica	mS/cm	0.49		0.24	0.16	0.30	0.23			—	—	—
Cálcio	mg/L Ca	29.02		7.02	6.57	14.11	11.50			—	—	—
Cloreto	mg/L Cl	66.17		50.10	22.74	45.61	25.71			250.00	250.00	250.00
Cor	mgPt/L	49.66		138.83	200.00	113.48	125.00			—	75	75
Ferro	mg/L Fe	0.60		0.90	3.08	0.69	4.46			0.3	0.3	5.0
Magnésio	mg/L Mg	18.20		9.63	3.99	9.25	4.44			—	—	—
pH		7.71		7.13	7.64	7.04	7.72			6_9	6_9	6_9
Sódio	mg/L Na	76.38		44.01	15.86	45.10	18.18			—	—	—
Sólidos Dissolvidos	mg/l	252.76		133.68	226.50	144.25	285.00			500.00	500.00	500.00
Sólidos Totais	mg/L	257.26	339.33	141.76	243.50	156.41	311.00			500.00	500.00	500.00
Sulfatos	mg/L	14.97		22.58	27.43	19.61	33.28			250.00	250.00	250.00
Turbidez	NTU	11.55	33.50	38.90	86.94	45.01	76.94			40.00	100.00	100.00
VAZÃO	m³/s	0.24	0.17	0.06	0.05	0.07	0.06	0.10	0.06	—	—	—

Fonte: Autor, 2016.

4.2.1.1 – Seção Pernambuco

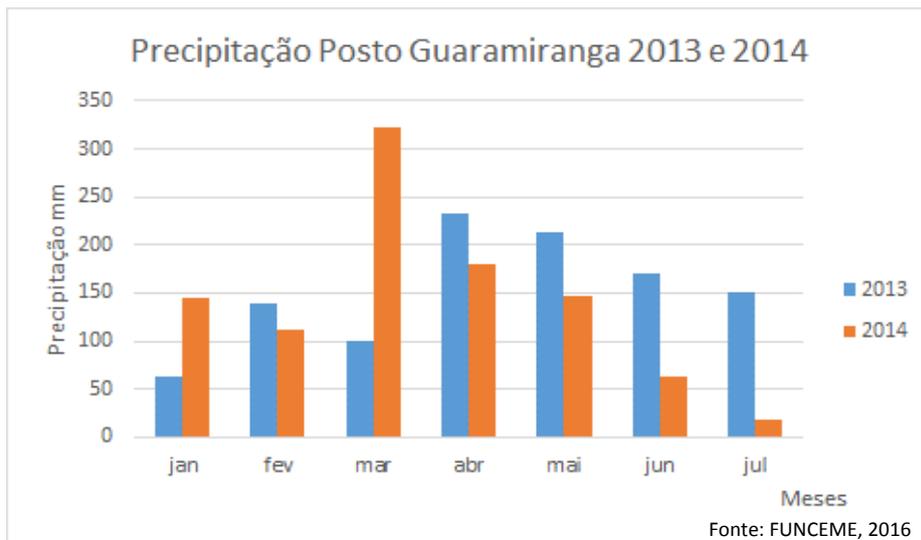
Os dados de qualidade de água desta seção, se mostraram relativamente satisfatórios, conforme Tabela 14, quando confrontados com os limites da resolução CONAMA 357/2005. Para o ano de 2013, apenas o fósforo total e o ferro ficaram fora dos limites da classe 2.

Com a não operacionalidade da ETE-Pernambuquinho, era de se esperar que os valores de coliformes termotolerantes e fósforo alcançassem valores bem mais expressivos, no entanto o valor de coliformes para o ano de 2013 foi extremamente baixo (462 NMP/100 ml). Algumas suposições podem ser discutidas, tais como, provavelmente essa ETE poderia ser ineficiente e a sua condição atual de não operacionalidade pode estar evitando jogar um efluente não tratado em um único ponto, desta forma todo o rejeito passou a ser considerado como uma poluição difusa, o que gera menor dano quando se tem uma ETE inoperante que concentra todo o efluente e o lança em um único ponto do rio, potencializando seu efeito nocivo ao meio ambiente.

Para o ano de 2014, os parâmetros que extrapolaram os limites da classe 2 foram a DBO, coliformes termotolerantes e o ferro. No caso do fósforo, apesar do seu valor ter ficado um pouco acima do limite da classe 2, ainda assim foi considerado como classe 2.

Outro aspecto que deve ser destacado é que a quadra chuvosa de 2013 foi tardia quando comparada com a de 2014, sendo que 1/3 do volume precipitado do ano de 2013 foi registrado nos meses de junho e julho, portanto fora da quadra chuvosa do Estado do Ceará (ver Figura 59), portanto não contemplado com o período das coletas de água desta pesquisa. Isso provavelmente fez com que alguns parâmetros de 2014 ficassem relativamente superiores aos de 2013, principalmente coliformes e DBO.

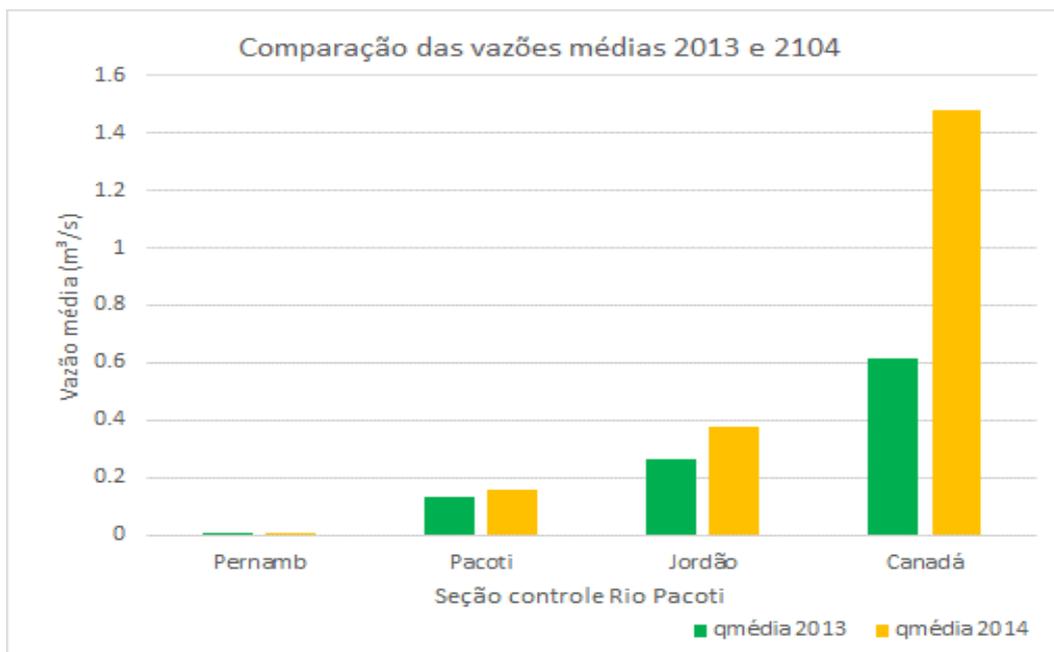
Figura 59-Precipitação no posto de Guaramiranga para os anos de 2013 e 2014



A vazão média para essa seção durante o período chuvoso foi de 5,4 l/s para o ano de 2013 e 9,0 l/s para o ano de 2014, o que apenas confirma uma quadra chuvosa mais concentrada para o ano de 2014.

A Figura 60 mostra as vazões médias observadas para as seções controles no trecho do Rio Pacoti. Apesar do volume precipitado do ano de 2013 ter sido um pouco maior do que o ano de 2014, no entanto as chuvas no período de março a abril foram mais intensas nesse último ano, proporcionando melhor fluxo e maiores vazões.

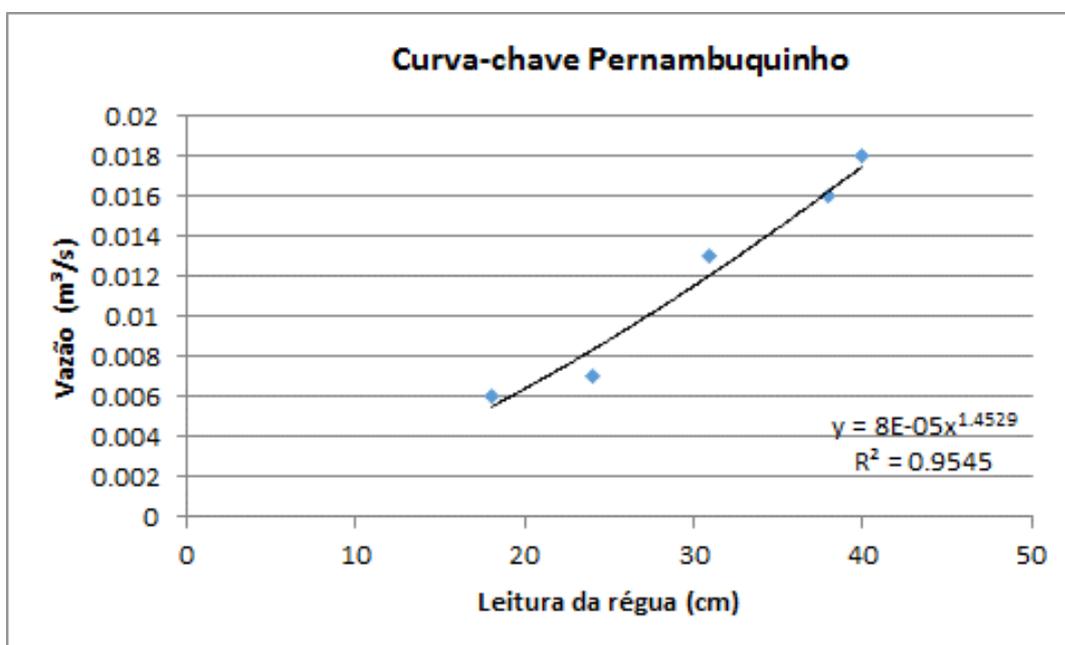
Figura 60-Gráfico das vazões médias por seção de controle no Rio Pacoti



Fonte: Autor, 2016.

Conforme já explicitado no capítulo da metodologia, as leituras das régua linimétricas das seções de monitoramento eram lidas diariamente sempre às 07:00 h da manhã. Sempre que possível deslocou-se de Fortaleza até a área da pesquisa quando no registro de precipitações para se fazer medidas de vazão que seriam imprescindíveis para a obtenção da curva chave de cada seção. Obteve-se pelo menos cinco leituras para cada seção. A Figura 61 apresenta a curva-chave para a seção Pernambuquinho. Com isso, foi possível alcançar os valores médios escoados em cada seção, que se tornariam dados para alimentar a planilha de modelagem para rio, a planilha QUAL-UFGM.

Figura 61-Gráfico da curva-chave da seção Pernambuquinho



Fonte: Autor, 2016.

4.2.1.2 – Seção Pacoti

Quanto à questão da qualidade da água dessa parte da rede de drenagem do Rio Pacoti, esse é o setor ou o trecho mais fortemente degradado em termos de qualidade de água, conforme pode ser observado na Tabela 14.

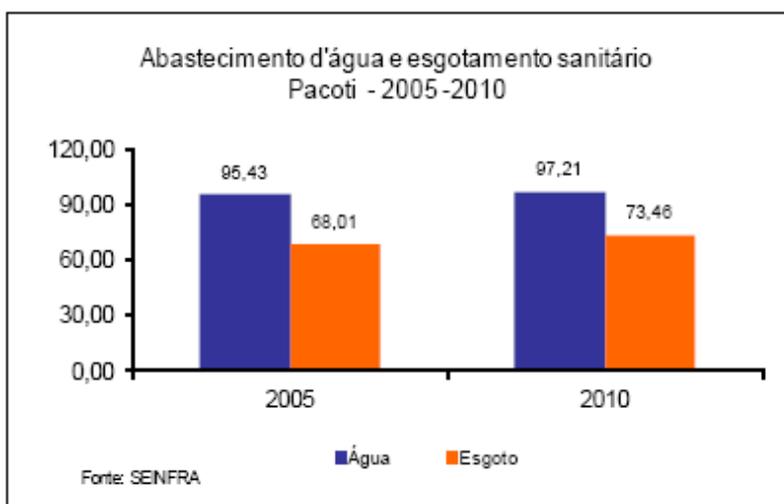
Os valores da concentração de fósforo (4,0 mg/l) superaram em mais de 40 vezes o valor máximo permissível da classe 2 (0,1 mg/l) e em 30 vezes ao valor máximo permissível para a classe 3 (0,15 mg/l), portanto para este parâmetro esse trecho

do rio estaria classificado na classe 4 porque essa é a última classificação conforme a resolução CONAMA 357/2005.

O problema se torna ainda mais grave quando se analisa o parâmetro coliformes termotolerantes, neste caso o valor da análise superou em 510 vezes o valor máximo permissível para a classe 2 que é de até 1.000 NMP/100 ml, quando no ano de 2014 observou-se um valor médio para a estação chuvosa de 525.000 NMP/100 ml. Os parâmetros DBO e OD seguiram a mesma tendência preocupante.

Conforme as informações da Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA) dispostas na Figura 62, aproximadamente 73% dos domicílios da sede do município de Pacoti estão ligados à rede de coleta de esgoto. A seção Pacoti reflete as interferências das Estações de Tratamento de Esgoto deste município. Das duas ETE's ali localizadas, a ETE 13 de maio (Figura 63) recebe aproximadamente 70% de todo o esgoto da sede do município de Pacoti, conforme informação da CAGECE, apresentando-se deficitária, e ao invés de estar fazendo um bem ao corpo hídrico, na verdade está acelerando sua degradação, pois ao não conseguir tratar o efluente, lança de forma concentrada um esgoto praticamente *in natura* na calha viva de um rio incapaz de absorver tão grande carga de poluente, especialmente o fósforo e os coliformes termotolerantes, que proporcionam como consequência deletéria um baixo Oxigênio Dissolvido e elevados valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio, deixando esse corpo hídrico comprometido para qualquer uso e até para a manutenção da vida aquática. O matadouro da cidade lança seu efluente da outra ETE, a Pau do Alho, que fica responsável em coletar 30% do esgoto da sede municipal.

Figura 62-Abastecimento de água e esgotamento sanitário do município de Pacoti



Fonte: SEINFRA, 2014

Figura 63-ETE 13 de Maio da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE)



Fonte: Autor, 2014.

Esse trecho do rio passou a ser lamentavelmente um canal que drena esgoto bruto em direção ao reservatório Acarape do Meio (Figura 64 e 65).

Figura 64-Detalhe do Rio Pacoti no trecho à jusante da sede do município de Pacoti



Fonte: Autor, 2014.

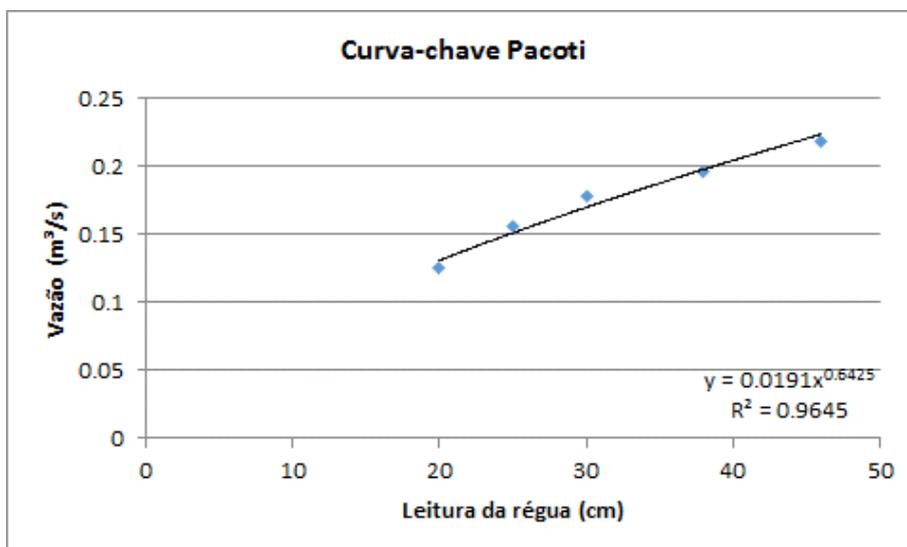
Figura 65-Degradação da qualidade da água do Rio Pacoti após a ETE 13 de Maio



Fonte:Autor, 2014.

Quanto à vazão média na seção, a mesma ficou em 158 l/s para o ano de 2014 e em 134 l/s para o ano de 2013, mostrando novamente a influência da concentração das chuvas no ano de 2014 em março e abril. Na Figura 66 é possível perceber a curva-chave para a citada seção.

Figura 66-Gráfico da curva-chave da seção de controle Pacoti



Fonte: Autor, 2016.

4.2.1.3 – Seção Jordão

Nesta seção em especial, o elemento que vai impactar na qualidade da água é basicamente a atividade agrícola, pois a população rural é muito pequena e nessa micro bacia não foi registrada atividade pecuária significativa.

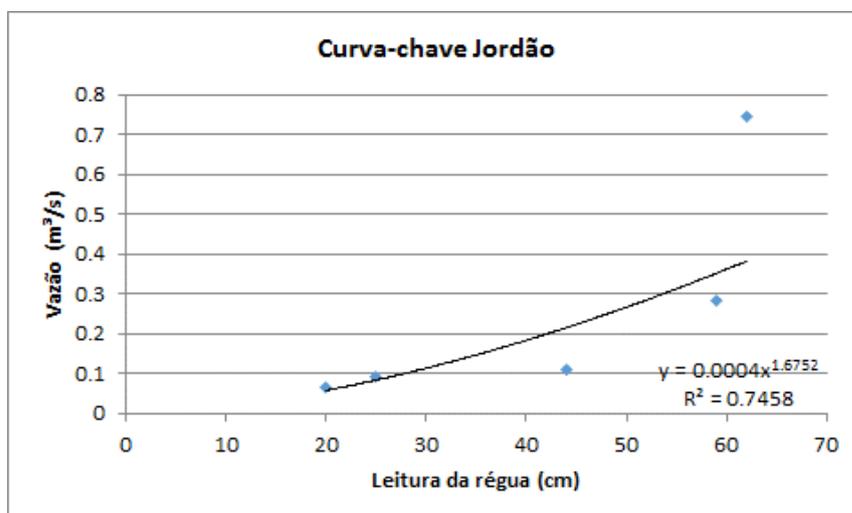
De acordo com o Tabela 14, é possível perceber que o rio não tem a capacidade de depurar toda a carga de poluente recebida na seção Pacoti. Ainda tem a entrada, de forma difusa, de fósforo e nitrogênio oriundos da atividade agrícola, principalmente da aplicação desordenada de adubos químicos sem qualquer critério técnico e extensionista.

Nesse trecho pode-se notar, a partir do Tabela 14, que os parâmetros fósforo, DBO, OD e coliformes termotolerantes estão fora dos padrões da classe 2, ficando situados na classe 4, assim como o trecho da seção Pacoti. A concentração de coliformes termotolerantes caiu sensivelmente em relação à seção Pacoti, saindo de 525.000 NMP/100 ml para apenas 2.940 NMP/100 ml nesta seção, para os dados referentes ao ano de 2014.

O parâmetro OD continua baixo, um pouco melhor em 2014 devido provavelmente à melhor média pluviométrica para o período nesta região, conforme já discutido anteriormente. A curva-chave dessa seção também foi obtida (Figura 67).

O parâmetro fósforo, escolhido para essa pesquisa, se encontra com valores bem elevados para o padrão da classe 2, mas representando menos de 20 % do valor do fósforo para a seção Pacoti, referente aos valores ao ano de 2014.

Figura 67-Gráfico da curva-chave da seção Jordão



Fonte: Autor, 2016.

4.2.1.4 – Seção Canadá

Esta área representa a região mais fortemente degradada pela intervenção do homem. Extensos territórios foram desmatados para dar lugar à pecuária extensiva e semi-intensiva, além da prática do consórcio com culturas de sequeiro como banana e arroz (Figuras 68 e 69).

Figura 68-Atividade pecuária e áreas degradadas para uso da agricultura de sequeiro



Fonte: Autor, 2014.

Figura 69-Desmataemnto em áreas de preservação com inclinação superior a 45°



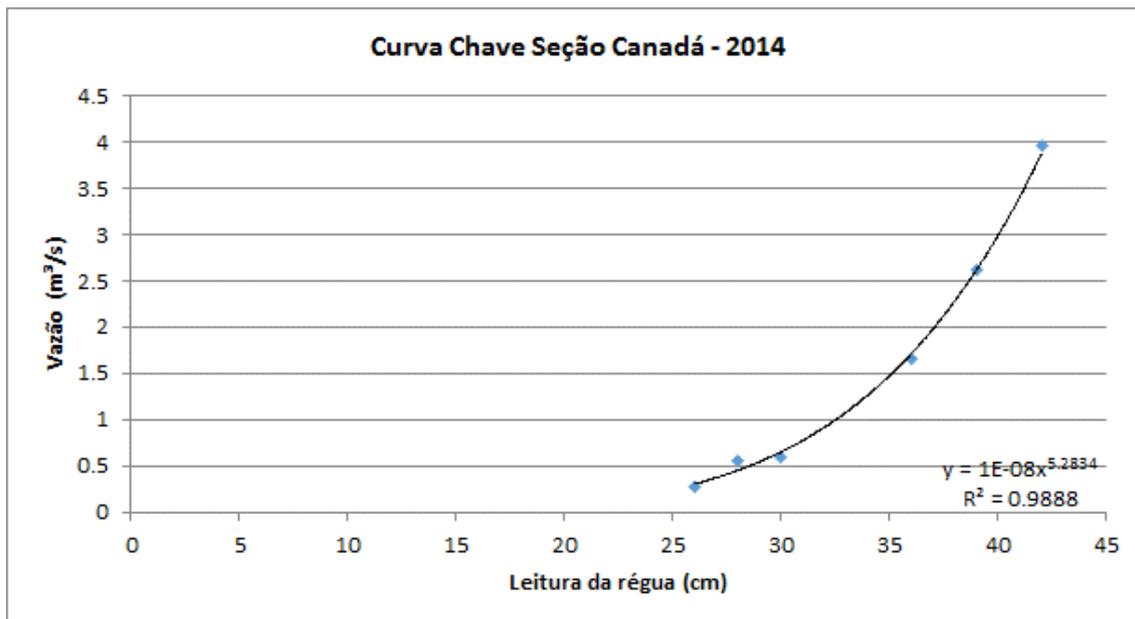
Fonte: Autor, 2016.

Quanto à qualidade da água nesta seção, pode-se observar que esse trecho em relação aos parâmetros fósforo e coliformes termotolerantes também se encontra na classe 4 (Tabela 14), pois a concentração de fósforo média foi de 0,627 mg/l quando o máximo permitido para a classe 2 é de apenas 0,1 mg/l, conforme Tabela 15. Quanto ao parâmetro coliformes, o mesmo alcançou valores alarmantes de 32.800 NMP/100 ml, muito superior ao verificado na seção anterior, Jordão, que registrou valores de 2.940 NMP/100 ml. Isso se deve provavelmente ao grande número de rebanho bovino e principalmente o crescimento inesperado da população avícola, bem como a própria população rural, que na sua grande maioria apresenta no muito fossa rudimentar. Vale ainda destacar que o lixão a céu aberto do município de Palmácia localizava-se na nascente do Riacho Salgado, que faz parte da micro bacia da seção Canadá, que sozinha representa 50 % de toda a área da bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio.

Quanto ao OD, o rio conseguiu se recuperar alcançando nessa seção valores compatíveis com a classe 1, que é de 6,0 mg/l de O₂.

No tocante à vazão média, a mesma ficou em torno de 1.480 l/s. Essa foi a seção com o maior número de medições, o que resultou na confecção da sua curva-chave (Figura 70), importante ferramenta para transformar as leituras diárias de nível de água em vazão.

Figura 70-Curva-chave da seção Canadá



Fonte: Autor, 2016

4.2.1.5 – Seção Brenha

A pequena bacia Brenha, que ocupa apenas 4,4 % da área total da sub-bacia do Açude Acarape do Meio, apresenta uma pequena população rural sem qualquer serviço de saneamento básico e as atividades agropecuárias são praticamente de subsistência, como pode ser observado quando da aplicação do questionário e do levantamento dos pontos para a definição do uso e ocupação do solo.

Apesar de tratar-se de uma pequena área, algo em torno de 9,4 km², com um uso e ocupação do solo basicamente agrícola e de cunho familiar, mas de acordo com a Tabela 15, sobre os valores médios de qualidade da água desta pequena bacia, ainda assim é possível analisar que o parâmetro coliformes termotolerantes se encontra acima do máximo permissível para a classe 3, ou seja, o limite de 2.500 NMP/100 ml. Nesta seção o parâmetro coliformes alcançou, como valor médio para a estação chuvosa, 5.480 NMP/100 ml (Tabela 14).

O alto valor do parâmetro coliformes se deve provavelmente à falta de saneamento básico, pois a maioria das residências rurais dessa comunidade se quer tem banheiro, cabendo aqui uma ação do poder público.

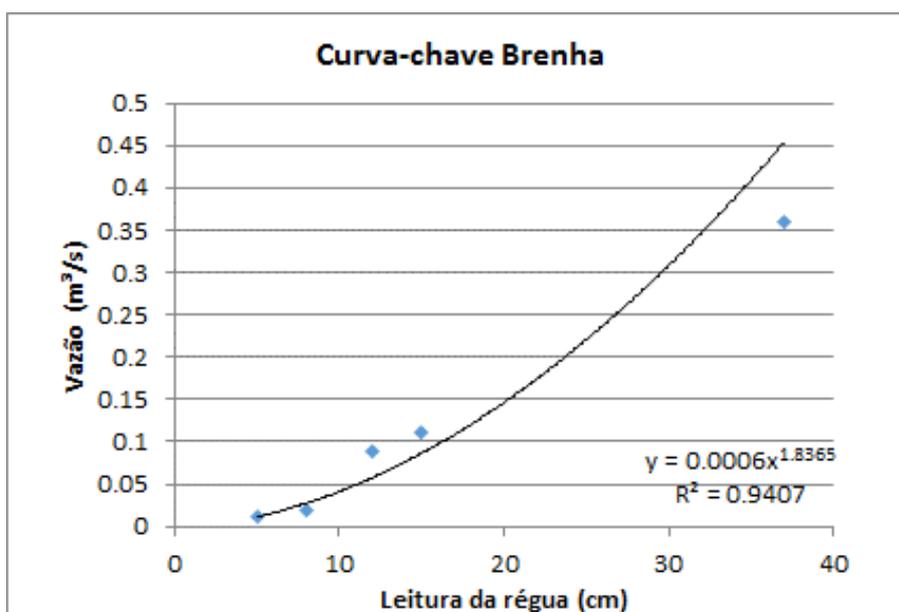
O parâmetro fósforo total também ficou acima do limite permissível para as classes 2 e 3, o que classifica esse pequeno riacho como classe 4. Os valores

expressivos da concentração de fósforo se devem possivelmente a uma agricultura que demonstra, assim como nas demais sub-bacias, pouca ou nenhuma assistência técnica na área agrícola por parte do órgão público estadual responsável pela extensão rural.

A situação não é mais agravante para o reservatório Acarape do Meio, por se tratar de uma pequena bacia com uma pequena área drenante, que ao final, gera uma carga de poluentes não tão impactante, no entanto não é admissível que uma pequena bacia eminentemente agrícola possa ter valores de fósforo e coliformes tão altos e valores de OD abaixo do valor da classe 2.

Essa pequena bacia contribuiu no período da quadra chuvosa de 2014, com uma modesta vazão média de 55,5 l/s, cuja participação no aporte hídrico total do reservatório Acarape do Meio ficou em 3,08%. A Figura 71 revela a curva-chave confeccionada a partir de algumas medições de vazões na referida seção.

Figura 71-Curva-chave da seção Brenha



Fonte: Autor, 2016.

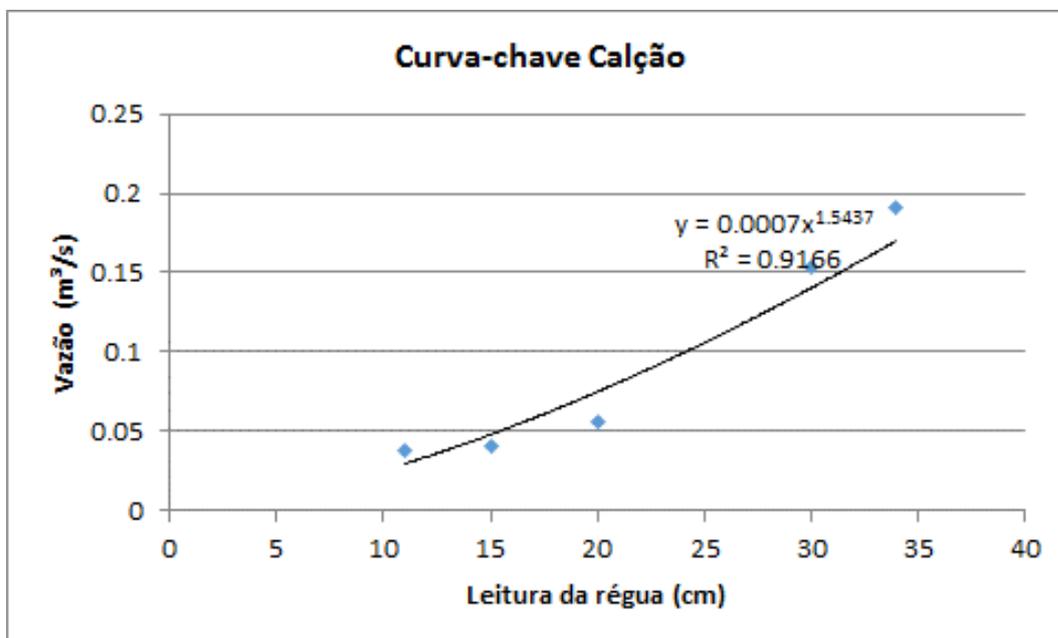
4.2.1.6 – Seção Calção

No tocante à qualidade da água dessa seção, também os parâmetros fósforo total, coliformes termotolerantes, cor e ferro ficaram fora dos valores máximos permissíveis para as classes 2 e 3, podendo também ser classificado esse riacho como classe 4 para estes parâmetros, conforme Tabela 15.

As discussões elencadas para os altos valores de fósforo e coliformes para a seção Brenha, também cabem para esta seção. Assim como na seção Brenha, observou-se valores altos de cor e ferro. O parâmetro cor, que está associado à presença de metais como ferro, húmus e plâncton, responde pelo fato dos valores expressivos de ferro e do próprio coliformes e fósforo total.

Foi constatado que esta seção aportou uma vazão média para o período chuvoso na ordem de 50,3 l/s, um valor um pouco inferior ao registrado na seção Brenha. Em ambos os casos, as vazões foram pouco significativas quando se pensa na capacidade de aporte hídrico para a bacia hidráulica do açude Acarape do Meio. A Figura 72 exibe a curva-chave para essa seção.

Figura 72-Curva-chave da seção Calção



Fonte: Autor, 2016.

4.2.1.7 – Seção Saco do Vento

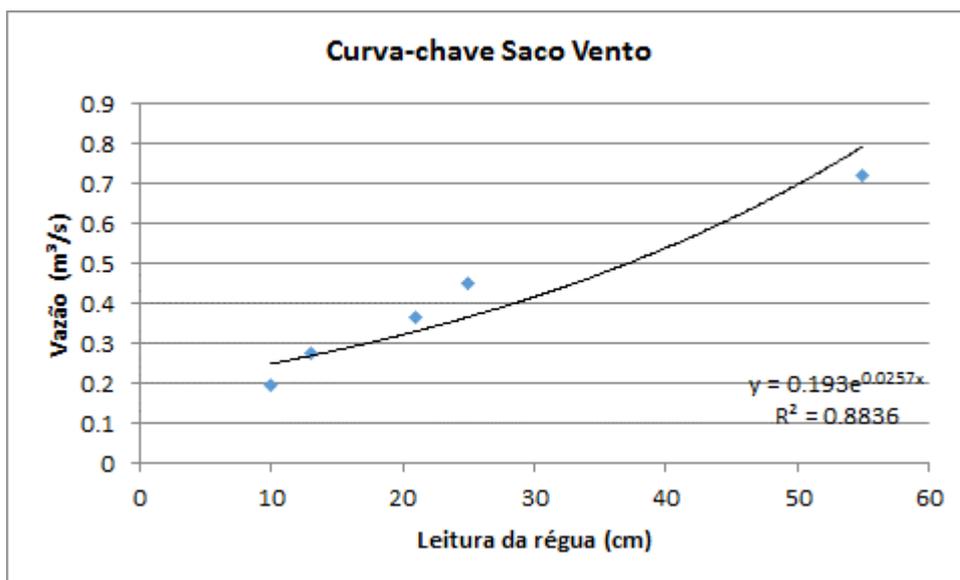
Esta seção tem sua qualidade de água influenciada pela pressão urbana da sede do município de Palmácia, onde parte do esgoto é lançado bruto diretamente no leito do riacho Canabrava. O efluente da ETE de Palmácia, outra estação de tratamento de esgoto da CAGECE deficitária, é lançado à montante desta seção a uns 5,37 km.

O município tem uma vocação eminentemente agrícola, destacando-se o cultivo da bananicultura de sequeiro, isso proporcionou um desmatamento de uma vasta área de floresta nativa para dar lugar ao bananal.

Resultados dessas ações antrópicas podem ser comprovados nos parâmetros fósforo total, coliformes termotolerantes e DBO (ver Tabela 15), que ficaram bem acima dos valores máximos permissíveis até mesmo para a classe 3, desta forma esse riacho também foi considerado como classe 4.

Quanto à vazão média registrada no período da estação chuvosa a partir da curva-chave (Figura 73), obteve-se um valor de 172 l/s. Os três riachos discutidos acima no período em questão, representaram algo em torno de 20 % do volume aportado no reservatório, ficando o Rio Pacoti responsável por 80 % de todo o aporte hídrico do açude Acarape do Meio.

Figura 73-Curva-chave da seção Saco do Vento

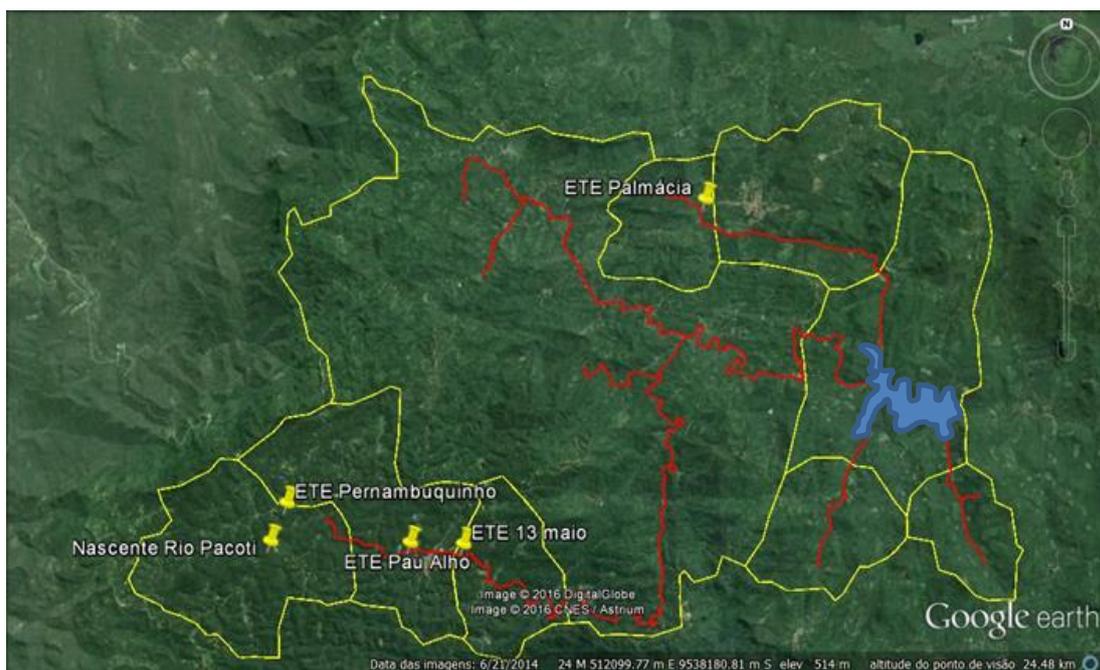


Fonte: Autor, 2016.

4.2.2 – Monitoramento de qualidade dos efluentes nas Estações de Tratamento de Esgoto da bacia do Açude Acarape do Meio.

Na identificação dos pontos de poluição pontuais, o que ficou mais característico foram as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) da Companhia de Água e Esgoto do Ceará, num total de quatro na área da bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio, conforme Figura 74. Entretanto, a ETE localizada no distrito de Pernambucozinho (Figura 75) se encontra atualmente desativada.

Figura 74-Localização das quatro ETE's na bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio



Fonte: Autor, 2016.

Figura 75-ETE Pernambuco no município de Guarimiranga



Fonte: Autor, 2014.

Seguindo ainda o Rio Pacoti e chegando na entrada da sede do município homônimo, encontra-se a ETE Pau do Alho (Figura 76), que conforme a CAGECE trata menos de 30 % do esgoto da sede do município de Pacoti, priorizando a captação do efluente do matadouro da cidade.

Figura 76-ETE Pau do Alho localizado no município de Pacoti



Fonte: Autor, 2014.

Na Figura 77 é fácil perceber que o lançamento do efluente da ETE Pau do Alho de qualidade questionável sacrifica o rio indefeso.

Figura 77-Detalhe do ponto de lançamento do efluente da ETE Pau do Alho



Fonte: Autor, 2014.

Na saída da cidade é possível observar a outra ETE que trata a maior parte do esgoto coletado deste município, com uma vazão na ordem de 30 l/s de vazão contínua. Esta ETE é denominada de 13 de maio (Figura 78 e 79).

Figura 78-ETE 13 de Maio localizada na saída da cidade de Pacoti



Fonte: Autor, 2014.

Figura 79-Detalhe da vazão do efluente da ETE 13 de Maio lançado no Rio Pacoti



Fonte: Autor, 2014.

Assim como a qualidade do efluente da ETE Pau do Alho, o efluente da ETE 13 de maio apenas agrava a situação da degradação da qualidade do rio (Figura 80).

Figura 80-Detalhe da qualidade da água no Rio Pacoti após receber o efluente da ETE 13 de Maio



Fonte: Autor, 2014.

Um jornal de grande circulação no Estado do Ceará trouxe como matéria de capa no dia 09 de maio de 2016 que a Estação de Tratamento de Esgoto do município de Pacoti, a ETE 13 de maio, estava poluindo gravemente o Rio Pacoti (Figura 81). O Ministério Público do Estado abriu processo solicitando que a COGERH emita relatório técnico conclusivo sobre a denúncia do jornal.

Figura 81-Matéria do Jornal O POVO no dia 09 de maio de 2016 denunciando a ETE 13 de Maio como agente poluidor



Fonte: Jornal O POVO, 09 de maio de 2016.

A quarta e última ETE está localizada no riacho Canabrava no município de Palmácia (Figura 82).

Figura 82-ETE no município de Palmácia. Lança seu efluente no Riacho Canabrava



Fonte: Autor, 2014.

A análise dos dados de qualidade dos efluentes das ETE's, que estão operacionais na bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio, foi feita a partir de coletas mensais diretamente na tubulação de saída das respectivas ETE's para lançamento no corpo hídrico. Inicialmente foi verificada alguma resistência por parte dos funcionários da própria concessionária de água e esgoto para efetuar tais coletas. Em outros momentos era adicionado cloro de forma desregrada e desesperada no sistema de tratamento quando no ato da coleta da pesquisa. Os resultados não poderiam ser outros se não um verdadeiro atestado de falência de um corpo receptor que inerte agoniza corredeira abaixo tentando se reoxigenar para garantir um mínimo de vida quando aportar no reservatório Acarape do Meio, fonte hídrica para o abastecimento humano de quase 100 mil pessoas. A Tabela 16 traz a média aritmética da concentração dos parâmetros OD, DBO, fósforo e coliformes entre os meses de fevereiro a julho de 2014 das citadas ETE's, além dos limites para lançamento de efluentes conforme a resolução CONAMA nº 430/2011 e a portaria nº 154/2002 do Estado do Ceará. Os valores são extremamente preocupantes. O órgão gestor dos recursos hídricos juntamente com a sociedade civil organizada, através do comitê de bacias e da Comissão Gestora precisam modificar esse triste cenário. Enquadrar um corpo hídrico é não admitir que um recurso hídrico possa ter sua qualidade comprometida e indisponibilizada para os usos a que se destina.

Tomando por base a resolução CONAMA 430/2011 e a portaria nº 154/2002 do governo do Estado do Ceará sobre condições e padrões de lançamento de

efluentes líquidos ratifica sem qualquer dúvida sobre a ineficiência das ETE's já bem questionadas anteriormente. O parâmetro coliforme fecal mostra-se como o mais preocupante, independente da qualidade do efluente que entra na ETE, pois o que é lançado está bem aquém do que se espera pela legislação federal e estadual.

Tabela 16-Média aritmética dos valores dos parâmetros químicos nas ETE's - Ano 2014

PARÂMETRO	ETE'S - VALORES MÉDIOS (2014)			Padrão de lançamento - Resolução CONAMA 430	Padrão de lançamento - Portaria 154/2002 SEMACE
	13 MAIO	ALHO	PALMÁCIA		
OD (mg/l)	2.62	3.30	1.49		> 3.0
DBO (mg/l)	160.72	234.26	116.53	≤120	≤60
PT (mg/l)	14.78	29.60	18.95		
COLI (NMP/100ml)	2,254,729.73	44,196.53	2,259,000.00		5,000.00

Fonte: Autor, 2016

As Tabelas 17 e 18 mostram os resultados mensais para os parâmetros analisados, ou seja, OD, DBO, fósforo total e Coliformes Termotolerantes. A definição desses parâmetros foi para alimentar a planilha de modelagem QUAL-UFMG para o Rio Pacoti.

Tabela 17-Dados mensais de qualidade dos efluentes das ETE's Pau do Alho e 13 de Maio em Pacoti, e da ETE Palmácia entre os meses de fevereiro a abril de 2014

PARÂMETRO	FEVEREIRO			MARÇO			ABRIL		
	13 MAIO	ALHO	PALMÁCIA	13 MAIO	ALHO	PALMÁCIA	13 MAIO	ALHO	PALMÁCIA
OD (mg/l)	1.61	2.55		0.41	2.55	1.43	4.55	2.46	1.37
DBO (mg/l)	148.78	234.26		333.38	-	184.06	4.43	-	48.00
PT (mg/l)	19.76	23.14		31.03	38.60	17.84	0.70	34.35	11.22
COLI (NMP/100 ml)	8.66E+06	1.30E+05		2.41E+05	2.42E+03	1.19E+06	1.12E+05	2.00E+02	3.45E+06

Fonte: Autor, 2016.

Tabela 18-Dados mensais de qualidade dos efluentes das ETE's Pau do Alho e 13 de Maio em Pacoti, e da ETE Palmácia entre os meses de maio a julho de 2014

PARÂMETRO	MAIO			JUNHO			JULHO		
	13 MAIO	ALHO	PALMÁCIA	13 MAIO	ALHO	PALMÁCIA	13 MAIO	ALHO	PALMÁCIA
OD (mg/l)	2.61	3.33	2.56	3.92	4.88	1.50	2.64	4.04	0.57
DBO (mg/l)									
PT (mg/l)	21.90	36.70	27.78	0.50	15.21				
COLI (NMP/100 ml)	1.73E+03		2.14E+06						

Fonte: Autor, 2016.

Os dados se mostraram assoladores, sendo um duro golpe para o meio ambiente. Coletar o esgoto de milhares de residências e lança-lo quase de forma bruta no Rio que sustenta a vida e gera desenvolvimento econômico e social para toda a bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio, não é uma ação de gestão, mas de devastação. O instrumento de gestão “ENQUADRAMENTO” passa a ser uma declaração de vida e de socorro a um recurso natural que representa a sustentabilidade de todo um ecossistema.

No mês de fevereiro de 2014 a ETE 13 de maio lançou inquietantes 8,66 milhões de coliformes termotolerantes por 100 ml, quando o valor máximo permissível é de 5.000 NMP/100 ml de acordo com a portaria nº 154 da SEMACE. Quando se analisa o valor máximo de coliformes fecais para classe 2 no rio, proposto pelo CONAMA 357/2005, que é de 2.500 NMP/100 ml, percebe-se a ratificação que pouco ou nada a ETE 13 maio contribui para o resgate da qualidade de água do rio neste trecho, independente da qualidade do efluente que esta ETE recebe dos domicílios, pois seu papel é o de tratar adequadamente o esgoto coletado.

Quanto ao parâmetro fósforo, se considerarmos os limites de lançamento da SABESP para uma ETE primária, o limite máximo seria de 11, 2 mg/l, portanto os valores lançados pelas ETE's estão sensivelmente acima, conforme os dados das Tabelas 17 e 18. A ETE 13 de maio lançava diretamente no Rio Pacoti, para o mesmo mês de fevereiro, 19,76 mg/l e no mês seguinte lançava absurdos 31,03 mg/l. Vale lembrar que o valor máximo da concentração de fósforo para ambientes lóticos é de 0,1 mg/l, conforme resolução CONAMA 357/05, portanto as ETE's chegaram a lançar 400 vezes mais fósforo total do que o máximo permissível para a classe 2 e mais de 250 vezes em relação a classe 3.

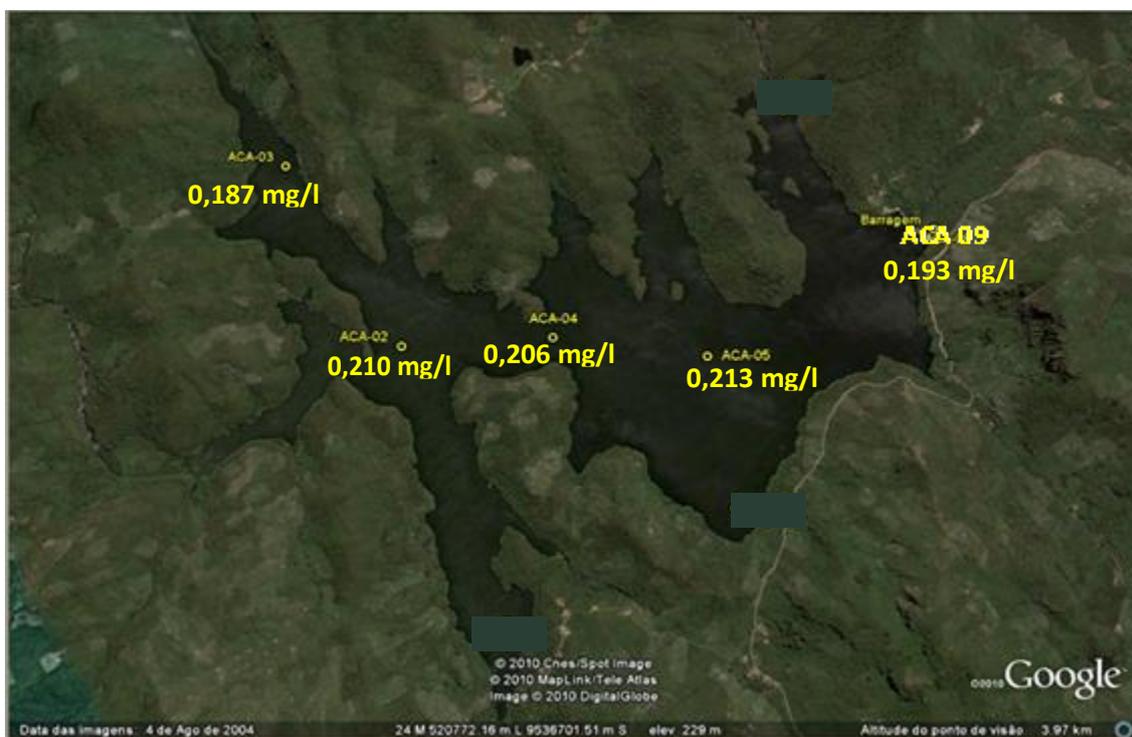
A ETE Palmácia também segue o mesmo padrão deficitário, pois o valor de coliformes para o mês de abril/2014 foi de 3,45 milhões NMP/100 ml e para o parâmetro fósforo foi registrado 27,78 mg/l. Qual corpo hídrico é capaz de depurar tão pesada carga de poluentes, quando a vazão média da bacia, conforme o Plano de Bacias Hidrográficas Metropolitanas (2010), é de apenas 2,5 m³/s.

4.2.3 - Monitoramento de qualidade de água no reservatório Acarape do Meio.

Para o monitoramento da qualidade da água no reservatório utilizou-se os pontos de controle e coleta de água da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), a partir da sua rede atual de monitoramento de qualidade de água.

As coletas foram realizadas mensalmente a 0,30 m de profundidade para os pontos 02, 03, 04, 05 e 09, conforme Figura 83. A mesma figura ainda traz os valores médios de fósforo em mg/l entre os meses de janeiro a junho de 2014 para cada ponto analisado. Ao se calcular o coeficiente de variação para os dados médios, obteve-se um valor de CV igual a 0,11, portanto mostrando homogeneidade dos dados apresentados, sendo assim pode-se considerar o reservatório em questão como mistura completa. Os valores de concentração de fósforo total são apresentados na Tabela 19.

Figura 83-Detalhe dos pontos de controle e coleta de água na bacia hidráulica do açude Acarape do Meio



Fonte: Autor, 2016.

Trabalhar apenas com o parâmetro fósforo para a modelagem da qualidade de água no reservatório Acarape do Meio, já foi devidamente justificado na metodologia. Isto posto, deve-se ressaltar que apenas os valores do ponto de controle denominado de ACA 09, ou simplesmente 9, serão considerados no modelo QUAL-HIDROSED, dada a homogeneidade dos valores observados para os pontos monitorados no reservatório e tendo em vista tratar-se do local de captação de água pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará.

Tabela 19-Valores de fósforo total em mg/l para os pontos de coleta 2, 3, 4, 5 e 9 no açude Acarape do Meio entre os meses de janeiro a junho de 2014

MÊS	FÓSFORO TOTAL (mg/L) 2014				
	PONTO DE CONTROLE				
	2	3	4	5	9
JAN	0.203	0.386	0.192	0.196	0.162
FEV	0.241		0.248	0.230	0.198
MAR	0.158		0.199	0.193	0.211
ABR	0.236	0.214	0.186	0.231	0.200
MAI	0.074	0.179	0.108	0.138	0.181
JUN	0.149	0.169	0.122	0.127	0.187
MÉDIA	0.210	0.187	0.206	0.213	0.193

Fonte: Autor, 2016

Ainda sobre a Figura 82, pode-se perceber que o ponto 03 trata-se do ponto de entrada de carga proveniente do Riacho Canabrava, portanto mostrando a influência daquela micro-bacia sobre o açude Acarape do Meio. Já o ponto 02 retrata a influência da entrada da carga de fósforo proveniente do Rio Pacoti, que representa 80 % de todo o aporte hídrico desse reservatório.

A Tabela 20 traz os dados de P_{total} (fósforo total), OD e DBO para o ponto 09 no reservatório Acarape do Meio, correlacionando-os com o volume armazenado para os meses de janeiro a junho de 2014 e com os valores de referência para a classe 2 e 3 da resolução CONAMA 357/05.

Tabela 20-Dados de fósforo total, OD e DBO para o ponto de coleta 9 a uma profundidade de 0,3 m

Mês	Volume açude (%)	P_{total} (mg/l)		OD (mg/l)		DBO (mg/l)				
		Valor observado	CONAMA 357/05		Valor observado	CONAMA 357/06		Valor observado	CONAMA 357/05	
			CLASSE II	CLASSE III		CLASSE II	CLASSE III		CLASSE II	CLASSE III
JAN	21.70	0.162	0.03	0.05	8.700	≥ 5.0	≥ 4.0	6.88	≤ 5.0	≤ 10.0
FEV	19.60	0.198			8.000			10.22		
MAR	18.00	0.211			7.980			10.83		
ABR	22.90	0.200			8.020			7.99		
MAI	32.80	0.181			7.330			6.63		
JUN	40.00	0.187			9.670			5.77		

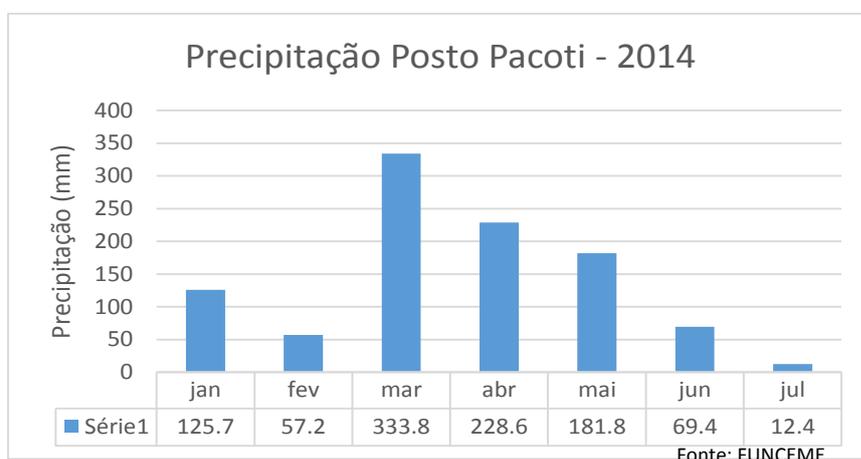
Fonte: Autor, 2016.

O OD teve uma tendência de apresentar melhores resultados para volumes armazenados maiores. Como a DBO guarda uma proporcionalidade inversa com o OD, os menores valores de DBO também foram registrados com o açude apresentando seu maior volume armazenado.

A partir da Tabela 20 é fácil perceber que o reservatório está classificado mais para a classe 4 quando correlacionamos com o seu volume armazenado, cujo maior valor foi de 40 % no final da quadra chuvosa. O menor volume registrado no ano de 2014 foi de 18% para o mês de março, onde a concentração de fósforo alcançou 0,211 mg/l. No mês de junho, o reservatório alcançou seu maior volume, ou seja 40%, no entanto a concentração de fósforo no reservatório para esse mês foi de 0,187 mg/l, ou seja, um pouco inferior à concentração de fósforo do mês de março, e mais, mesmo o açude tendo saído de 19% para 40%, o mesmo foi incapaz de deixar a classe 4, devido à carga de fósforo que está entrando atualmente.

As Figuras 84 e 85 mostram a precipitação no posto Pacoti e a vazão aportada através da seção Canadá.

Figura 84-Precipitação no posto pluviométrico de Pacoti - 2014



Fonte: Autor 2016.

Figura 85-Vazões de entrada no açude Acarape do Meio pelo Rio Pacoti 2014



Fonte: Autor, 2016.

Nos meses de menor volume, 19% e 18 %, registrados em fevereiro e março, o reservatório se classificava como classe 4. Com os registros dos maiores volumes precipitados o reservatório alcançou a classe 3 para o parâmetro DBO. No entanto, para o fósforo total, como discutido anteriormente, o açude Acarape do Meio sempre permaneceu na classe 4, pois mesmo com 40 % de armazenamento, a concentração de fósforo estava em 0,187 mg/l, portanto seis vezes maior do que a concentração máxima permitida para ambientes lênticos, conforme resolução CONAMA 357/05, que é de 0,03 mg/l.

Foi diante também desse fato que esta pesquisa resolveu dar prioridade em trabalhar primeiramente com a modelagem do fósforo para enquadramento de reservatórios no meio semiárido, pois este parâmetro é um excelente indicador das intervenções antrópicas na bacia hidrográfica, quer seja na questão da atividade agrícola ou pecuária ou em relação à questão do saneamento básico,, bem como foi o que se mostrou mais fora dos padrões da resolução CONAMA 357/2005.

Para cobrir os demais parâmetros da resolução CONAMA 357/05, foram efetuadas duas coletas a duas profundidades, uma a 0,5 m da superfície e a outra a 0,5 m do fundo, sendo uma coleta antes da estação chuvosa (novembro/2012) e a outra depois da quadra chuvosa (agosto/2013), conforme Figuras 86 e 87. Nas mesmas datas destas coletas foi ainda realizada amostragem do sedimento de fundo para se verificar principalmente se o fósforo residual excedia os limites propostos na resolução CONAMA 344/2004, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, cujo parâmetro máximo para o fósforo sedimentado é de 2.000 mg/kg.

O resultado foi que nenhum parâmetro inorgânico ou orgânico analisado, pelo laboratório BIOAGRO em Piracicaba-SP, e que estariam relacionados a metais pesados oriundos de rejeitos da atividade industrial ou agrícola, ficou fora dos limites permitidos na resolução CONAMA 357/05. Esse já era um resultado esperado, pois a bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio não apresenta qualquer atividade industrial em nenhum de seus cinco municípios, e quanto a atividade agrícola, a mesma é destacadamente de subsistência e de sequeiro. Todas as análises laboratoriais se encontram no Anexo B.

Quanto ao resultado do fósforo do sedimento, os valores para 2012 e 2013 ficaram em 845 e 803 mg/kg respectivamente, portanto bem abaixo do limite de 2.000 mg/kg proposto pela resolução CONAMA 344/2004. Provavelmente isso se deve ao fato

do baixo tempo de residência do reservatório, que está em 0,6 ano, bem como este reservatório é um dos poucos no Estado do Ceará que apresenta comporta de fundo, onde o órgão gestor tem como procedimento de rotina a abertura da citada comporta toda vez que o açude alcança sua cota de sangria, ficando aberta até que cesse o seu vertimento.

Figura 86-Garrafa de Van Dorn para coletas de água a 0,5 m da superfície e 0,5 m do fundo



Fonte: Autor, 2013.

Figura 87-Coleta do sedimento de fundo com a garrafa de Van Veen



Fonte: Autor, 2013.

4.3 – Diagnóstico da bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio.

Para o diagnóstico foi feito o levantamento de todos os resultados das análises de qualidade de água nas seções de controle da rede de drenagem na bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio, dos resultados das análises de qualidade dos efluentes gerados pelas ETE's Pau do Alho, 13 de maio e Palmácia, e das análises da qualidade de água na bacia hidráulica do reservatório Acarape do Meio. Foi realizado, ainda, o levantamento da população residente na zona urbana e rural, das suas condições de saneamento básico, localização das principais áreas agrícolas e culturas implantadas, das áreas de pecuária, além dos dados primários e secundários colhidos a partir do questionário aplicado e das inúmeras visitas técnicas e inspeccionais à bacia hidrográfica para localização de poluição pontual e difusa, como por exemplo, identificação de lixões a céu aberto e matadouros. Tudo isso possibilitou produzir um diagnóstico mais real e consistente na bacia hidrográfica estudada.

4.3.1 – Área de contribuição das seções da bacia do Açude Acarape do Meio.

Cinco municípios fazem parte da bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio: Mulungu, Guaramiranga, Pacoti, Redenção e Palmácia. Destes, apenas o município de Pacoti e Palmácia têm suas sedes municipais localizadas dentro da bacia hidrográfica, o que passam a ter uma pressão urbana exercida diretamente sobre os recursos hídricos desta bacia.

A Tabela 21 mostra a área de captação de cada seção de controle ou de monitoramento instaladas nesta pesquisa, bem como a área de cada município dentro da bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio e as correlações entre as áreas.

Tabela 21-Áreas das seções em relação às áreas dos municípios e da Bacia Hidrográfica

DESCRICÃO DA SEÇÃO	COORDENADAS		ÁREA DA BACIA (Km ²)	Participação da área da seção/município					Área da seção/Área BH (%)
	X	Y		REDEENÇÃO Área (225,3)	MULUNGU Área (128,6)	PALMÁCIA Área (117,81)	GUARAMIRANGA Área (58,12 km)	PACOTI Área (112,02)	
Seção Calção	522027	9535833	6.5	6.5					3.05
Seção Brenha	519444	9534466	9.4	9.4					4.43
Seção ETE Pacoti	509627	9533013	17.7				5.7	12.1	8.31
Seção Pernambuquinho	505199	9533987	14.3		5.7		8.6		6.69
Seção Jordão	512163	9531725	8.8				0.0	8.8	4.13
Seção Canadá	517915	9537415	102.4	22.5		2.7	0.0	77.1	48.08
Seção Saco do Vento	520150	9540130	19.8			19.8			9.30
Seção Canabrava	517071	9540932	7.0			7.0			3.28
Entorno Bacia Hidráulica			27.1	25.5		1.6			12.72
	ÁREA TOTAL (km ²)		213.0	63.9	5.7	31.1	14.2	98.0	100.00
	município/bacia (%)			30.02	2.68	14.60	6.67	46.00	

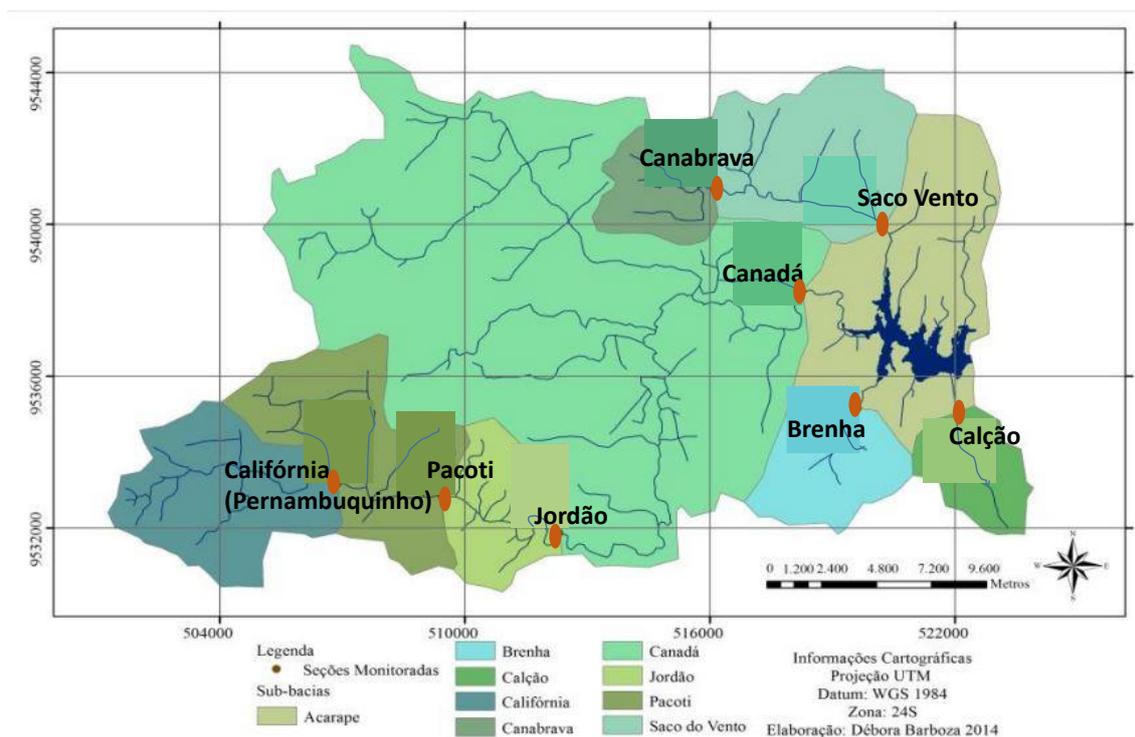
Fonte: Autor, 2016.

Conforme leitura da tabela acima, percebe-se que a seção de controle que apresenta a menor sub-bacia é a seção do Riacho Calção (6,5 km²), que representa somente 3% da área total da bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio, seguida da seção do Riacho Brenha (9,4 km²), que representa apenas 4,4 % da área total da bacia hidrográfica mencionada.

A área da sub-bacia do Riacho Canabrava apresenta uma área de 26,8 km², referente às seções Palmácia, também conhecida por Canabrava, e a seção Saco do Vento, que juntas representam apenas 12 % da área total da bacia hidrográfica em estudo.

A maior participação em área coube ao Rio Pacoti com suas quatro seções, Pernambuquinho, também chamada de Califórnia, Pacoti, Jordão e Canadá, que juntas perfazem 143,2 km² representando quase 80% de toda a bacia hidráulica, excetuando-se as áreas de entorno do reservatório, conforme Figura 88.

Figura 88-Área ocupada por cada seção de controle na bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio



Fonte: BARBOZA, D. C. B. (2014).

O mapa da Figura 87 deixa bem claro a importância e a influência da micro-bacia da seção Canadá, frente às demais seções. Por isso ao se discutir os resultados gerados pelas micro-bacias é fácil inferir que a seção Canadá tem um papel importante quanto à questão dos impactos ambientais na bacia hidrográfica do reservatório Acarape do Meio.

Ainda sobre a Tabela 21, o município de Pacoti tem 98% de seu território localizado dentro da bacia hidrográfica supracitada e juntamente com o município de Redenção e Palmácia detêm 90% de toda a área desta bacia hidrográfica, por isso a importância de uma discussão sobre os elementos desses municípios que interferem sobre a qualidade da água no reservatório Acarape do Meio.

4.3.2 – População urbana e rural na bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio.

De acordo com o censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010) e os dados do IPECE (2012), a população total dos cinco municípios que integram a bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio ficou em 65.673 habitantes, dos quais 31.526 residem nas

sedes municipais e os outros 34.147 residem na zona rural. Nota-se aqui que há uma leve predominância da população rural sobre a urbana, o que é uma exceção hoje nas áreas urbanas do nordeste brasileiro, quando a população urbana já ultrapassou a zona rural (ver Tabela 22).

Tabela 22-População urbana e rural da bacia do Açude Acarape do Meio

MUNICÍPIO	ANO	POPULAÇÃO URBANA TOTAL	% POP URBANA BACIA	POP. URBANA BACIA	POPULAÇÃO RURAL TOTAL	% POP. RURAL BACIA	POPULAÇÃO RURAL NA BACIA	CRESCIMENTO POPULAÇÃO MÉDIO %aa.
MULUNGU	2010	4,198	0	0	7,287	4.42	322	0.91
GUARAMIRANGA	2010	2,495	0	0	1,669	66.10	1,103	0.76
PACOTI	2010	4,745	100	4,745	6,862	87.58	6,009	0.78
PALMÁCIA	2010	4,954	100	4,954	7,048	41.80	2,946	0.91
REDEÇÃO	2010	15,134	0	0	11,281	27.20	3,068	0.85
TOTAL	2010	31,526	30	9,699	34,147	39.38	13,448	

Fonte: IPECE, 2012.

Provavelmente é esse aspecto que confere a essa bacia uma influência agrícola muito forte, bem como o precário saneamento básico da zona rural que potencializa a poluição dos efluentes humanos, devido a constatação a partir do levantamento de dados junto às prefeituras.

A menor participação demográfica na bacia do reservatório Acarape do Meio é conferida ao município de Mulungu com apenas 322 habitantes, todos residentes na zona rural, isso é compreendido pelo fato de que apenas 5,7 km² ou 4,4 % do município se encontra dentro da referida bacia.

A maior participação demográfica coube logicamente ao município de Pacoti com 10.754 pessoas, representando um 1/3 de toda a população da bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio, dos quais 6.009 residem na sede do município, onde 73 % dessa população está ligada à rede de coleta de esgoto, que é direcionada às duas Estações de Tratamento de Esgoto, a Pau do Alho e 13 de maio conforme já discutido no item 4.2.1.2 e no item 4.2.2 tratam-se de ETE's totalmente deficitárias.

Tomando por base os números de 2007, levantados por Sucupira & Paulino (2007) e aplicando a taxa média anual de crescimento do IBGE para esses municípios e pelos relatos do poder público municipal através do questionário aplicado, foi possível estimar a população urbana e rural quanto ao saneamento básico, mais especificamente a presença ou não de banheiros (ver Tabela 23).

Tabela 23-Distribuição estimada da população entre Esgoto Bruto, Fossa Rudimentar, Fossa Séptica e Ligado à Rede de Esgoto para o ano de 2010

MUNICÍPIO	Nº TOTAL PESSOAS	ESGOTO BRUTO	FOSSA RUDIMENTAR	FOSSA SÉPTICA	REDE DE ESGOTO
MULUNGU	322	189	132	1	-
GUARAMIRANGA	1103	449	382	272	-
PACOTI SEDE	4745	461	998	771	2515
PACOTI RURAL	6009	3553	1851	605	-
PALMÁCIA SEDE	4954	446	2923	104	1481
PALMÁCIA RURAL	2946	1460	1470	16	-
REDENÇÃO	11281	5839	5407	35	-

Fonte: Autor, 2016.

A partir desses dados foi possível separar a população para essas condições tendo como universo a bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio como um todo, gerando-se a Tabela 24.

Tabela 24-População na bacia hidrográfica quanto ao tipo de efluente gerado

POPULAÇÃO	ESGOTO BRUTO (hab)	FOSSA RUDIMENTAR (hab)	FOSSA SÉPTICA (hab)	REDE DE ESGOTO (hab)
URBANA	907	3921	875	3996
RURAL	11491	9242	928	0
TOTAL	12398	13163	1803	3996

Fonte: Autor, 2016.

Diante das discussões e dos resultados apresentados no item 4.3.1 sobre as áreas de cada seção de controle e das sub-bacias, foi possível estimar a população da sub-bacia do Riacho Salgado, que deságua no rio Pacoti e não apresenta seção de controle quali-quantitativa instalada (ver Tabela 25).

Tabela 25-Estimativa da população rural que apresenta Esgoto Bruto, Fossa Rudimentar, Fossa Séptica e a população ligada à Rede Pública de Esgoto para a sub-bacia do Riacho Salgado na seção Canadá

POPULAÇÃO	ESGOTO BRUTO (hab)	FOSSA RUDIMENTAR (hab)	FOSSA SÉPTICA (hab)	REDE DE ESGOTO (hab)
URBANA				
RURAL	2526	1416	321	0
TOTAL	2526	1416	321	0

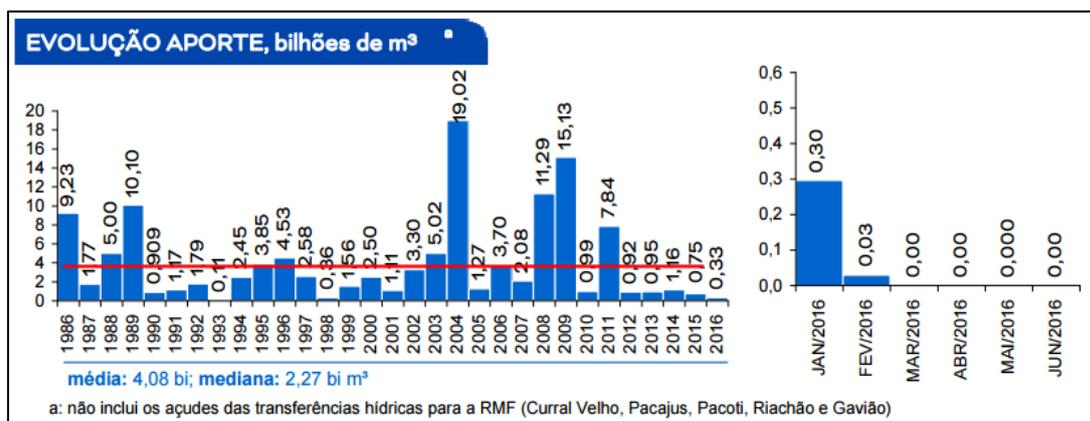
Fonte: Autor, 2016.

Todas essas inferências foram importantes para a construção das metas e dos cenários simulados. O mesmo procedimento foi feito para estimar a atividade agrícola e pecuária tanto nesta seção como na seção Jordão.

4.3.4 – Atividades Agropecuárias na bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio.

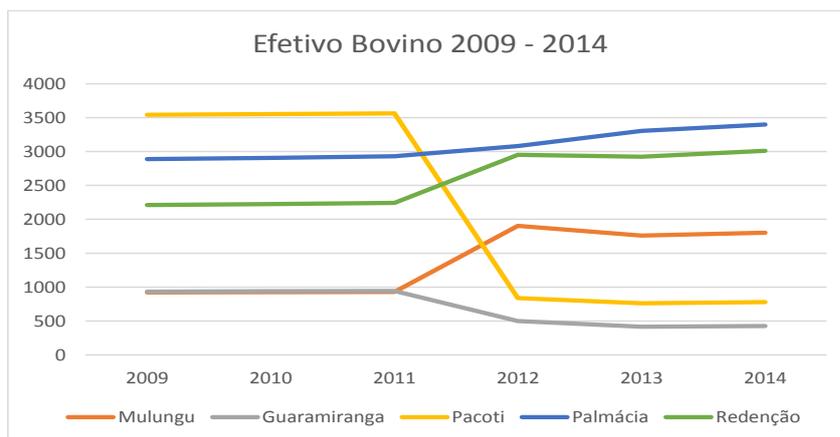
Inicialmente vale destacar de forma enfática que esta pesquisa iniciou seus trabalhos em 2012 e finalizou no ano de 2016, vivenciando assim um dos maiores períodos de secas consecutivas já vistos na história do Estado do Ceará, o que pode ser confirmado no acompanhamento da evolução do aporte hídrico do Estado realizado pela COGERH (2016), conforme Figura 89. Essa forte situação de escassez hídrica influenciou enormemente a situação econômica na bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio (Figuras 90, 91, 92 e 93).

Figura 89-Evolução do aporte hídrico para o Ceará desde o ano de 1986 a 2016



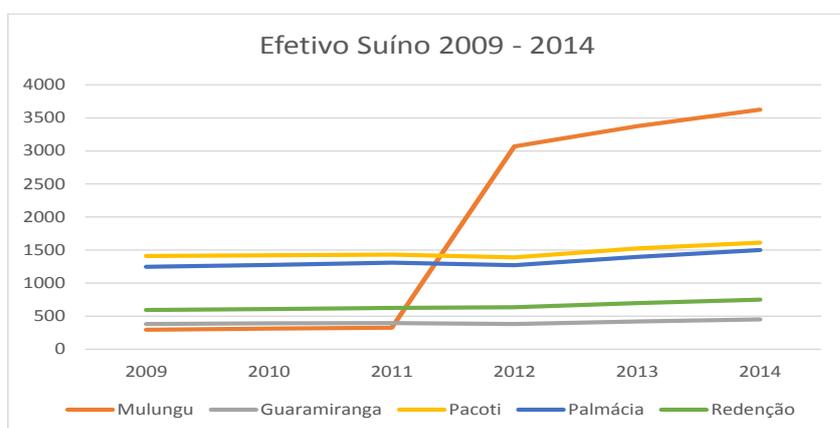
Fonte: COGERH, 2016.

Figura 90-Rebanho bovino/equino nos municípios que compõe a bacia do açude Acarape



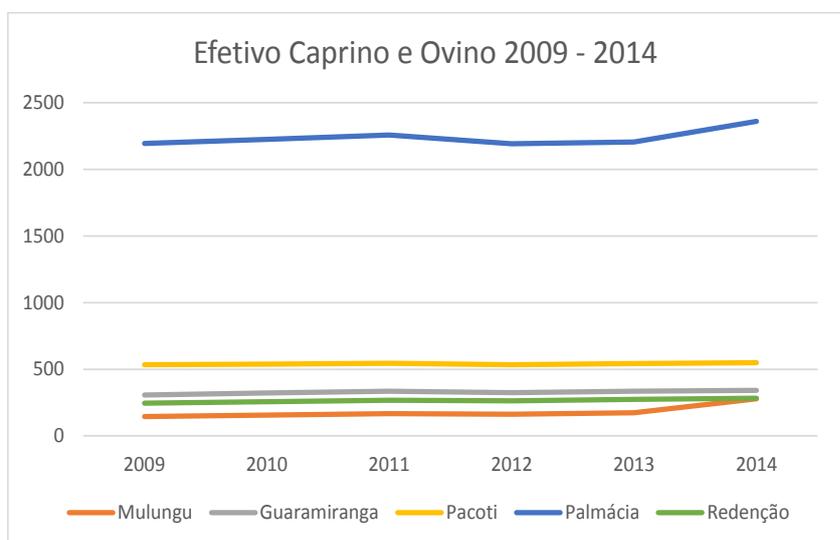
Fonte: IBGE, 2014.

Figura 91-Rebanho suíno nos municípios da bacia do açude Acarape do Meio



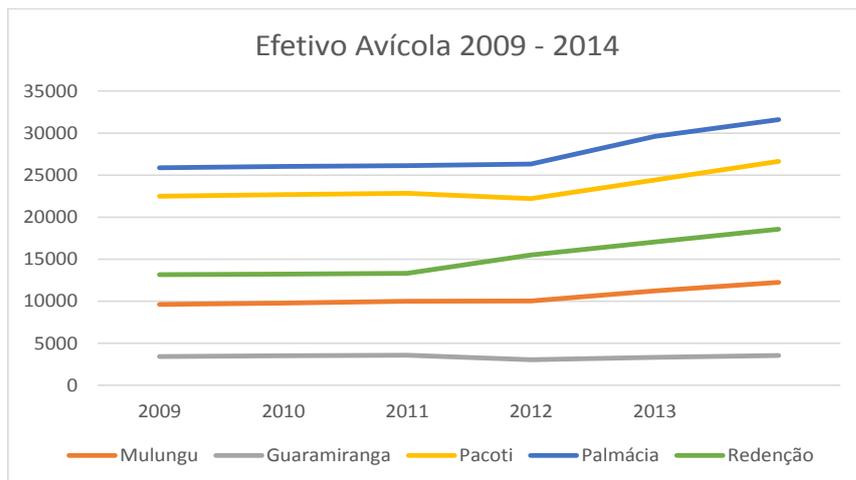
Fonte: IBGE, 2014.

Figura 92-Rebanho ovino/caprino dos municípios da bacia do açude Acarape do Meio



Fonte: IBGE, 2014

Figura 93-Rebanho avícola dos municípios da bacia do açude Acarape do Meio



Fonte: IBGE, 2014

As Figuras 90 a 93 mostram que nesse período de cinco anos de seca consecutiva, o quadro da pecuária da região foi afetado, mais especificamente o rebanho bovino do município de Pacoti que tinha aproximadamente 3.500 cabeças de bovino/equino no ano de 2009, tendo reduzido drasticamente para o ano de 2014 para 700 cabeças. Em contrapartida, o número de aves do município de Palmácia subiu de 25 mil cabeças para surpreendentes 31 mil cabeças. O mesmo crescimento na avicultura foi observado nos outros municípios. Provavelmente esse fato se deve pelo pasto reduzido devido à escassez hídrica, o que levou o pecuarista a apostar em outro tipo de produção animal.

Com o levantamento dos dados adquiridos a partir do questionário já discutido, que envolveu visitas ao órgão de extensão rural na bacia, a EMATER-CE, visitas às secretarias municipais de agricultura, e com os dados colhidos no IBGE e na Secretaria de Desenvolvimento Agrário (SDA) do Estado do Ceará, foi possível obter uma estimativa tanto do rebanho animal na bacia como da área plantada por cultura, conforme Tabelas 26, 27, 28, 29. As referidas tabelas trazem o número total de animais por município, no entanto o que interessa são os animais efetivamente localizados na área da bacia hidrográfica, desta forma efetuou-se o produto do percentual da área ocupada por cada município, conforme dados da tabela 17, pelo número total de animais. Ao final, o número de animais proporcionais à área ocupada foi convertida em unidade animal, conforme instrução normativa nº 11, de 04 de abril de 2003 que estabelece diretrizes para o módulo fiscal (Anexo A). Essa conversão para unidade animal facilitou muito os cálculos quando da estimativa de carga de fósforo produzida na bacia para esta atividade.

Tabela 26-Rebanho bovino/equino para o ano de 2009 a 2014

Município	Nº Efetivo de bovinos/equinos						Total de Unidade animal
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Mulungu	921	925	930	1905	1759	1802	80
Guaramiranga	931	938	944	500	415	427	102
Pacoti	3542	3553	3564	836	762	779	678
Palmácia	2888	2908	2930	3082	3305	3399	731
Redenção	2212	2225	2241	2951	2925	3013	603
						9420	2193

Fonte: IBGE, 2014.

Tabela 27-Rebanho suíno para o ano de 2009 a 2014

Município	Nº Efetivo de suínos						Unidade animal total	Unidade animal em função da área
	2009	2010	2011	2012	2013	2014		
Mulungu	296	310	326	3068	3374	3624	1087.2	48
Guaramiranga	382	391	395	382	420	450	135	32
Pacoti	1409	1420	1432	1388	1525	1613	483.9	421
Palmácia	1247	1276	1309	1272	1398	1499	449.7	97
Redenção	594	608	626	634	698	749	224.7	45
							2380.5	643

Fonte: IBGE, 2014.

Tabela 28-Rebanho ovino/caprino para o ano de 2009 a 2014

Município	Nº Efetivo de caprinos ovinos						Unidade animal total	Unidade animal em função da área
	2009	2010	2011	2012	2013	2014		
Mulungu	146	155	166	162	173	279	41.85	2
Guaramiranga	306	323	336	324	336	341	51.15	12
Pacoti	533	538	545	533	542	549	82.35	72
Palmácia	2193	2224	2257	2191	2205	2361	354.15	76
Redenção	245	257	268	264	274	283	42.45	8
							571.95	170

Fonte: IBGE, 2014.

Tabela 29-Número de animais avícolas para o ano de 2009 a 2014

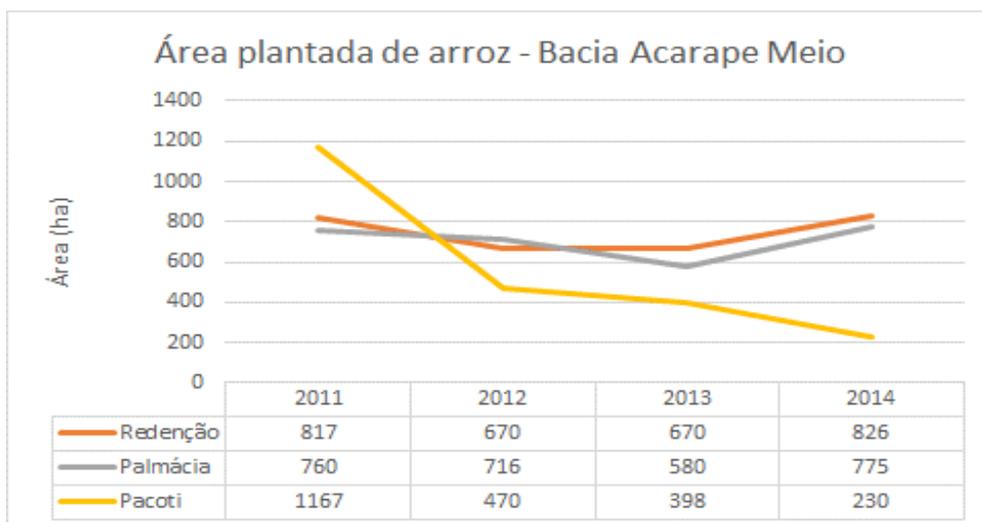
Município	Nº Efetivo para avicultura						Unidade animal total	Unidade animal em função da área
	2009	2010	2011	2012	2013	2014		
Mulungu	9613	9777	9990	10027	11227	12238	171.332	8
Guaramiranga	3436	3511	3590	3037	3340	3564	49.896	11
Pacoti	22494	22669	22852	22201	24421	26643	373.002	325
Palmácia	25882	26049	26131	26310	29593	31610	442.54	95
Redenção	13152	13232	13321	15500	17050	18584	260.176	52
							1296.946	491

Fonte: IBGE, 2014.

Quanto à agricultura, houve uma pequena redução da área plantada para as principais culturas em 2014, principalmente de sequeiro (Figura 94, 95 e 96), no

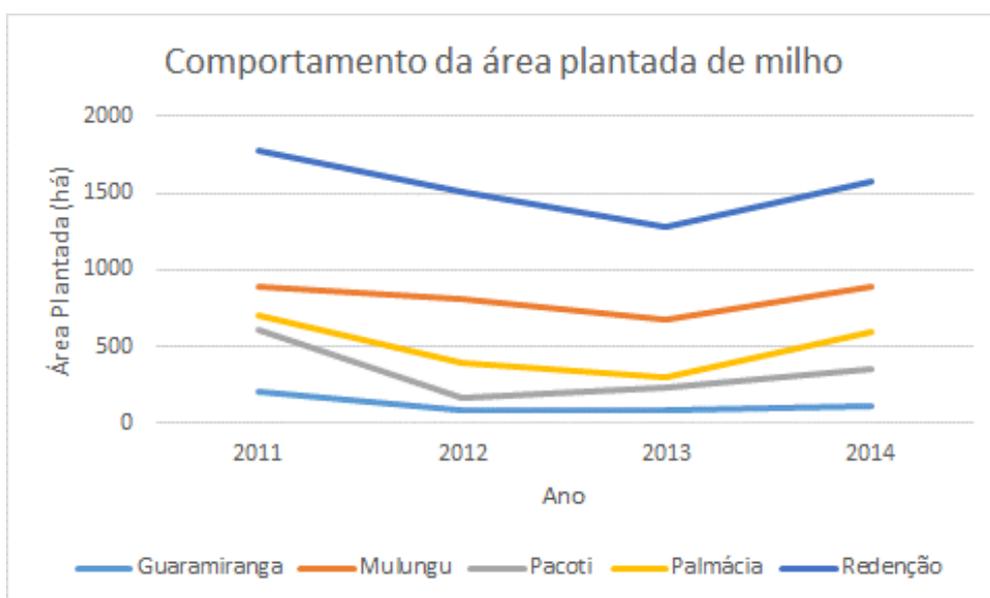
entanto para áreas específicas como Jordão a área irrigada teve uma redução de até 3/4 no ano de 2014 em relação ao ano de 2011, conforme relatos dos agricultores locais. A Tabela 30 exibe a área plantada para as principais culturas para o ano de 2014, ano escolhido para efetuar tanto a estimativa de carga como para executar a modelagem de qualidade de água do rio Pacoti e do reservatório Acarape do Meio.

Figura 94-Redução da área plantada de arroz entre os anos de 2011 a 2014



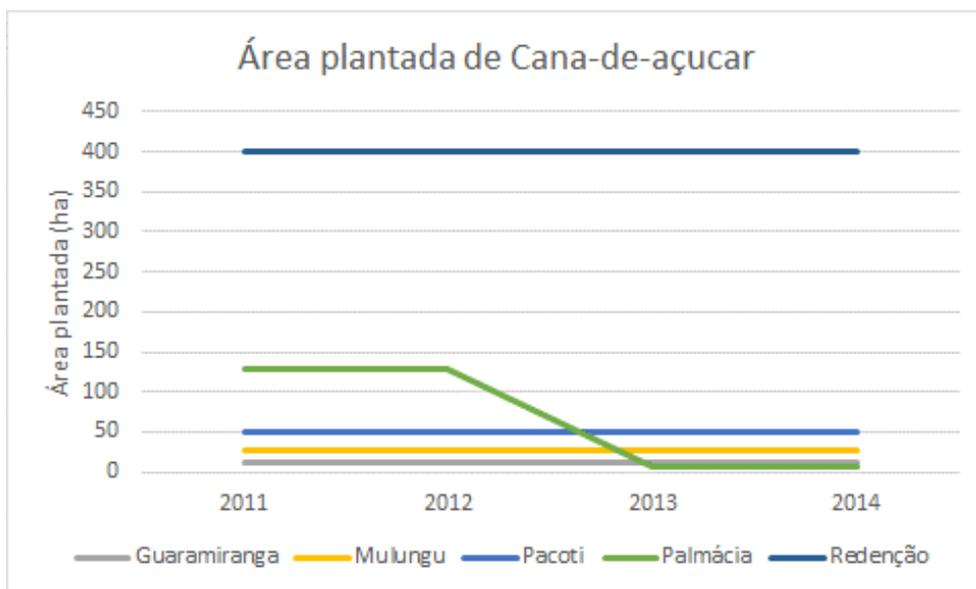
Fonte: IBGE, 2014

Figura 95-Área plantada de milho entre os anos de 2011 a 2014 na bacia do Acarape do Meio



Fonte: IBGE, 2014

Figura 96-Área plantada de cana-de-açúcar entre os anos de 2011 a 2014



Fonte: IBGE, 2014

Tabela 30-Área plantada por cultura em cada município da Bacia do Açude Acarape do Meio para o ano de 2014

CULTURA	ÁREA (HÁ)					Total Área (há) 2014
	MULUNGU	GUARAMIR	PACOTI	PALMÁCIA	REDENÇÃO	
Milho	39.6	27.5	312.9	152.8	338.2	870.9
Feijão	41.0	47.1	139.8	49.2	307.2	584.3
Arroz	0.0	0.0	721.9	200.7	49.5	972.1
Mandioca		0.0	0.0			0.0
Algodão						0.0
Café	80.2	227.1	742.9	0.5	2.8	1053.5
Banana	106.2	55.0	2038.2	388.5	691.0	3278.8
Maracujá	0.3	0.0	5.2	1.3	1.7	8.5
Hortaliças	2.0	4.3	13.1	4.1	3.9	27.4

Fonte: IBGE, 2014

De acordo com o que foi discutido nos itens 4.2.1.3 e 4.2.1.5 sobre os impactos de uma agricultura com pouca ou nenhuma política extencionista, que pode ser observado, quando nas visitas técnicas, foram agricultores mal capacitados e sem domínio de práticas agrícolas que possam resguardar minimamente a sustentabilidade ambiental da bacia.

Nas visitas técnicas aos produtores, coletou-se que o uso de agrotóxico, basicamente nas áreas irrigadas, é feito sem um receituário agrônômico e sem qualquer acompanhamento dos técnicos da empresa de extensão rural (Figura 97).

Figura 97-Uso de agrotóxico para o combate à broca do chuchu



Fonte: Autor, 2014.

No tocante à irrigação, essa também é uma prática que fica à margem de qualquer capacitação ou acompanhamento técnico. Na aplicação do questionário a um produtor local, o mesmo afirmou que ele próprio fabrica seu sistema de irrigação e não tem controle da lâmina irrigada, muito menos da necessidade hídrica da cultura para determinados períodos, o que se tornou rotina entre os demais produtores. O que se viu foi um uso de água em excesso, proporcionando uma lâmina de drenagem, que no caso da seção Jordão estimou-se em até 6,0 l/s (Figura 98).

Figura 98-Sistema de irrigação sem manejo ou controle de lâmina de água aplicada



Fonte: Autor, 2014.

4.3.5 – Outras fontes poluidoras

Na varredura efetuada na bacia hidrográficas para a edição do mapa de uso e ocupação do solo, foram verificados pontos de poluição que merecem destaque pela voracidade com que esses elementos degradam a qualidade da água dos corpos hídricos desta bacia.

Apesar de desativado há uns 5 ou 6 anos, o lixão a céu aberto do município de Palmácia, que se localizava na nascente do Riacho Salgado (Figuras 99 e 100) deve ainda estar afetando a qualidade da água do citado riacho e, conseqüentemente, na seção Canadá devido a infiltração do chorume. A prefeitura municipal de Palmácia efetuou um plantio de gramínea sobre o lixão, mas essa ação pode não ter sido totalmente efetiva.

Figura 99-Lixão a céu aberto desativo na nascente do Riacho Canabrava - Palmácia



Fonte: Autor, 2014.

Figura 100-Plantio de gramínea na área do lixão desativado do município de Palmácia



Fonte: Autor, 2014.

Também foi verificado nessa mesma área da nascente do Riacho Salgado uma porção desmatada e a utilização da prática de queimada, expondo o solo à ação da erosão, como se pode observar na Figura 101.

Figura 101-Nascente do Riacho Canabrava com desmatamento e prática de queimada



Fonte: Autor, 2014.

Ainda dentro da sub-bacia da seção Canadá, foi localizado um matadouro clandestino (Figura 102), onde o efluente escoava diretamente no trecho do Rio Pacoti em direção à seção Canadá.

Figura 102-Matadouro clandestino no município de Palmácia



Fonte: Autor, 2014.

Na sede do município de Palmácia identificou-se o matadouro público, cujo efluente escoava diretamente para o Riacho Canabrava até alcançar a seção Saco do Vento (Figura 103).

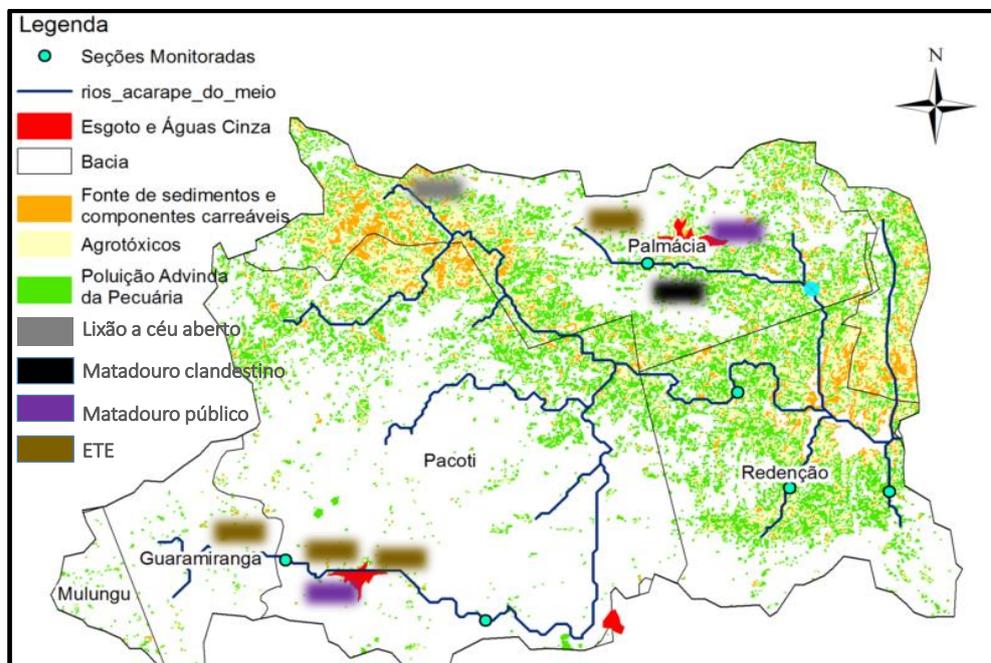
Figura 103-Matadouro público da cidade de Palmácia



Fonte: Autor, 2014.

Diante da identificação desses elementos foi confeccionado o mapa das fontes poluidoras (Figura 104). O citado mapa foi atualizado pelo autor.

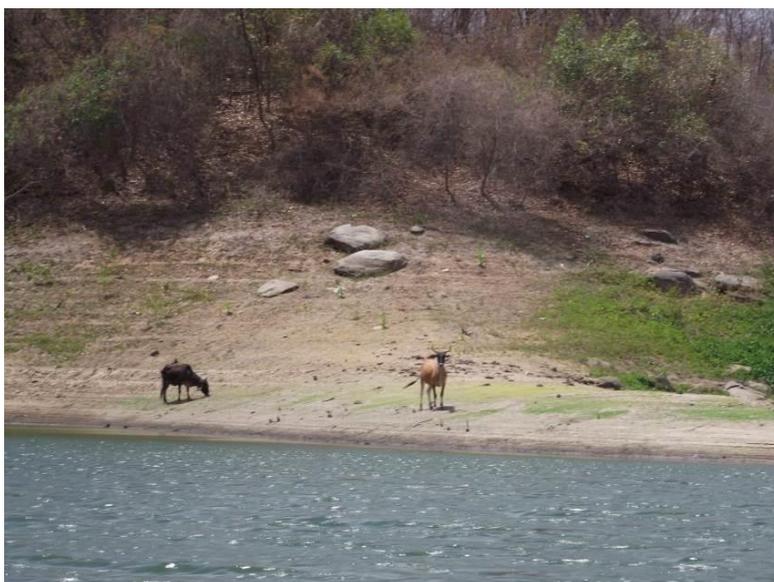
Figura 104-Fontes poluidoras na bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio



Fonte: Autor, 2014.

No mapa da Figura 104 sobre fontes poluidoras, é evidente que a carga de nutrientes proveniente da pecuária está mais fortemente localizada na sub-bacia do Riacho Salgado, na sub-bacia do Riacho Canabrava e nas áreas do entorno do reservatório, como pode ser comprovado pela Figura 105.

Figura 105-Gado solto nas áreas do entorno do reservatório Acarape do Meio



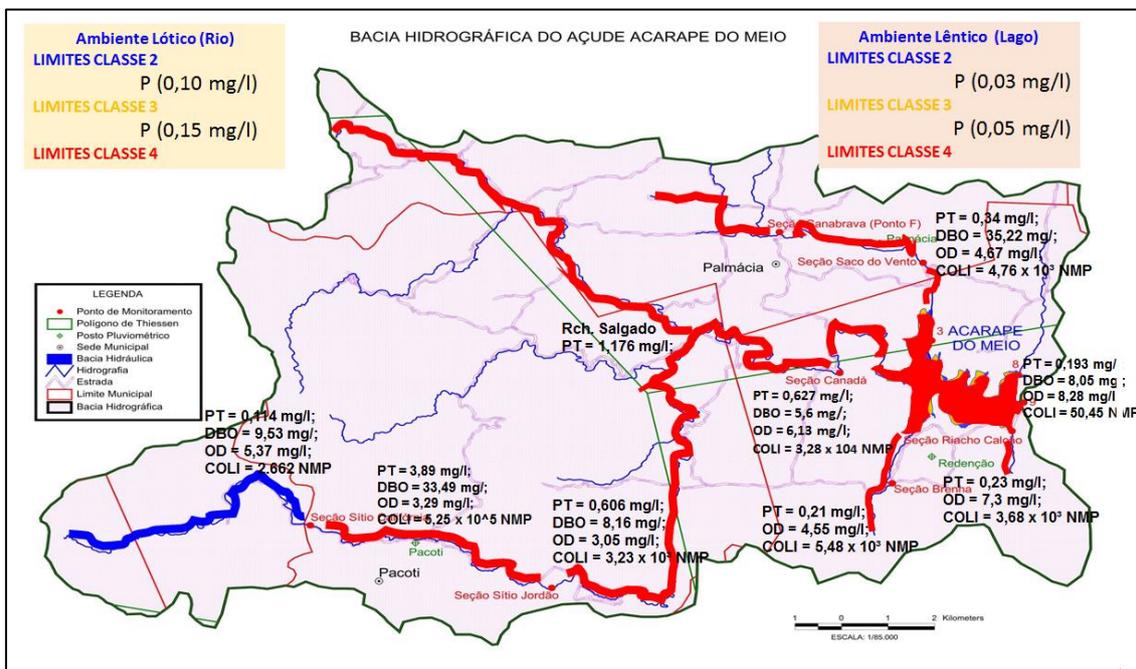
Fonte: Autor, 2014.

4.3.6 – Classificação dos corpos hídricos pela resolução CONAMA 357/05

Com todo o aparato de dados de qualidade de água nas seções de controle em toda a rede de drenagem da bacia hidrográfica do Açude Acarape do Meio e dos dados de qualidade de água nos pontos de monitoramento dentro da bacia hidráulica do mesmo açude, foi possível então classificar o trecho do Rio Pacoti como classe 2 da nascente à montante da seção Pacoti, e desta seção até a entrada do açude Acarape do Meio ficou classificado como classe 4. O seu principal tributário, o Riacho Salgado, e os três maiores riachos, o Calção, o Brenha e o Canabrava foram classificados também como classe 4, ficando o reservatório Acarape do Meio classificado na maior parte da sua extensão como classe 3 para os parâmetros DBO e Coliformes, mas para o parâmetro fósforo o mesmo permaneceu sempre na classe 4, tomando por base a resolução CONAMA 357/05.

Desta forma chegou-se ao mapa de classificação de água (Figura 106) que mostra a classificação atual e quais elementos são responsáveis por essa condição.

Figura 106-Classificação dos corpos d'água na bacia do açude Acarape do Meio, conforme resolução CONAMA 357/2005 para o parâmetro fósforo



Fonte: Autor, 2014.

4.4 – Estimativa de Carga de Nutrientes Produzida na Bacia.

Para estimar a carga de nutrientes produzida na bacia hidrográfica e a concentração de fósforo (mg/l) no interior do açude Acarape do Meio, utilizaram-se as fórmulas empíricas (3.10 a 3.17) mencionadas por Von Sperling (2003) e os passos do estudo de Sucupira & Paulino (2007). Os dados demográficos e agropecuários tratados nos itens 4.3.3 e 4.3.4 foram necessários para a obtenção da carga de fósforo que chega aos corpos d'água, mais precisamente no açude Acarape do Meio, com a estimativa de cálculo da concentração de fósforo no citado reservatório.

Sucupira & Paulino (2007) lançaram mão dessa metodologia com uma inovação, que foi a inclusão do cálculo de uma suposta área de influência (AI), definida como sendo uma área limite a partir da cota de sangria do reservatório como a responsável pela produção da carga de fósforo para o manancial. Com essa metodologia proposta a COGERH efetuou a edição de alguns Inventários Ambientais, que até então era o instrumento que aquela companhia dispunha para o cálculo da carga de fósforo nos reservatórios, já tendo sido aplicado no açude Acarape do Meio. No entanto, observou-se que a definição de uma área de influência (AI), não só subestimava o valor real da carga de fósforo como não conseguia precisar os atores poluidores responsáveis pelos principais danos à qualidade da água. Essas incertezas poderiam provavelmente comprometer as ações corretivas a serem tomadas pelo gestor público ou pelo órgão responsável pela gestão dos recursos hídricos.

Essa estimativa empírica também foi importante para definir concentrações de alguns parâmetros em atividades que se apresentavam como poluição difusa, portanto a medição de qualquer valor se tornaria muito difícil. Utilizou-se tal procedimento para concentração de fósforo na seção Jordão proveniente, sobretudo, da produção agrícola na área. Esta abordagem simplificada usando equações empíricas também foi adotada para estimar as cargas de nutrientes em trechos de rios menores e com monitoramento quali-quantitativo limitado representado por poucas seções de controle, impossibilitando a utilização de modelagem mais detalhada como a proposta no modelo QUAL-UFGM.

4.4.1 – Estimativa da carga doméstica de nutrientes na bacia hidrográfica.

A partir dos dados de população urbana e rural da bacia hidrográfica, bem como da capacidade de tratamento registrada na bacia, e utilizando valores tabelados propostos por Sperling (1996) e por Nogueira (2003), conforme já apresentado em detalhes no item 3.5.1, produziram-se os resultados de produção de fósforo para a atividade doméstica, conforme Tabela 31.

Tabela 31-Produção de fósforo para a atividade doméstica considerando ETE secundária com capacidade de remoção de fósforo em até 20%

POPULAÇÃO	ESGOTO BRUTO (hab)	FOSSA RUDIMENTA R (hab)	FOSSA SÉPTICA (hab)	REDE DE ESGOTO (hab)	PRODUÇÃO P (Ced) (ton/ano)	P NO RIO (Cedm) (ton/ano)
URBANA	915	3956	883	4032	5.872	5.290
RURAL	11490	9242	929	0	8.664	8.535
TOTAL	12405	13198	1812	4032	14.54	13.83

Fonte: Autor, 2014.

4.4.2 – Estimativa da carga de nutrientes da pecuária na bacia hidrográfica.

De acordo com o que foi discutido no item 4.3.4 sobre as atividades agropecuárias na bacia, procedeu-se com a conversão do número de animais para unidade animal, ou seja, a coluna referente ao número de animais, para os demais rebanhos, foi convertida para unidade bovina, aceitando os dados tabelados na produção de dejetos, conforme descrito na metodologia no item 3.5.3.1. Desta forma, obteve-se a estimativa da carga de fósforo para a atividade pecuária conforme Tabela 32.

Tabela 32-Estimativa da produção da carga de fósforo na bacia para a atividade pecuária considerando a unidade animal

ESTIMATIVA DE CARGA PARA PECUÁRIA						
REBANHO	CENÁRIO (f)	Nº DE ANIMAIS	PRODUÇÃO DIÁRIA DE DEJETOS (kg/cab*dia)	PERCENTUAL MÉDIO DE FÓSFORO NOS DEJETOS (%)	ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE FÓSFORO (ton/ano)	
BOVINO	1	2193	8.50	0.35	23.81	
EQUINO	1		8.50	0.35	0.00	
SUÍNO	1	601	8.50	0.3	5.60	
OVINO	1	170	8.50	0.5	2.64	
CAPRINO	1		8.50	0.5	0.00	
GALINÁCEO	1	491	8.50	1.3	19.79	
					51.84	

Fonte: Autor, 2014.

4.4.3 – Estimativa da carga de nutrientes das áreas agrícolas.

Com os dados tabelados de perda de fósforo para o solo e perda de fósforo da cultura, conforme descrito na metodologia, e conhecendo a área agrícola com suas respectivas culturas, foi possível estimar a carga de fósforo para essa atividade conforme Tabela 33.

Tabela 33-Estimativa da produção da carga de fósforo para a agricultura

ESTIMATIVA DE CARGA DA AGRICULTURA									
CULTURA	ÁREA	TIPO DE SOLO	Necessidade Nutricional (kg/há)		% perda P cultura	% perda P p/ o solo	Necessidade Nutricional (ton)	Cálculo carga P que retorna (ton/ano)	Fator f para gerar cenários
			Sequeiro	Irrigado					
Milho	871.00	Argiloso	0.05	0.08	13	25	43.550	1.415	1
Feijão	584.00	Arenoso	0.06	0.06	6	25	35.040	0.526	1
Algodão	100.00	Areno/argilo:	0.05	0.07	1.1	6	5.000	0.003	1
Mandioca	100.00	Areno/argilo:	0.05	0.05	5	1	5.000	0.003	1
Arroz	972.00	Areno/argilo:	0.06	0.06	6	25	58.320	0.875	1
Café	1,053.00	Areno/argilo:	0.03	0.06	5	1	31.590	0.016	1
Banana	3,279.00	Areno/argilo:	0.03	0.03	5	1	98.370	0.049	1
Manga	100.00	Areno/argilo:	0.03	0.03	5	1	3.000	0.002	1
Maracujá	8.50	Areno/argilo:	0.03	0.03	40	40	0.255	0.041	1
Hortaliças	27.40	Areno/argilo:	0.03	0.03	13	25	0.822	0.027	1
								2.956	

Fonte: Autor, 2014.

Somando as três cargas de fósforo, ou seja, para a atividade doméstica (13,83 ton/ano), para a atividade pecuária (51,68 ton/ano) e para a atividade agrícola (2,95 ton/ano), estima-se um valor total de 68,62 ton/ano. Se considerarmos que o rio corre apenas 6 meses no ano, e que apenas metade dessa carga poderia chegar ao açude Acarape, teríamos assim uma estimativa da carga de fósforo na ordem de 34,31 ton/ano. Admitindo essa suposição, percebe-se que o valor estimado da concentração de fósforo nessa metodologia teria uma aproximação muito considerável com a concentração de fósforo observada no reservatório.

4.4.4 – Estimativa da concentração de fósforo no açude Acarape do Meio a partir da carga estimada.

Através da equação 3.8 que estima a concentração de fósforo no interior do açude, e aceitando que a carga que entra no reservatório é de 34,31 ton/ano, encontra-se um valor estimado de fósforo no interior do açude Acarape do Meio na ordem de 0,168 mg/l. Ora se nos atermos ao valor médio medido para o ponto ACA-09 foi uma

concentração de 0,196 mg/l, ou seja, essa metodologia simplista baseada em equações empíricas responde bem e pode ser uma ferramenta para gestores e comitês, tanto para o planejamento, como para o acompanhamento da qualidade do corpo hídrico, pois não exige muitos cálculos.

Conforme o Inventário Ambiental da COGERH (2008) para o açude Acarape do Meio, estimou-se, no citado documento, uma carga de fósforo entrando no reservatório na ordem de 5,64 ton/ano, utilizando o cálculo da suposta AI (área de influência), o que comprova que a citada metodologia subestima os resultados, quando se comparada com dados médios medidos na seção Canadá de 13,12 ton/ano e 8,48 ton/ano, nas quadra chuvosas de 2014 e 2013, respectivamente. Ainda no mesmo inventário, estimou-se que a carga máxima aceitável de fósforo para manter a qualidade da água do reservatório seria de 2,132 ton/ano, mas não se especificou qual volume mínimo que o açude deveria ser mantido para que o mesmo permanecesse na classe 2.

Um dos motivos para se ter trabalhado com a estimativa de carga de fósforo a partir de equações empíricas mencionadas por Sperling (2003) foi o fato de se ter uma ideia da carga de fósforo em pequenas bacias não contempladas na modelagem com o QUAL-UFMG, bem como na seção Jordão, para se conseguir uma estimativa da concentração de fósforo na atividade agrícola, por se tratar de uma poluição difusa, de forma a alimentar o modelo supracitado para aquela seção.

4.4.5 – Estimativa da carga de fósforo anual na sub-bacia do Riacho Salgado.

Todo o procedimento conduzido para os itens 4.4.1, 4.4.2 e 4.4.3 foram também efetuados para o cálculo da estimativa da carga de fósforo anual para o Riacho Salgado, com um único objetivo de se conhecer qual atividade era a mais impactante para a qualidade da água na sub-bacia do Riacho Salgado.

De acordo com as Tabelas 34, 35 e 36, que mostram os resultados da estimativa da carga de fósforo anual para as atividades domésticas, pecuária e agrícola no Riacho Salgado, pode-se inferir que a parcela da carga de fósforo referente à pecuária representa 91,8 % de toda a carga de fósforo dessa sub-bacia, o que pode ser explicado pelo elevado quantitativo de rebanhos na bacia daquele riacho.

Tabela 34-Estimativa da produção da carga de fósforo para a atividade doméstica na sub-bacia do riacho Salgado

POPULAÇÃO	ESGOTO BRUTO (hab)	FOSSA RUDIMENTAR (hab)	FOSSA SÉPTICA (hab)	REDE DE ESGOTO (hab)	PRODUÇÃO FÓSFORO (Ced) (ton/ano)	FÓSFORO NO CORPO HÍDRICO (Cedm) (ton/ano)
URBANA						
RURAL	2526	1416	321	0	1.705	1.682

Fonte: Autor, 2014.

Tabela 35-Estimativa da produção da carga de fósforo para a atividade pecuária na sub-bacia do riacho Salgado

ESTIMATIVA DE CARGA PARA PECUÁRIA					
REBANHO	CENÁRIO (f)	Nº DE ANIMAIS	PRODUÇÃO DIÁRIA DE DEJETOS (kg/cab*dia)	PERCENTUAL MÉDIO DE FÓSFORO NOS DEJETOS (%)	ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE FÓSFORO (ton/ano)
BOVINO	1	971	8.50	0.35	10.54
EQUINO	1		8.50	0.35	0.00
SUÍNO	1	1292	2.25	0.3	3.18
OVINO	1	680	1.00	0.5	1.24
CAPRINO	1		1.00	0.5	0.00
GALINÁCEO	1	22217	0.18	1.3	18.98
					33.94

Fonte: Autor, 2014.

Tabela 36-Estimativa da produção da carga de fósforo para a atividade agrícola na sub-bacia do riacho Salgado

ESTIMATIVA DE CARGA DA AGRICULTURA									
CULTURA	ÁREA	TIPO DE SOLO	Necessidade Nutricional (kg/há)		% perda P cultura	% perda P p/ o solo	Necessidade Nutricional (ton)	Cálculo carga P que retorna (ton/ano)	Fator f para gerar cenários
			Sequeiro	Irrigado					
Milho	312.90	Argiloso	0.05	0.08	13	25	15.645	0.508	1
Feijão	139.80	Arenoso	0.06	0.06	6	25	8.388	0.126	1
Algodão	0.00	Areno/argilos	0.05	0.07	1.1	6	0.000	0.000	1
Mandioca	0.00	Areno/argilos	0.05	0.05	5	1	0.000	0.000	1
Arroz	721.90	Areno/argilos	0.06	0.06	6	25	43.314	0.650	1
Café	742.90	Areno/argilos	0.03	0.06	5	1	22.287	0.011	1
Banana	2,038.20	Areno/argilos	0.03	0.03	5	1	61.146	0.031	1
Manga	0.00	Areno/argilos	0.03	0.03	5	1	0.000	0.000	1
Maracujá	0.00	Areno/argilos	0.03	0.03	40	40	0.000	0.000	1
Hortaliças	0.00	Areno/argilos	0.03	0.03	13	25	0.000	0.000	1
								1.326	

Fonte: Autor, 2014.

Considerando que a produção média diária de dejetos humanos fica na ordem de 0,2 kg/dia, e comparando com a média bovina que está em torno de 8,5 kg/dia, pode-se então concluir que toda a população residente na sub-bacia do Riacho Salgado,

que é de 4.265 habitantes, equivaleria a aproximadamente 100 cabeças bovina, ou de forma inversa o rebanho bovino dessa área, que se estima em 971 cabeças, isso equivaleria a uma população residente de 41.265 habitantes.

Tabela 37-Estimativa da produção da carga de fósforo por atividade para a sub-bacia do riacho Salgado

Estimativa da carga de fósforo	
	CARGA (W)
ATIVIDADE	ton/ano
Doméstica	1.68
Pecuária	33.94
Agrícola	1.36
TOTAL	36.98

Fonte: Autor, 2014.

4.5 – Modelagem da qualidade da água no Rio Pacoti (QUAL-UFGM)

4.5.1 – Vazão

Von Speling (2007) ao discorrer sobre as vazões de referência para modelagem, ou seja, a curva de permanência das vazões locais, afirma que a utilização dessas vazões de referência depende do objetivo da simulação e podem ser as seguintes: vazão observada em um determinado período; vazão média; ou vazão mínima.

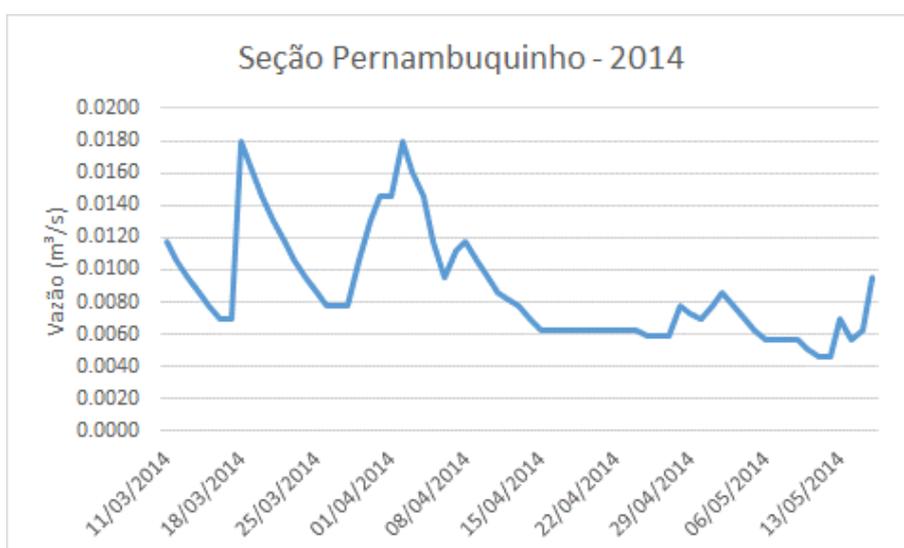
Quanto às vazões observadas em um determinado período, Sperling (2007) assegura que a utilização dessa vazão se dá preferencialmente para a calibração do modelo, de forma que o ajuste dos coeficientes atinja um nível aceitável para que os dados simulados possam se aproximar dos dados medidos. O mesmo autor ainda declara que as vazões médias estão mais voltadas para as condições de simulação, enquanto que as vazões mínimas tendem a ser utilizadas mais para o planejamento dos recursos hídricos. No entanto vários autores lançaram mão do uso da vazão média quando na modelagem do QUAL-UFGM.

Como esta pesquisa detêm um cabedal de informação de vazão medida, pois leituras diárias em todo o período da quadra chuvosa de 2013 e 2014 foram realizadas nas oito seções de controle e monitoramento, conforme descrito no item 4.2.1, decidiu-se então por trabalhar com as vazões médias observadas. Outro aspecto de relevante

interesse é que o Rio Pacoti, às vezes, apresentava-se como rio efêmero em alguns trechos, ou seja, seu fluxo cessava pouco tempo após um evento de precipitação. Nos riachos, então, essa característica era mais evidente. Como em pelo menos seis meses do ano o rio e os riachos têm seu fluxo estancado, o que os classificam como rios intermitentes, torna-se difícil definir a vazão ecológica ou mesmo a vazão Q90.

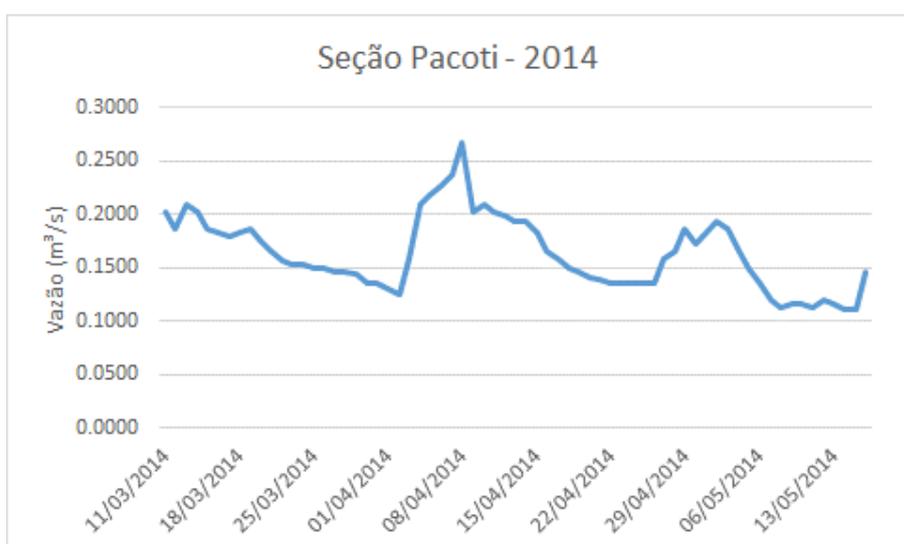
Dispondo dos dados diários das régua limnimétricas nas seções, foi possível traçar curvas-chave para cada seção, o que gerou os gráficos de vazões, conforme Figuras 107 a 110.

Figura 107-Vazão na seção Pernambucoquinho no período de março a maio de 2014



Fonte: Autor, 2016.

Figura 108-Vazão da seção Pacoti no período de março a maio de 2014



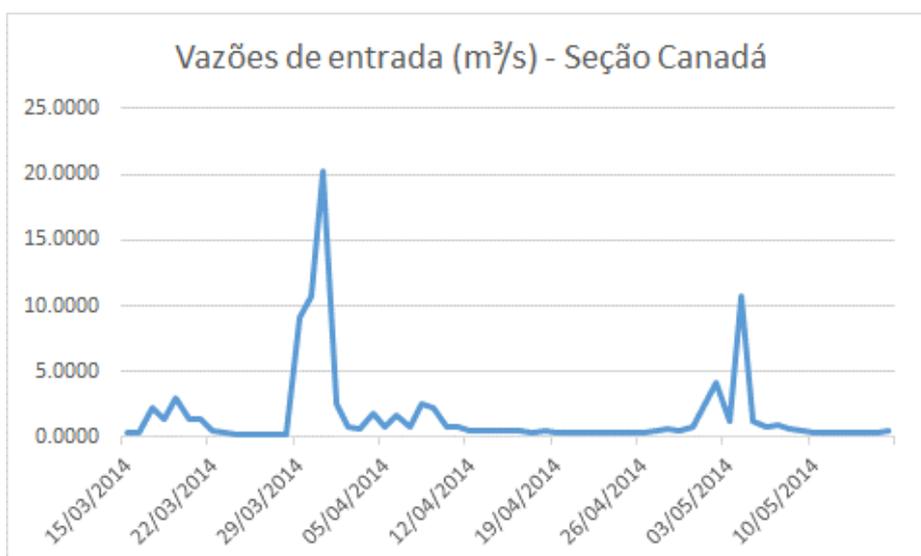
Fonte: Autor, 2016.

Figura 109-Vazão da seção Jordão no período de março a maio de 2014



Fonte: Autor, 2016.

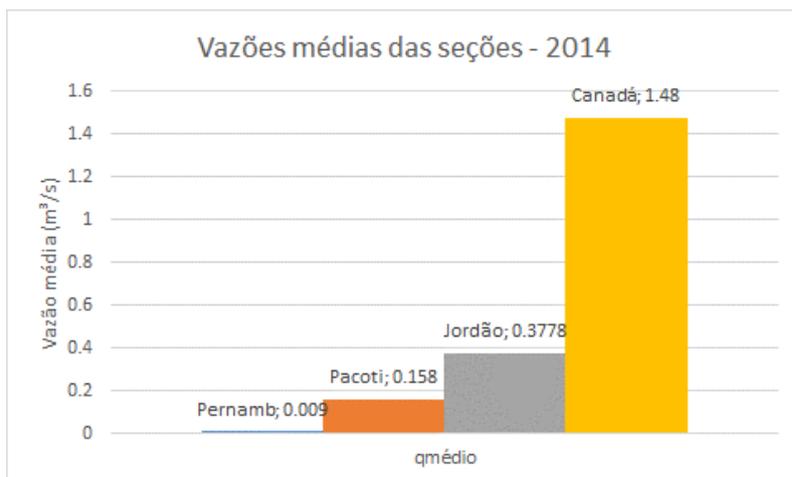
Figura 110-Vazão na seção Canadá no período de março a maio de 2014



Fonte: Autor, 2016.

Para evitar possíveis discrepâncias de dados instantâneos, além de eliminar a influência de valores extremos, o que poderia comprometer o processo de calibração da planilha QUAL-UFGM, utilizaram-se dados de vazão média em cada seção e nos pontos de poluição pontual. A Figura 111 apresenta valor médio de vazão da quadra invernososa de 2013 e 2014, respectivamente, para quatro seções de controle instaladas ao longo do Rio Pacoti.

Figura 111-Vazões médias das seções para o período chuvoso de 2014



Fonte: Autor, 2016.

4.5.2 – Variáveis de qualidade

Para os demais dados de entrada, tais como os dados iniciais que são relativos à primeira seção controlada, a seção Pernambuco, também foi utilizada a média, assim como feito para a vazão. Desta forma, os valores iniciais de DBO, OD, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes foram os valores médios (ver Figura 112).

Figura 112-Entrada inicial dos dados médios na planilha QUAL-UFMG

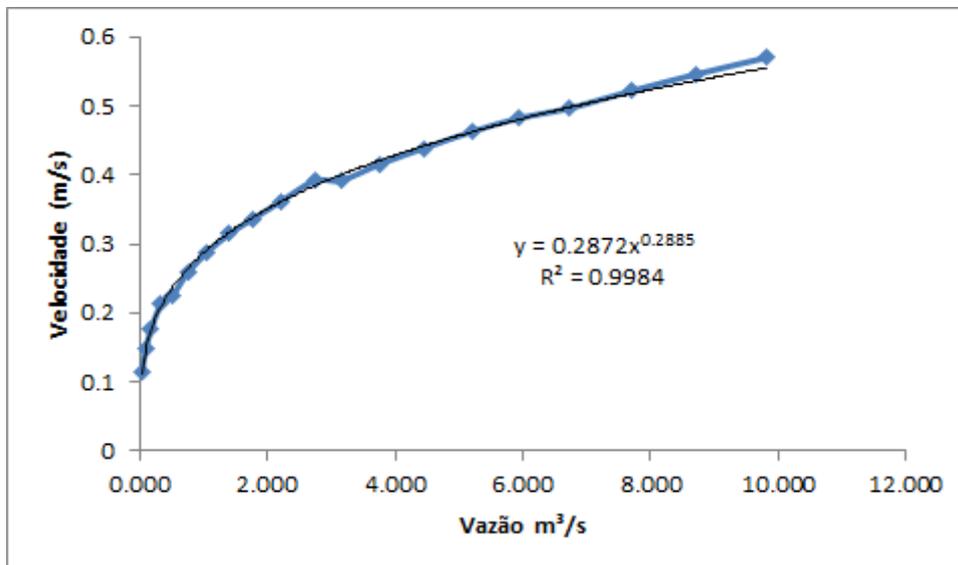
SEÇÃO		PERNAMBUCQUINHO				
PARÂMETRO	UNIDADE	VALOR	VALOR	LIMITES CONAMA 357/2005		
		MÉDIO 2013 CHUVOSO	MÉDIO 2014 CHUVOSO	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III
Fósforo Total	mg/L P	0.478	0.114	≤ 0.10	≤ 0.10	≤ 0.15
DBO	mg/L O2	1.778	9.53	≤ 3.00	≤ 5.00	≤ 10.00
OD	mg/L O2	5.52	5.37	≥ 6.00	≥ 5.00	≥ 4.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	462	2662.6	≥ 200	≤ 1000	≥ 2500

DADOS DE ENTRADA INICIAIS	Símbolo	Valor
DADOS DO RIO A MONTANTE (CABECEIRA OU HEADWATER)		
Vazão do rio (m³/s)	Qr	0.009
OD do rio (mg/l)	ODr	5.37
DBO5 do rio (mg/l)	DBOr	9.53
Nitrogênio orgânico do rio (mg/l)	Norgr	0.0
Amônia-N do rio (mg/l)	Namonr	0.0
Nitrato-N do rio (mg/l)	Nnitror	0.0
Nitrato-N do rio (mg/l)	Nnitratr	0.0
P orgânico do rio (mg/l)	Porgr	0.03
P inorgânico do rio (mg/l)	Pinorgr	0.08
Coliformes no rio (NMP/100ml)	Colir	2.66E+03
Temperatura	T	23
OD saturação (mg/l)	ODsat	7.78
DADOS FÍSICOS DO RIO		
Distância do trecho (km)	d	37
Altitude acima do nível do mar (m)	Alt	800
Velocidade - coeficientes da equação $v = a.Q^b$		
a		Trecho 01: 0.287, Trecho 02: 0.287, Trecho 03: 0.287, Trecho 04: 0.287
b		Trecho 01: 0.289, Trecho 02: 0.289, Trecho 03: 0.289, Trecho 04: 0.289
Profundidade - coeficientes da equação $H = c.Q^d$		
c		Trecho 01: 0.328, Trecho 02: 0.328, Trecho 03: 0.328, Trecho 04: 0.328
d		Trecho 01: 0.513, Trecho 02: 0.513, Trecho 03: 0.513, Trecho 04: 0.513

Fonte: Autor, 2016.

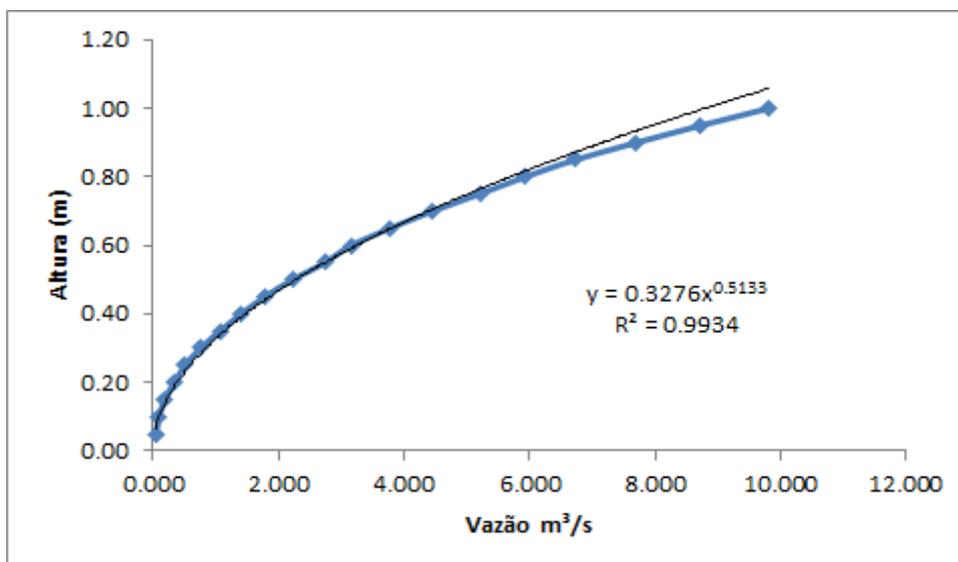
De acordo com a metodologia, foram obtidos os coeficientes hidráulicos das equações 3.3 e 3.4 para a seção Canadá, conforme Figuras 113 e 114.

Figura 113-Relação U x Q e obtenção dos coeficientes "a" e "b"



Fonte: Autor, 2016.

Figura 114-Relação Y x Q e obtenção dos coeficientes "c" e "d"



Fonte: Autor, 2016.

Na definição dos coeficientes hidráulicos para esta modelagem, foi tomada a decisão de adotar esses coeficientes hidráulicos da seção Canadá como sendo os coeficientes para todo o trecho dos 37 km do rio Pacoti, tendo em vista que a divisão em

trechos não se deu devido à entrada de novos tributários, e que as vazões incrementais eram relativamente pequenas em relação a vazão do rio (Figura 115).

Figura 115-Detalhe do preenchimento dos coeficientes "a", "b", "c" e "d" no modelo QUAL-UFMG

DADOS FÍSICOS DO RIO						
34	Distancia do trecho (km)	d	37			
35	Altitude acima do nível do mar (m)	Altit	800			
36			Trecho 01	Trecho 02	Trecho 03	Trecho 04
37	Velocidade - coeficientes da equação $v = a.Q^b$	a	0.287	0.287	0.287	0.287
38		b	0.289	0.289	0.289	0.289
39						
40	Profundidade - coeficientes da equação $H = c.Q^d$	c	0.328	0.328	0.328	0.328
41		d	0.513	0.513	0.513	0.513
42			Pacoti	Jordao	Canada	
43						

Fonte: Autor, 2016.

Para alimentar o modelo trabalhou-se com os dados médios de cada seção no período chuvoso do ano de 2014, sendo assim, a vazão inicial foi considerada como sendo a vazão média na seção Pernambucozinho ($q = 0,009 \text{ m}^3/\text{s}$).

Os dados de 2014 foram utilizados para a calibração do modelo, ficando os dados de 2013 para executar a validação do modelo.

Com o diagrama UNIFILAR determinado, os pontos das seções de controle e monitoramento foram locados de acordo com o passo incremental definido na planilha, 0,1km, assim como as poluições pontuais.

Em cada ponto definido foi digitado os seus respectivos valores de vazão, DBO, OD, Fósforo inorgânico, Fósforo orgânico e Coliformes Termotolerantes, além dos valores dos parâmetros para as poluições pontuais.

A Figura 116 mostra a entrada da informação da vazão de uma poluição pontual na coluna 07 referente ao esgoto, no caso a ETE 13 de maio, bem como a entrada da vazão média da seção de controle Pacoti, coluna 12. Nessa fase já é possível comparar o valor medido com o modelado.

Figura 116-Detalhe do preenchimento das células do QUAL-UFMG

Col2	Col3	Col4	Col5	Col6	Col7	Col8	Col9	Col10	Col11	Col12
DISTÂNCIA (km)	TEMPO DE PERCURSO		VAZÕES COMENTÁRIO (esg pontual, tribut., captação, esg distrib)	VAZÕES PONTUAIS		VAZÕES DISTRIBUÍDAS (valor da vazão em cada segmento)		CAPTAÇÕES Água (valor positivo) (m3/s)	VAZÃO TOTAL NO RIO (Qr) (m3/s)	
	No trecho (d)	Acumulado (d)		Tributário (m3/s)	Esgoto (m3/s)	Incremental (m3/s)	Esgotos (m3/s)			
0.0		0.000	SEÇÃO PERNAMBUCUINHO						0.0090	
0.1	0.015	0.015				0.0018			0.0108	
0.2	0.014	0.029				0.0018			0.0125	
0.3	0.014	0.043				0.0018			0.0143	
0.4	0.013	0.056				0.0018			0.0160	
0.5	0.013	0.069				0.0018			0.0178	
0.6	0.013	0.082				0.0018			0.0195	
0.7	0.012	0.094				0.0018			0.0213	
0.8	0.012	0.106				0.0018			0.0230	
0.9	0.012	0.118				0.0018			0.0248	
1.0	0.011	0.129				0.0018			0.0265	
1.1	0.011	0.140				0.0018			0.0283	
1.2	0.011	0.151				0.0018			0.0300	
1.3	0.011	0.162				0.0018			0.0318	
1.4	0.011	0.173				0.0018			0.0335	
1.5	0.011	0.184				0.0018			0.0353	
5.4	0.008	0.527				0.0018			0.1035	
5.5	0.008	0.535				0.0018			0.1053	
5.6	0.008	0.543				0.0018			0.1070	
5.7	0.008	0.550				0.0018			0.1088	
5.8	0.008	0.558				0.0018			0.1105	
5.9	0.008	0.565				0.0018			0.1123	
6.0	0.008	0.573				0.0018			0.1140	
6.1	0.008	0.580				0.0018			0.1158	
6.2	0.007	0.588				0.0018			0.1175	
6.3	0.007	0.595				0.0018			0.1193	
6.4	0.007	0.603				0.0018			0.1210	
6.5	0.007	0.610				0.0018			0.1228	
6.6	0.007	0.618				0.0018			0.1245	
6.7	0.007	0.625				0.0018			0.1263	
6.8	0.007	0.632	essa vazão de 0,158 já considera a vazão oriunda da ETE. É a vazão na seção em si	SEÇÃO PACOTI	0.030	0.0018			0.1580	
6.9	0.007	0.639				0.0048			0.1628	
7.0	0.007	0.645				0.0048			0.1677	
7.1	0.007	0.652				0.0048			0.1725	
7.2	0.007	0.659				0.0048			0.1774	
7.3	0.007	0.665				0.0048			0.1822	
7.4	0.007	0.672				0.0048			0.1871	
7.5	0.006	0.678				0.0048			0.1919	
7.6	0.006	0.685				0.0048			0.1968	
7.7	0.006	0.691				0.0048			0.2016	
7.8	0.006	0.697				0.0048			0.2064	
7.9	0.006	0.704				0.0048			0.2113	
8.0	0.006	0.710				0.0048			0.2161	

Fonte: Autor, 2016.

Esse procedimento foi executado para os demais parâmetros e para as demais seções de controle, de forma que o modelo gerou ao final os gráficos que mostraram o desempenho da modelagem.

4.5.3 – Calibração do modelo

Nessa fase, os coeficientes de aeração, de remoção, desoxigenação, e decaimento devidamente discutidos na metodologia, foram determinados a partir dos valores de literatura e equações com seus devidos intervalos, que foram imprescindíveis para maximizar o coeficiente de Nash e Sutcliffe (NS).

4.5.3.1 – Oxigênio Dissolvido (OD)

Para o oxigênio dissolvido, determinou-se primeiramente o K_2 , coeficiente de aeração, de acordo com o que foi proposto na metodologia, ou seja, estimou-se o K_2 através de valores médios tabelados de acordo com a tabela de Fair et al (1973) e Arceivala (1981) apud Von Sperling (2007), também em função das características hidráulicas do corpo d'água e finalmente a partir da equação de Melching e Flores (1999) apud Von Sprling (2007), que correlacionou o coeficiente K_2 com a vazão, velocidade e declividade do curso d'água. Com esses três valores, que geralmente se mostram bem diferenciados, calculou-se então a média geométrica (Tabela 38).

Tabela 38-Determinação do valor K_2

Determinação K_2	Valor (1/dia)
Tabela Fair et al / Arceivala (1981)	0,37
Equação Melching e Flores (1999)	37,15
Características hidráulicas	12,28
MÉDIA GEOMÉTRICA	5,4

Fonte: Autor, 2016.

O valor de K_2 ficou muito próximo do valor encontrado por Oliveira Filho (2014) para as condições da Região Nordeste do Brasil, que foi de 3,44. Desta forma o valor encontrado foi introduzido na planilha, conforme Figura 117.

Figura 117-Entrada do valor K_2 na planilha QUAL-UFMG

COEFICIENTES DO MODELO		Coeficientes de reação	Coefic. temperatura teta	Coefic. resultantes na temperatura T
Desoxigenação				
Coef. desoxigenação (1/d)	K1		0.450	
Coef. decomposição DBO (1/d)	Kd		0.679	
Coef. sedimentação DBO (1/d) (0 p/ nenhuma sediment)	Ks		0.292	
Reaeração				
Coefic reaeração K_2 - coeficientes da equação $K_2 = m \cdot Q^{(-n)}$	m	16.87	1.024	
	n	0.81		
Valor máximo aceito para K_2	K2 máx	5.40		

Fonte: Autor, 2016.

O coeficiente Kd, coeficiente de desoxigenação, só foi ajustado após rodar o modelo com os devidos dados preenchidos, ou seja, entrou-se com os valores de OD

medido em cada seção de controle e monitoramento, bem como com os valores de OD das fontes poluidoras.

A calibração do coeficiente K_1 foi realizada utilizando a ferramenta SOLVER do EXCEL, onde levou em consideração o intervalo do citado coeficiente, conforme descrito na metodologia. Essa etapa teve o objetivo de maximizar o valor de NS, coeficiente de Nash e Sutcliffe, conforme Figura 118.

Figura 118-Ajuste do K_1 , com valor de NS de 0,56

Distância (km)	OD observada	OD simulada	Num	Denom.		
0	5.37					
6.8	3.29	4.91	2.61	1.37	K_1	0.45
11.3	3.05	3.13	0.01	2.00		
32.6	6.13	5.89	0.06	2.79		
	4.45875		2.68	6.16		
			NS	0.565424		

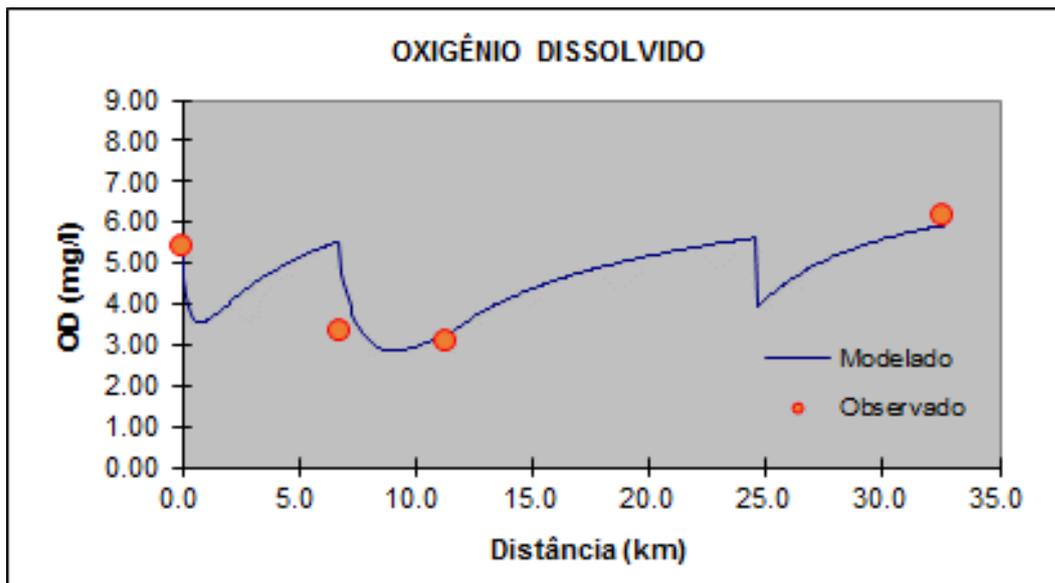
Fonte: Autor, 2016.

De acordo com a classificação de Moriasi et al (2007), para valores de NS entre 0,65 a 0,54, considera-se o modelo como bom. Neste caso, na simulação de qualidade de água do rio Pacoti, usando o modelo QUAL-UFGM, obteve-se um valor de NS de 0,56, o que representa um bom desempenho na modelagem de OD.

Na Figura 119, observa-se a dinâmica de oxigênio dissolvido ao longo do rio Pacoti, com redução da concentração de OD na seção Pacoti, no quilômetro 6,8, mostrando o efeito negativo da Estação de Tratamento de Esgoto, a ETE 13 de maio no município de Pacoti. A concentração de OD não consegue se recuperar até a seção Jordão que fica no quilômetro 11,3, ou seja, a uma distância de apenas 4,5 km da ETE 13 de maio, além de receber os efluentes de irrigação da área agrícola com horticultura.

Quando da entrada do tributário Riacho Salgado, no quilômetro 25, onde não foi instalada uma seção de monitoramento, percebeu-se que a concentração de OD volta a cair significativamente, o que mostra que essa pequena bacia tem forte influência na qualidade da água aportada no reservatório Acarape do Meio. Portanto, qualquer programa de efetivação de metas terá de contemplar essa micro bacia.

Figura 119-Resultado da modelagem para o OD



Fonte: Autor, 2016.

4.5.3.2 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

Para a calibração da DBO, o ajuste foi feito no coeficiente de oxidação da DBO no rio (K_d), ou ainda conhecido como coeficiente de decomposição da matéria orgânica no rio, e no coeficiente de remoção de DBO por sedimentação (K_s), atendendo os mesmos passos do ajuste para o K_1 .

É importante lembrar que Sperling (2007) afirma que o valor de K_d deverá ser igual ou maior do que o valor de K_1 . Chapra apresenta valores de K_s entre 0,1 a 0,5 d^{-1} para rios rasos.

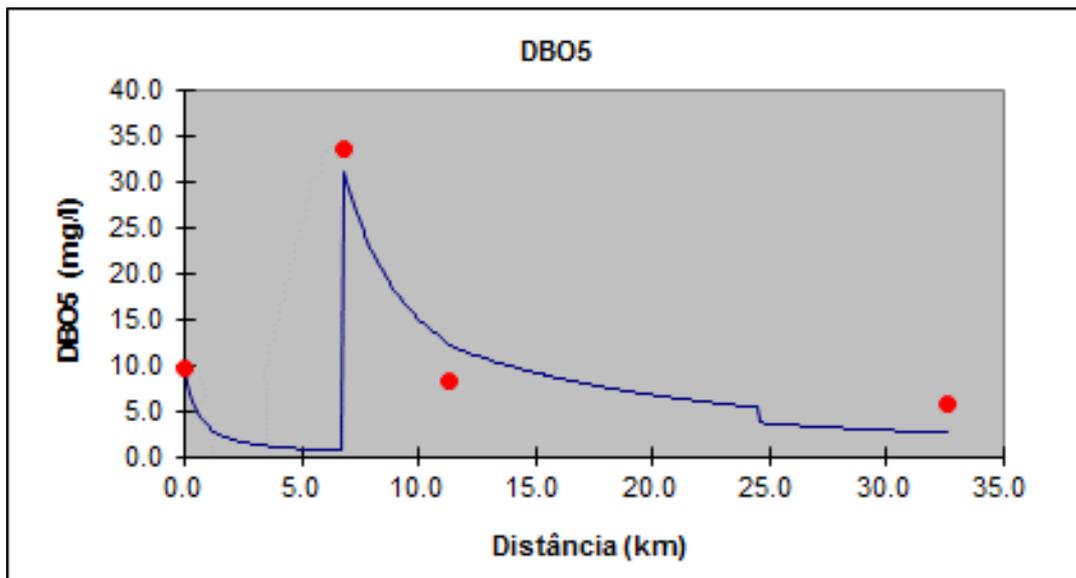
Após o ajuste, utilizando também a ferramenta SOLVER do EXCEL, obteve-se um K_d igual a 0,68 e um K_s igual 0,29, confirmando a verdadeira característica do rio Pacoti, como um rio raso. Isso é definitivamente comprovado quando se constata que o coeficiente de Nash e Sutcliffe (NS) para a DBO alcançou um generoso valor de 0,93, portanto conforme a classificação de Moriasi et al (2007) o modelo foi considerado muito bom (Figura 120).

Figura 120-Coefficientes Kd e Ks ajustados com valores de NS classificados como muito bons

Distância (km)	DBO observada	DBO simulada	Num	Denom.		
0	9.53					
6.8	33.50	30.99	6.28	372.47	Kd	0.68
11.3	8.16	12.08	15.37	36.44	Ks	0.29
32.6	5.60	2.53	9.43	73.90		0
	14.1965		31.09	482.81		
			NS	0.935605		

Fonte: Autor, 2016.

Conforme o gráfico gerado pelo modelo para a DBO na Figura 121, é fácil entender que a DBO na seção Pacoti alcançou um valor inquietante de 33,5 mg/l como dado observado, enquanto o dado simulado previa um valor de 30,99. Esse alto valor de DBO, muito superior ao permitido para a classe 3, pela resolução CONAMA 357/05 de 10 mg/l, revela mais uma vez que a poluição pontual representada pela ETE 13 de maio foi o fator que mais influenciou na degradação da qualidade de água nesse trecho do rio, portanto qualquer alcance de meta para enquadramento passará indubitavelmente por uma reestruturação dessas ETE's, que estão se mostrando extremamente danosas ao meio ambiente. A resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011 que trata das condições de padrões e lançamentos de efluentes, complementando a resolução CONAMA 357/05, na seção III sobre condições e padrões para efluentes de sistemas de tratamento de esgoto sanitário, coloca no seu Art. 21 que uma das condições do efluente é não exceder o limite de 120 mg/l de DBO, quando o valor médio da ETE 13 de maio alcançou 160,71 mg/l, mas no mês de março de 2014 atingiu o alarmante valor de 333,38 mg/l. Nos demais trechos, o rio se recupera até atingir o valor de 5,6 mg/l na entrada do açude Acarape do Meio.

Figura 121-Resultado da calibração dos coeficientes K_d e K_s na modelagem da DBO

Fonte: Autor, 2016.

4.5.3.3 – Fósforo Total e suas frações

Chapra (1997) destaca que os baixíssimos valores de fósforo na qualidade da água podem ser explicados pela baixa disponibilidade deste nutriente na crosta terrestre, não existindo na forma gasosa, além de que o mesmo tende a se unir a outras partículas, sedimentando-se. Portanto, só há uma razão para a presença do fósforo na água, a atividade humana, quer seja através da falta de saneamento básico ou de um saneamento totalmente deficitário, das atividades da pecuária e da agricultura. Veja que essas colocações de Chapra (1997) chancelam a tomada de decisão nesta pesquisa em trabalhar com a modelagem apenas do fósforo no reservatório ao propor um modelo para enquadramento de corpos d'água no semiárido.

Os coeficientes ajustados foram o K_{spo} (coeficiente de remoção do fósforo orgânico por sedimentação (d^{-1})) e o K_{oi} (coeficiente de conversão de fósforo orgânico a fósforo inorgânico (d^{-1})).

De acordo com a Figura 122, que mostra os ajustes para o K_{spo} e para o K_{oi} , pode-se observar que os valores de NS (Nash e Sutcliffe) para o fósforo total, orgânico e inorgânico foram respectivamente 0,800, 0,803 e 0,799, destacando o bom desempenho do modelo para o parâmetro fósforo.

Figura 122-Valores de Kspo e Koi e de NS para fósforo total e frações

Distância (km)	Fosforo Total	Ptot simulado	Num	Denom.		
0	0.11					
6.8	3.90	2.81	1.18	6.70		
11.3	0.61	1.15	0.30	0.37		
32.6	0.63	0.56	0.00	0.39		
	1.311625		1.49	7.46		
			NS	0.800462		
					Kspo	0.10
					Koi	0.01

Distância (km)	Fosforo Orgânico	Porg simulado	Num	Denom.		
0	0.03					
6.8	1.17	0.84	0.11	0.60		
11.3	0.18	0.34	0.02	0.03		
32.6	0.19	0.16	0.00	0.04		
	0.3934875		0.13	0.67		
			NS	0.803385		

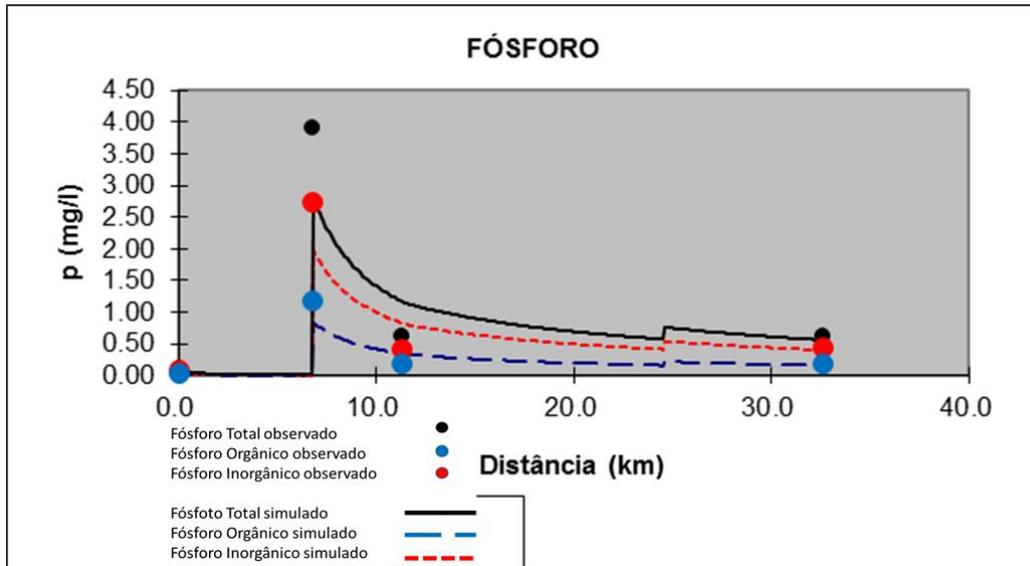
Distância (km)	Fosforo Inorgânico	Pinorg simulad	Num	Denom.		
0	0.08					
6.8	2.73	1.97	0.58	3.28		
11.3	0.42	0.82	0.15	0.18		
32.6	0.44	0.40	0.00	0.19		
	0.9181375		0.73	3.66		
			NS	0.799044		

Fonte: Autor, 2016.

Pela Figura 123, pode-se perceber que a seção Pacoti mais uma vez é fortemente influenciada pela excessiva carga de fósforo despejada pela ETE 13 de maio, cuja média ficou em 14,78 mg/l, mostrando-se uma ETE totalmente deficiente.

Os valores de fósforo total e suas frações para os dados observados ficaram abaixo dos dados simulados para a seção Jordão. Talvez fosse prudente a repetição das análises. Assim como foi observado para o Oxigênio Dissolvido (OD), o ponto de entrada do tributário Riacho Salgado, a 25 km da nascente e a aproximadamente 10 km da última seção antes da entrada no reservatório, mostrou um incremento na concentração do fósforo devido ao impacto daquela sub-bacia, mais provavelmente devido à pecuária.

Figura 123-Gráfico da calibração do fósforo total e frações



Fonte: Autor, 2016.

O valor da concentração de fósforo na última seção de controle, a seção Canadá, apresenta ainda valores muito altos. O valor médio observado chegou a 0,630 mg/l, isso pode explicar a condição de eutrofização do reservatório Acarape do Meio, o que foi realmente confirmado quando se calculou o IET (Índice de Estado Trófico) do citado açude, de acordo com os cálculos discutidos no item 4.8.

4.5.3.4 – Coliformes Termotolerantes (fecais)

O ajuste no coeficiente de decaimento bacteriano (K_b), proporcionou a calibração do parâmetro coliformes termotolerantes.

A Figura 124 mostra o ajuste, de forma que o coeficiente K_b ficou em 0,65, proporcionando uma calibração que resultou em um NS de 0,80, portanto também classificado como muito bom.

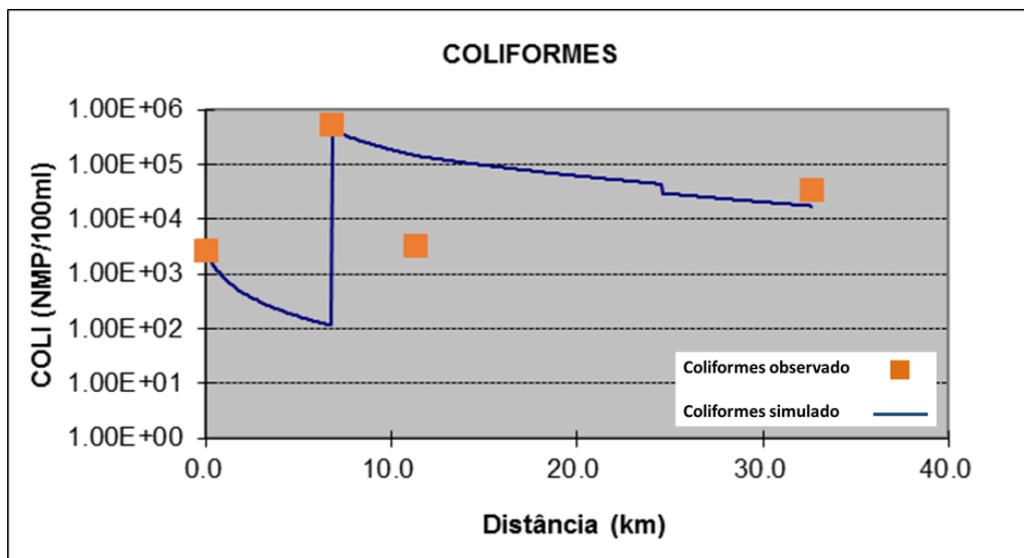
Figura 124-Detalhe de K_b para calibração do parâmetro coliformes termotolerantes

Distância (km)	Coli observada	Coli simulada	Num	Denom.	
0	2662.60				
6.8	525190.00	428205.28	9406036588.92	147614961217.96	kb 0.65
11.3	3231.50	142873.31	19499835458.68	10442592.25	
32.6	32848.20	17422.43	237954314.83	1079004243.24	
	140983.075		29143826362.44	148704408053.45	
			NS	0.804015	

Fonte: Autor, 2016.

A Figura 125 traz o gráfico produzido pelo modelo QUAL-UFMG para a calibração do Coliformes Termotolerantes.

Figura 125-Gráfico para calibração do parâmetro coliformes termotolerantes



Fonte: Autor, 2016.

Quando se analisa o fato de que o valor máximo permissível para o parâmetro Coliformes Termotolerantes é 2.500 NMP/100 ml para a classe 3, no entanto na fatídica seção Pacoti o valor observado médio foi de 525.000 NMP/100 ml e que na seção Canadá, a seção que fica na entrada do açude Acarape, o valor observado foi assustadores 32.848 NMP/100 ml.

Somente com o processo de calibração, já se pode ter uma ideia da condição de fragilidade que os corpos hídricos desta bacia se encontram e onde o poder público pode concentrar seus esforços. Essa é a grande vantagem desses modelos, pois tornam-se ferramentas imprescindíveis para os tomadores de decisão, de maneira que as ações são otimizadas e os recursos racionados.

4.5.4 – Validação do modelo QUAL-UFMG

Para a validação, foi atendido a rotina descrita na metodologia desta pesquisa, ou seja, reservar os dados colhidos no período da quadra chuvosa de 2013, trabalhando da mesma forma, usando os dados médios.

Quanto aos valores dos parâmetros das fontes de poluição, foram mantidos os mesmos do ano de 2014, pois o volume tratado de esgoto pela ETE 13 de maio foi o

mesmo para o ano de 2013, bem como a área plantada na seção Jordão não sofreu qualquer alteração entre esses anos, pois a redução de área é verificada quando se analisa a área cultivada antes do processo de escassez contínua, iniciado ainda no ano de 2012.

Na planilha QUAL-UFMG todos os coeficientes ajustados para 2014, ou seja, K_2 , K_1 , K_d , K_s , K_{spo} , K_{oi} e K_b , foram rigorosamente mantidos, sendo modificado apenas a entrada para os dados de 2013. As Figuras 126 e 127 apresentam os dados de entradas nas simulações para as quadras chuvosas de 2014 e 2013, respectivamente. Os valores encontrados para os respectivos coeficientes não diferiram dos valores encontrados em outras pesquisas, principalmente se considerarmos as mesmas condições.

Figura 126-Dados médios de entrada para o ano de 2014

Calibração: dados 2014										
SEÇÃO MONITORADA	DADOS MEDIDOS					DADOS DE FONTES POLUIDORAS				
	q inicial	OD	DBO	P	Coli	q inicial	OD	DBO	P	Coli
	(m ³ /s)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(NMP/100ml)	(m ³ /s)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(NMP/100ml)
PERNAMBUCQUINHO	0.009	5.37	9.53	0.114	2.66E+03					
PACOTI	0.158	3.29	33.5	3.900	4.20E+05	0.03	2.62	160.72	14.78	2.25E+06
JORDÃO	0.376	3.05	8.2	0.605	2.94E+03	0.006			0.071	
SALGADO	0.753					0.345			1.176	
CANADÁ	1.48	6.13	5.6	0.627	3.28E+04					
		K1	Kd	Kspo	Kb					
		0.45	0.68	0.1	0.65					
		K2	Ks	Koi						
		5.4	0.29	0.01						

Fonte: Autor, 2016.

Figura 127-Dados médios de entrada para o ano de 2013

Validação: dados 2013										
SEÇÃO MONITORADA	DADOS MEDIDOS					DADOS DE FONTES POLUIDORAS				
	q inicial	OD	DBO	P	Coli	q inicial	OD	DBO	P	Coli
	(m ³ /s)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(NMP/100ml)	(m ³ /s)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(NMP/100ml)
PERNAMBUCQUINHO	0.0054	5.52	1.7	0.478	4.62E+02					
PACOTI	0.134	3.33	33.7	5.964	5.25E+05	0.03	2.62	160.72	14.78	2.25E+06
JORDÃO	0.263	2.78	15.1	0.290	6.01E+02	0.006			0.071	
SALGADO	0.366					0.129			2.34	
CANADÁ	0.615	6.04	4.7	0.564	8.07E+02					
		K1	Kd	Kspo	Kb					
		0.45	0.68	0.1	0.65					
		K2	Ks	Koi						
		5.4	0.29	0.01						

Fonte: Autor, 2016.

4.5.4.1 – Entrada dos dados iniciais para o ano de 2013

De acordo com os dados médios obtidos no período chuvoso de 2013 (Figura 126), a planilha QUAL-UFMG foi preenchida, conforme Figura 128.

Figura 128-Preenchimento da planilha QUAL-UFMG para os dados de 2013 - Validação

MODELO DE QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS - QUAL-UFMG			SEÇÃO			
OD, DBO, N, P, COLIFORMES			PERNAMBUCQUINHO			
Marcos von Sperling - UFMG			Referência: Livro: Von Sperling, M. (2007). Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. DESA-UFMG.			
Versão com vários pontos de entrada pontual e difusa. Preencher os dados de entrada			VALOR MÉDIO 2013 CHUVOSO	VALOR MÉDIO 2014 CHUVOSO	LIMITES CONAMA 357/2005	
Preencher células em amarelo (dados físicos e variáveis do modelo)			PARÂMETRO	UNIDADE	CLASSE I	CLASSE II
Verificar valores nas células cinza (coeficientes do modelo); se necessário, alterá-los			Fósforo Total	mg/L P	≤ 0.10	≤ 0.10
			DBO	mg/L O2	≤ 3.00	≤ 5.00
			OD	mg/L O2	≥ 6.00	≥ 5.00
			Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	≥ 200	≥ 2500
DADOS DE ENTRADA INICIAIS						
	Símbolo	Valor				
DADOS DO RIO A MONTANTE (CABECEIRA OU HEADWATER)						
Vazão do rio (m3/s)	Qr	0.005				
OD do rio (mg/l)	ODr	5.52	0.478	0.114		
DBO5 do rio (mg/l)	DBOr	1.78	1.778	9.53		
Nitrogênio orgânico do rio (mg/l)	Norgr	0.0				
Amônia-N do rio (mg/l)	Namonr	0.0				
Nitrato-N do rio (mg/l)	Nnitror	0.0				
Nitrato-N do rio (mg/l)	Nnitror	0.0				
P orgânico do rio (mg/l)	Porgr	0.14				
P inorgânico do rio (mg/l)	Pinorgr	0.33				
Coliformes no rio (NMP/100ml)	Colir	4.62E+02	462	2662.6		

Fonte: Autor, 2016.

Esta etapa é bem mais simples, pois não há ajuste de qualquer coeficiente, apenas alimentar a planilha como demonstrado na Figura 128 e depois verificar se os valores de NS ficaram dentro da faixa aceitável previamente apresentada ainda na discussão da calibração.

4.5.4.2 – Validação para o Oxigênio Dissolvido (OD)

A figura 129 refere-se ao valor de Nash e Sutcliffe para a validação do OD, cujo valor ficou em 0,58, portanto muito parecido com a calibração que alcançou o valor de 0,56 e ambos os valores classifica a validação do modelo como boa de acordo com os intervalos de Moriasi et al (2007).

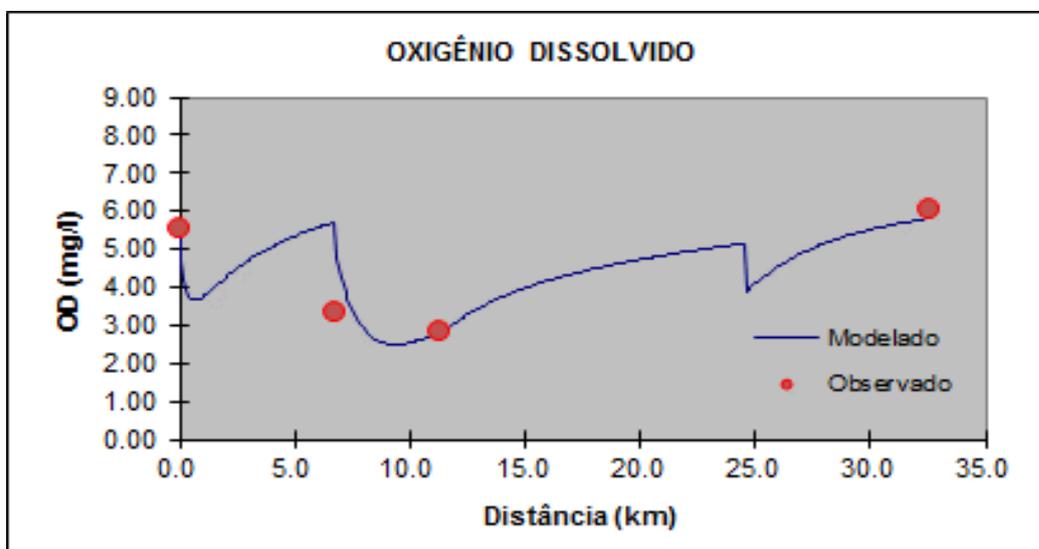
Figura 129-Resultado do NS para a validação do OD

Distância (km)	OD observada	OD simulada	Num	Denom.
0	5.52			
6.8	3.33	4.94	2.62	1.19
11.3	2.78	2.69	0.01	2.68
32.6	6.04	5.79	0.06	2.64
	4.41625		2.69	6.50
			NS	0.586487

Fonte: Autor, 2016.

Quanto à Figura 130, a mesma traz o gráfico gerado pelo modelo para a validação usando os dados médios da quadra chuvosa de 2013.

Figura 130-Gráfico de OD pelo modelo QUAL-UFGM - Validação



Fonte: Autor, 2016.

4.5.4.3 – Validação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

O valor de NS para a validação da DBO ficou em 0,98, um pouco melhor do que o valor de NS para a calibração, mas ambos os valores foram classificados como muito bons (Figura 131).

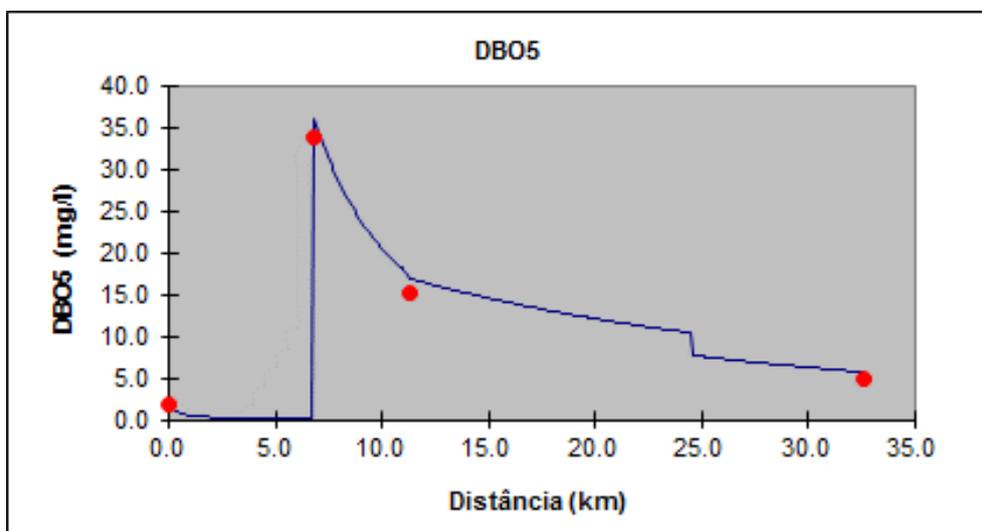
Figura 131-Resultados do NS para a validação da DBO

Distância (km)	DBO observada	DBO simulada	Num	Denom.
0	1.78			
6.8	33.70	36.04	5.49	394.84
11.3	15.10	16.84	3.02	228.01
32.6	4.74	5.69	0.91	22.47
	13.8295		9.42	645.31
			NS	0.985395

Fonte: Autor, 2016.

A Figura 132 mostra o gráfico gerado pelo modelo QUAL-UFMG para a validação da DBO, com relação aos dados de 2013.

Figura 132-Gráfico gerado pelo modelo QUAL-UFMG para a DBO



Fonte: Autor, 2016.

4.5.4.4 – Validação do Fósforo Total e suas frações.

Na validação dos dados tanto de fósforo total como do fósforo orgânico e inorgânico, os valores de NS foram respectivamente 0,68, 0,70 e 0,67, portanto classificados como bons (Figura 133). Na calibração obteve-se valores um pouco melhores.

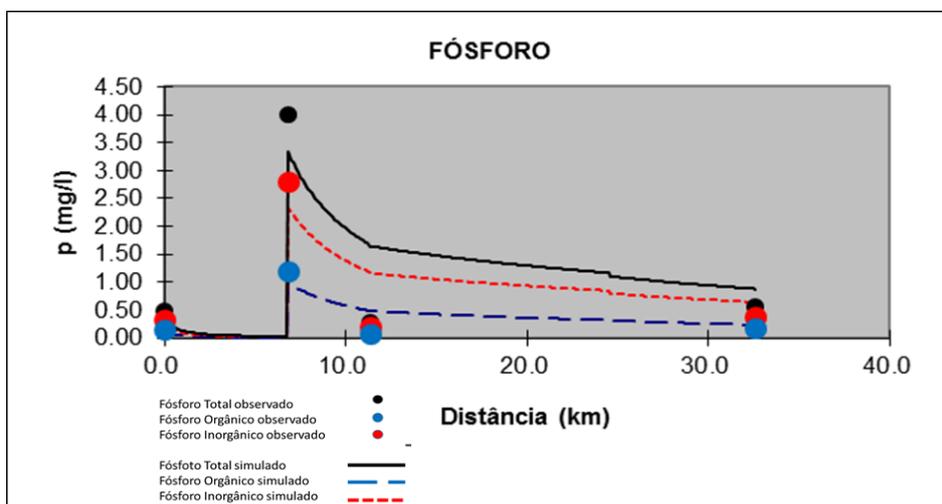
Figura 133-Resultado do coeficiente NS para fósforo total e frações

Distância (km)	Fosforo Total	Ptot simulado	Num	Denom.
0	0.48			
6.8	4.00	3.33	0.45	7.11
11.3	0.29	1.64	1.83	0.08
32.6	0.56	0.88	0.10	0.32
	1.333		2.38	7.52
			NS	0.682759
Distância (km)	Fosforo Orgânico	Porg simulado	Num	Denom.
0	0.14			
6.8	1.20	1.00	0.04	0.64
11.3	0.09	0.48	0.15	0.01
32.6	0.17	0.24	0.00	0.03
	0.3999		0.20	0.68
			NS	0.703690
Distância (km)	Fosforo Inorgânico	Pinorg simulad	Num	Denom.
0	0.33			
6.8	2.80	2.33	0.22	3.49
11.3	0.20	1.16	0.92	0.04
32.6	0.39	0.64	0.06	0.16
	0.9331		1.20	3.68
			NS	0.673019

Fonte: Autor, 2016.

A Figura 134 apresenta o gráfico gerado na validação do fósforo total e suas frações para os dados médios de 2013 mantendo os coeficientes de aeração, decaimento e desoxigenação calibrados na simulação para a quadra invernososa de 2014.

Figura 134- Gráfico gerado pelo modelo QUAL-UFMG para validação do fósforo



Fonte: Autor, 2016.

Da mesma forma como aconteceu no ano de 2014, a simulação do modelo superestimou os valores do parâmetro fósforo e suas frações para a seção Jordão.

4.5.4.5 – Validação para Coliformes Termotolerantes.

O valor de NS para o parâmetro coliformes termotolerantes, conforme Figura 135 foi de 0,72, um pouco abaixo do valor obtido na calibração, no entanto ambos os valores foram classificados como bons.

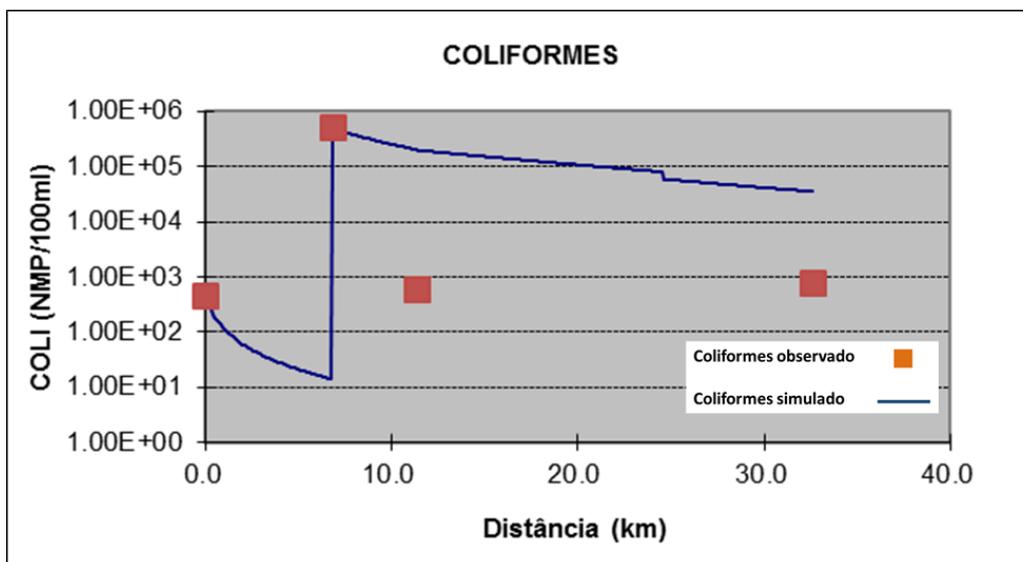
Figura 135-Resultado do coeficiente NS para coliformes termotolerantes

Distância (km)	Coli observada	Coli simulada	Num	Denom.
0	462.00			
6.8	510000.00	504801.11	27028438.19	145948869259.50
11.3	600.50	199212.96	39446911231.85	360600.25
32.6	807.30	35107.19	1176482470.03	651733.29
	127967.45		40650422140.07	145949881593.04
			NS	0.721477

Fonte: Autor, 2016.

Como resultado o modelo QUAL-UFMG gerou o gráfico que mostra os valores observados e simulados (Figura 136).

Figura 136-Gráfico do modelo QUAL-UFMG para o parâmetro coliformes termotolerantes



Fonte: Autor, 2016.

4.6 – Modelagem da qualidade de água no reservatório Acarape do Meio – QUAL-HIDROSED.

Em concordância com o que já foi discorrido na metodologia, que expressou a importância da escolha do parâmetro fósforo como uma primeira tentativa para servir de balizamento para uma proposta de enquadramento de um reservatório no nordeste brasileiro, bem como o fato de ter agregado a relevante pesquisa de Toné & Neto (2014), que readequou a equação do fósforo para as condições do semiárido, tudo isso possibilitou gerar uma ferramenta que já se mostra exitosa na primeira experiência de enquadramento de um reservatório no semiárido.

Surge assim o modelo denominado de QUAL-HIDROSED em alusão ao grupo de pesquisadores do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, verdadeiros abnegados da ciência em prol do desenvolvimento social através de uma pesquisa modificadora.

No sentido de proporcionar mais solidez e precisão a essa nova ferramenta, o modelo QUAL-HIDROSED foi interligado ao modelo QUAL-UFMG, que se mostrou uma poderosa ferramenta na modelagem de rios, sendo assim os dados de saída do modelo QUAL-UFMG foram utilizados como dados de entrada para o modelo QUAL-HIDROSED assim como as águas do Rio Pacoti aportam no reservatório Acarape do Meio. Essa acoplagem de modelos trouxe também a vantagem de simular a qualidade da água no Reservatório Acarape do Meio a partir dos resultados gerados na calibração e validação da modelagem do rio Pacoti.

Como primeiro passo, trabalhou-se com o parâmetro fósforo total, de forma que a célula que representou o fósforo total na última seção monitorada pelo QUAL-UFMG, passou a ser um dado automático de entrada para o QUAL-HIDROSED, assim como a célula que representou o último dado de vazão simulada no QUAL-UFMG também foi considerado como um dado de entrada no QUAL-HIDROSED, como vazão média aportada no reservatório para possibilitar o cálculo mais próximo do real da carga de fósforo no reservatório Acarape do Meio (Figura 137).

Figura 137-Ambiente da planilha QUAL-HIDROSED

MODELO DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA RESERVATÓRIOS MISTURA COMPLETA																														
PARÂMETRO: FÓSFORO (P)																														
UFC/DENA/HIDROSED - QUAL-HIDROSED																														
DADOS INICIAIS DE ENTRADA																														
SIMBOLO	VALOR																													
DADOS DO RESERVATÓRIO																														
Volume (m ³)	V	29,593,338																												
Vazão média anual de liberação (m ³ /ano)	Ql	3,110,400																												
Vazão média anual evaporada (m ³ /ano)	Qe	1,450,000																												
Vazão média anual vertida (m ³ /ano)	Qv	45,756,506																												
Tempo de Retenção Hidráulica (ano)	TR	0.59																												
Tempo de modelagem (ano)	t	0.59																												
Concentração de Fósforo inicial no reservatório (kg/m ³)	Po	0.000193																												
Concentração de Fósforo média no reservatório (kg/m ³)	Pmed																													
Coefficiente de sedimentação Fósforo semiárido (ano-1)	Ks	5.2158																												
Fator Lâmbida	λ	6.9161																												
Volume médio em 30 anos (m ³)	Vmed	18,000,000																												
Concentração Fósforo CONAMA 357/05 CLASSE 2 (kg/m ³)	P(f)	0.000030																												
CÁLCULO DA CARGA DE ENTRADA																														
Vazão do primeiro mês seção de entrada (m ³ /ano)	qi																													
Vazão média anual entrada reservatório (l/s)	qmed	1,486																												
Concentração inicial simulada reservatório (mg/l)	Conci	0.5589																												
Carga de entrada média no reservatório (kg/ano)	W	13,761.41																												
Carga média dos outros afluentes (kg/ano)	Wafi	665.49																												
		DADO IMPORTADO QUAL-UFMG																												
		DADO IMPORTADO QUAL-UFMG																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>APORTE DE FÓSFORO NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO</th> <th>q médio (l/s)</th> <th>Conc. (mg/l)</th> <th>W (kg/ano)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cálculo da carga de entrada P - Riachos:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Riacho Calção</td> <td>50.3</td> <td>0.229</td> <td>181.63</td> </tr> <tr> <td>Riacho Brenha</td> <td>55.5</td> <td>0.213</td> <td>186.40</td> </tr> <tr> <td>Riacho Canabrava</td> <td>171.5</td> <td>0.110</td> <td>297.46</td> </tr> </tbody> </table>			APORTE DE FÓSFORO NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO	q médio (l/s)	Conc. (mg/l)	W (kg/ano)	Cálculo da carga de entrada P - Riachos:				Riacho Calção	50.3	0.229	181.63	Riacho Brenha	55.5	0.213	186.40	Riacho Canabrava	171.5	0.110	297.46								
APORTE DE FÓSFORO NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO	q médio (l/s)	Conc. (mg/l)	W (kg/ano)																											
Cálculo da carga de entrada P - Riachos:																														
Riacho Calção	50.3	0.229	181.63																											
Riacho Brenha	55.5	0.213	186.40																											
Riacho Canabrava	171.5	0.110	297.46																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>SEGMENTO VOLUMÉTRICO (%)</th> <th>VOLUME (m³)</th> <th>FÓSFORO FINAL P (kg/m³)</th> <th>FÓSFORO FINAL P (mg/l)</th> <th>TEMPO (ano) PARA ATINGIR A CLASSE 2</th> <th>TEMPO (ano)</th> <th>FÓSFORO FINAL (mg/l)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.01</td> <td>295933.38</td> <td>0.006612</td> <td>6.611929</td> <td>-0.003565</td> <td>0.10</td> <td>0.151835073</td> </tr> <tr> <td>0.05</td> <td>1479666.90</td> <td>0.001325</td> <td>1.325029</td> <td>-0.019139</td> <td>0.20</td> <td>0.131220878</td> </tr> <tr> <td>0.10</td> <td>2959333.80</td> <td>0.000664</td> <td>0.664166</td> <td>-0.042320</td> <td>0.40</td> <td>0.115728439</td> </tr> </tbody> </table>			SEGMENTO VOLUMÉTRICO (%)	VOLUME (m ³)	FÓSFORO FINAL P (kg/m ³)	FÓSFORO FINAL P (mg/l)	TEMPO (ano) PARA ATINGIR A CLASSE 2	TEMPO (ano)	FÓSFORO FINAL (mg/l)	0.01	295933.38	0.006612	6.611929	-0.003565	0.10	0.151835073	0.05	1479666.90	0.001325	1.325029	-0.019139	0.20	0.131220878	0.10	2959333.80	0.000664	0.664166	-0.042320	0.40	0.115728439
SEGMENTO VOLUMÉTRICO (%)	VOLUME (m ³)	FÓSFORO FINAL P (kg/m ³)	FÓSFORO FINAL P (mg/l)	TEMPO (ano) PARA ATINGIR A CLASSE 2	TEMPO (ano)	FÓSFORO FINAL (mg/l)																								
0.01	295933.38	0.006612	6.611929	-0.003565	0.10	0.151835073																								
0.05	1479666.90	0.001325	1.325029	-0.019139	0.20	0.131220878																								
0.10	2959333.80	0.000664	0.664166	-0.042320	0.40	0.115728439																								

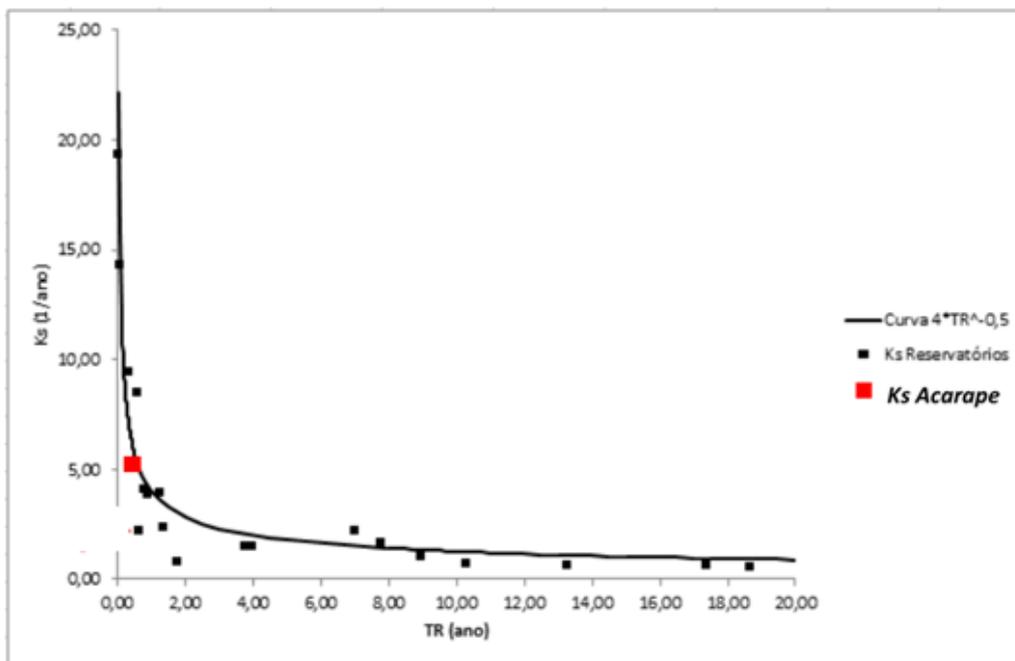
Fonte: Autor, 2016.

É necessário que se conheçam dados do reservatório, tais como, volume máximo armazenável (m³), vazão média anual liberada à jusante e no entorno do manancial (m³/ano), vazão média anual evaporada (m³/ano), e vazão média vertida (m³/ano). Com esses dados, a planilha calcula o tempo de residência ou de retenção hidráulica (ano).

O fósforo inicial (P_o), deve ser um valor medido a partir da coleta de amostra de água. No caso desta pesquisa, monitorou-se mensalmente a concentração de fósforo em cinco pontos de controle na bacia hidráulica. Entretanto, trabalhou-se apenas com o ponto ACA-09, que é o ponto de captação da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). Admitindo-se nas simulações o valor médio da concentração do fósforo total entre os meses de janeiro a junho de 2014 de 0,193 mg/l, o que equivale a 0,000193 kg/m³. A planilha QUAL-HIDROSED então calculou o coeficiente de sedimentação do fósforo (K_s), ajustado para o semiárido, conforme estudo de Toné & Neto (2014). A Figura 138, mostra que o K_s do açude Acarape do Meio ficou muito bem

representado pela nova curva de K_s , além de que esse resultado pode ser considerado uma validação para o modelo QUAL-HIDROSED. O fator λ da equação 3.26, por sua vez, foi calculado utilizando a equação de fósforo proposta por Chapra (1997).

Figura 138-Validação do modelo QUAL-HIDROSED a partir do coeficiente ajustado K_S para o açude Acarape do Meio em condições de semiárido



Fonte: Autor, 2016.

Para o cálculo da carga de entrada da planilha QUAL-HIDROSED, utilizaram-se os dados de saída de fósforo e vazão da seção Canadá, localizada imediatamente à montante do açude Acarape do Meio, obtidos na planilha QUAL-UFMG. Obteve-se uma carga de entrada no reservatório de 13,7 ton/ano de fósforo total na simulação com os dados calibrados para a quadra chuvosa de 2014.

Como na equação do fósforo de Chapra (1997), conforme Equação 3.26, tem a variável volume, a planilha QUAL-HIDROSED então simulou os valores da concentração de fósforo final (P) para diferentes volumes. Foi a partir desse detalhe que o modelo proposto pôde classificar e enquadrar o reservatório, ou seja, o enquadramento ou a manutenção da classe de uso desejada dependerá do controle da carga de fósforo que entra no reservatório e de um volume mínimo operacional.

Deste modo, o modelo proposto QUAL-HIDROSED gerou uma planilha que indica o comportamento da concentração de fósforo para diferentes condições volumétricas, a partir da determinação da carga de entrada definida pelo QUAL-UFMG. O modelo QUAL-HIDROSED analisa se a evolução de volumes possibilitaria que o

reservatório se submetesse ao processo de autodepuração e recuperação das condições de qualidade condizentes com a classe 2 da resolução CONAMA 357/05, cuja concentração máxima de fósforo é de 0,03 mg/l, como valor limite para o P_{final} .

Para as condições atuais da bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio, que produz uma carga de fósforo de 13,7 ton/ano, o reservatório não conseguirá atingir a classe 2, mesmo que o volume alcance a sua capacidade máxima. Neste caso, o que pode ser verificado é que o fator limitante está na excessiva carga de fósforo que está entrando atualmente nesse corpo hídrico (ver Figura 139).

Figura 139-Concentrações de fósforo para diferentes volumes do açude Acarape do Meio - Modelo QUAL-HIDROSED

SEGMENTO VOLUMÉTRICO (%)	VOLUME (m ³)	FÓSFORO FINAL P (kg/m ³)	FÓSFORO FINAL P (mg/l)
0.01	295933.38	0.006612	6.611929
0.05	1479666.90	0.001325	1.325029
0.10	2959333.80	0.000664	0.664166
0.15	4439000.70	0.000444	0.443879
0.20	5770700.91	0.000342	0.342208
0.25	7398334.50	0.000268	0.267649
0.30	8878001.40	0.000224	0.223591
0.35	10357668.30	0.000192	0.192122
0.40	11736929.23	0.000170	0.169933
0.45	13190173.51	0.000152	0.151574
0.50	14796669.00	0.000135	0.135476
0.55	16276335.90	0.000123	0.123461
0.60	17756002.80	0.000113	0.113448
0.65	19235669.70	0.000105	0.104975
0.70	20715336.60	0.000098	0.097713
0.75	22133099.07	0.000092	0.091665
0.80	23605688.48	0.000086	0.086153
0.85	25078277.89	0.000081	0.081288
0.90	26550867.30	0.000077	0.076963
0.95	28023456.72	0.000073	0.073092
1.00	29496046.13	0.000070	0.069608

Fonte: Autor, 2016.

A planilha da Figura 139 indica que, para a condição atual com uma entrada da carga de fósforo na ordem de 13,7 ton/ano, mesmo se o reservatório estivesse com seu volume máximo, a concentração de fósforo seria de 0,069 mg/l, portanto mais do que o dobro esperado para a classe 2.

Se a carga de fósforo na entrada do reservatório fosse reduzida em 60 % através de algum programa de efetivação, por exemplo, o açude Acarape do Meio passaria a ser classe II quando o mesmo estivesse com um volume de aproximadamente 85 %, conforme Figura 140.

Figura 140-Cenário para a concentração de fósforo no açude Acarape do Meio para uma carga de fósforo na ordem de 5,48 ton/ano

SEGMENTO VOLUMÉTRICO (%)	VOLUME (m ³)	FÓSFORO FINAL P (kg/m ³)	FÓSFORO FINAL P (mg/l)
1	315,912	0.002579	2.579033
5	1,593,350	0.000513	0.513415
10	2,950,536	0.000278	0.278444
15	4,596,398	0.000180	0.179666
20	5,920,705	0.000140	0.140058
25	7,289,184	0.000114	0.114248
30	8,881,547	0.000094	0.094228
35	10,343,765	0.000081	0.081274
40	11,843,472	0.000071	0.071310
45	13,330,952	0.000064	0.063641
50	14,792,314	0.000058	0.057609
55	16,291,394	0.000053	0.052546
60	17,750,131	0.000048	0.048441
65	19,227,328	0.000045	0.044918
70	20,704,525	0.000042	0.041897
75	22,181,722	0.000039	0.039279
80	23,658,919	0.000037	0.036988
85	25,136,116	0.000035	0.034967
90	26,613,313	0.000033	0.033169
95	28,090,510	0.000032	0.031561
100	29,593,338	0.000030	0.030089

Fonte: Autor, 2016.

No caso de uma redução da carga de fósforo em 90 %, ou seja, uma carga de entrada de fósforo de 1,37 ton/ano, o reservatório alcançaria a classe 2 já com 25 % do seu volume (Figura 141).

Figura 141-Cenário para a concentração de fósforo no açude Acarape do Meio para uma carga de fósforo na ordem de 1,37 ton/ano

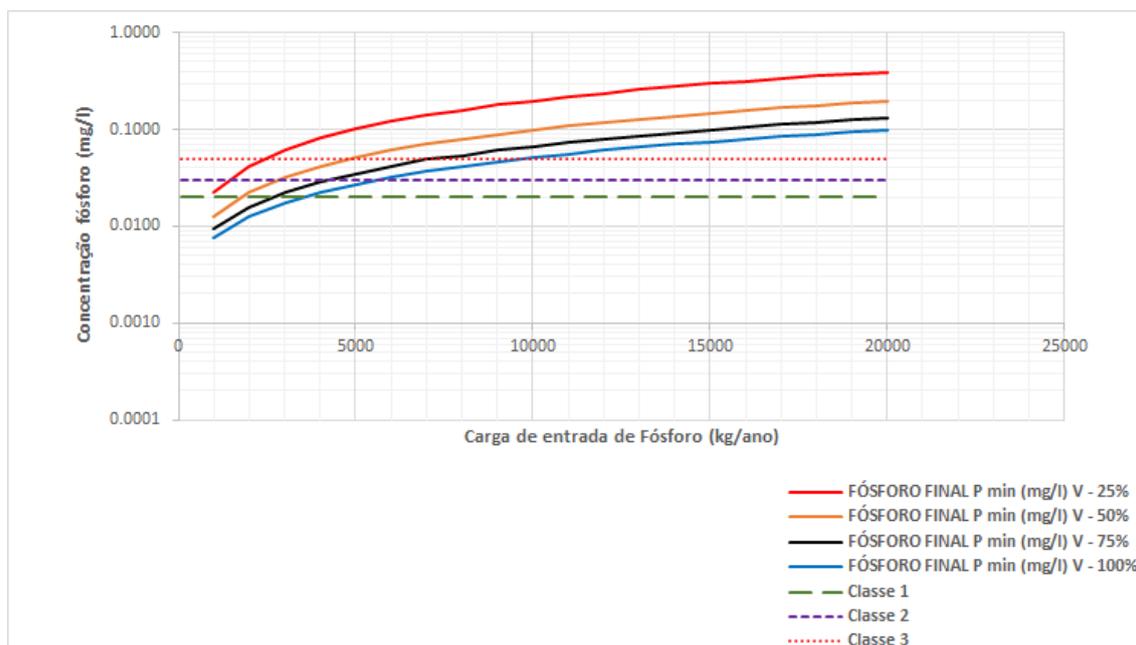
SEGMENTO VOLUMÉTRICO (%)	VOLUME (m ³)	FÓSFORO FINAL P (kg/m ³)	FÓSFORO FINAL P (mg/l)
1	315,912	0.000647	0.646697
5	1,593,350	0.000130	0.130293
10	2,950,536	0.000072	0.071550
15	4,596,398	0.000047	0.046856
20	5,920,705	0.000037	0.036954
25	7,289,184	0.000031	0.030501
30	8,881,547	0.000025	0.025496
35	10,343,765	0.000022	0.022258
40	11,843,472	0.000020	0.019767
45	13,330,952	0.000018	0.017850
50	14,792,314	0.000016	0.016342
55	16,291,394	0.000015	0.015076
60	17,750,131	0.000014	0.014049
65	19,227,328	0.000013	0.013169
70	20,704,525	0.000012	0.012414
75	22,181,722	0.000012	0.011759
80	23,658,919	0.000011	0.011186
85	25,136,116	0.000011	0.010681
90	26,613,313	0.000010	0.010231
95	28,090,510	0.000010	0.009829
100	29,593,338	0.000009	0.009462

Fonte: Autor, 2016.

Portanto a planilha QUAL-HIDROSED permite avaliar as condições necessárias para que o reservatório alcance ou mantenha a classe desejada de uso, mostrando-se uma ferramenta imprescindível para o processo de alocação de água negociada para o Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF), pois quem ditará os limites de volume alocado e liberado será agora a classe de enquadramento do corpo hídrico, como estratégia exequível de manutenção da garantia da segurança hídrica em termos de quantidade e agora de qualidade de água.

O modelo ainda gera um gráfico, conforme Figura 142, onde indica o comportamento do reservatório para diferentes volumes em relação a diferentes entradas de carga de fósforo, que vai de 0 a 20 ton/ano, de forma a correlacionar com a classificação em classes de uso do corpo hídrico de acordo com a resolução CONAMA 357/05.

Figura 142-Carga de entrada de fósforo x Concentração final no reservatório para vários volumes armazenados - Planilha QUAL-HIDROSED



Fonte: Autor, 2016.

Conforme o gráfico da figura 142, constatou-se que o açude Acarape do Meio somente alcançará a classe 2, no caso de ter pelo menos 50 % do seu volume para uma entrada máxima de carga de fósforo na ordem de 2,0 ton/ano, ou seja, quando todas as políticas públicas forem definitivamente implementadas de acordo com o programa de efetivação de metas proposto pelo processo de enquadramento, o reservatório poderá ser operado em até 50 % do seu volume de forma a manter a classe desejada do enquadramento. Para operar volumes maiores, a entrada da carga de fósforo no manancial deverá ser reduzida e minuciosamente acompanhada e fiscalizada.

Ainda fazendo uma leitura da Figura 142, sobre o gráfico do QUAL-HIDROSED, é fácil concluir que para qualquer entrada de carga de fósforo maior do que 10 ton/ano, o reservatório Acarape do Meio não conseguirá sequer atingir a classe 3 da resolução CONAMA 357/05, portanto o modelo QUAL-HIDROSED também define qual a carga máxima suportável para o reservatório, tornando-se um indicador de avaliação e acompanhamento por parte tanto da Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio, como do próprio Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF).

4.7 – Definição de cenários de qualidade de água.

Quanto à cronologia da construção dos cenários, tomou-se por base o Plano das Bacias Metropolitana (2010), onde foram definidos os indicadores e metas para curto, médio e longo prazo, mais especificamente para a questão ambiental e controle de poluição, esses mesmos indicadores e metas também foram contemplados ou fizeram parte do Plano Municipal de Saneamento Básico para os municípios de Pacoti (2013) e Palmácia (2013), mesmo ainda que esses planos estejam na sua fase preliminar.

Foi a partir desses indicadores propostos, considerados balizadores para a tomada de decisão, foi possível construir os três cenários de prognóstico de qualidade de água na bacia com base em alterações nas cargas poluidoras.

4.7.1 - CENÁRIO I – Aumento da carga de fósforo aportada no reservatório em 15% para os próximos 10 anos.

Para esse cenário admitiu-se que na seção Pacoti, a ETE 13 de maio ficasse em condições deficitárias ainda piores, decorrente da falta de investimento da CAGECE para manutenção e melhorias na citada Estação de Tratamento.

Na entrada do Riacho Salgado, onde foi executado estimativas de carga de fósforo por não ter sido implantado uma seção de controle e monitoramento, projetou-se o incremento do rebanho bovino e demais animais em 15 % assim como na área agrícola.

Para essas condições, a concentração de fósforo no Riacho Salgado na entrada do Rio Pacoti saiu dos atuais 1,176 mg/l para 1,353 mg/l. A título da estimativa da carga de fósforo produzida nessa sub-bacia, a mesma saiu de 36,98 ton/ano para 42,24 ton/ano, utilizando aquela metodologia de equações empíricas descritas no item 3.5.

Quanto à concentração de fósforo do efluente da ETE 13 de maio, foram efetuadas as modificações no modelo QUAL-UFMG, gerando como resultado um incremento do fósforo total na seção Pacoti de 2,81 mg/l para 3,23 mg/l, gerando ao final na seção Canadá uma concentração de fósforo total na entrada do reservatório na ordem de 0,64 mg/l, admitindo a mesma vazão média no rio de 1,48 m³/s.

Esses dados foram exportados automaticamente para o modelo QUAL-HIDROSED, produzindo uma carga de fósforo afluyente ao açude de 15,78 ton/ano, conforme Figura 143.

Figura 143-Simulação do cenário I - Aumento da carga de fósforo em 15% em 10 anos

SEGMENTO VOLUMÉTRICO (%)	VOLUME (m ³)	FÓSFORO FINAL P (kg/m ³)	FÓSFORO FINAL P (mg/l)
1	315,912	0.007105	7.104793
5	1,593,350	0.001411	1.410966
10	2,950,536	0.000763	0.763274
15	4,596,398	0.000491	0.490993
20	5,920,705	0.000382	0.381814
25	7,289,184	0.000311	0.310672
30	8,881,547	0.000255	0.255487
35	10,343,765	0.000220	0.219778
40	11,843,472	0.000192	0.192312
45	13,330,952	0.000171	0.171174
50	14,792,314	0.000155	0.154548
55	16,291,394	0.000141	0.140592
60	17,750,131	0.000129	0.129274
65	19,227,328	0.000120	0.119563
70	20,704,525	0.000111	0.111238
75	22,181,722	0.000104	0.104021
80	23,658,919	0.000098	0.097706
85	25,136,116	0.000092	0.092133
90	26,613,313	0.000087	0.087179
95	28,090,510	0.000083	0.082746
100	29,593,338	0.000079	0.078690

Fonte: Autor, 2016.

Nesse cenário, a concentração de fósforo final (P) no reservatório saiu de 0,069 mg/l para 0,079 mg/l, mesmo o reservatório registrando seu volume máximo armazenável, indicando forte degradação do corpo hídrico, o que irá acelerar o processo de eutrofização e antecipação da morte desse ecossistema em questão.

O diagnóstico não determinou apenas a capacidade de classificar os corpos d'água em classes de uso, mas também de propiciar um estudo de ações e intervenções na bacia hidrográfica no sentido de se alcançar as metas propostas elencadas no prognóstico.

4.7.2 - CENÁRIO II – Redução em 50% da carga de fósforo que aporta o reservatório para os próximos 10 anos (melhora na eficiência de remoção das ETE's em 50% e intervenções nas atividades agrícolas e ambientais com políticas públicas específicas.

A partir do modelo QUAL-UFMG, ajustaram-se os novos valores para a concentração de fósforo da ETE 13 de maio, que saiu dos atuais 14,78 mg/l para 7,39

mg/l, redução que deve ser atingida em um horizonte de 10 anos através de um plano de recuperação da referida ETE pela CAGECE, tornando-a, por exemplo, uma ETE de tratamento terciário. Na seção Jordão também efetuou uma redução de 50 % na concentração de fósforo daquela seção, supondo haver a implementação de um eficiente programa de capacitação rural aos produtores hortícolas daquela área, bem como redução de área em troca de benefícios como o Programa Produtores de Água da ANA (Agência de Nacional de Águas). O ponto de entrada do Riacho Salgado no Rio Pacoti também teve uma redução na concentração de fósforo, neste caso trata-se de uma sub-bacia eminentemente pecuária, desta forma deve haver alguma política pública que estimule os pecuaristas a reduzir o rebanho em troca de outra fonte de renda suplementar.

Como resultado final, a carga de fósforo que entraria no reservatório sairia de 13,7 ton/ano para 6,8 ton/ano, gerando como concentração de fósforo total na seção Canadá um valor de 0,27 mg/l, conforme Figura 144.

Figura 144-Modelo QUAL-HIDROSED para valores simulados do QUAL-UFMG para uma redução da carga de fósforo em 50%

MODELO DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA RESERVATÓRIOS MISTURA COMPLETA		
PARÂMETRO: FÓSFORO (P)		
UFC/DENA/HIDROSED - QUAL-HIDROSED		
DADOS INICIAIS DE ENTRADA	SÍMBOLO	VALOR
DADOS DO RESERVATÓRIO		
Volume (m³)	V	29,593,338
Vazão média anual de liberação (m³/ano)	Ql	3,110,400
Vazão média anual evaporada (m³/ano)	Qe	1,450,000
Vazão média anual vertida (m³/ano)	Qv	45,756,506
Tempo de Retenção Hidráulica (ano)	TR	0.59
Tempo de modelagem (ano)	t	0.59
Concentração de Fósforo inicial no reservatório (kg/m³)	Po	0.000193
Concentração de Fósforo média no reservatório (kg/m³)	Pmed	
Coefficiente de sedimentação Fósforo semiárido (ano-1)	Ks	5.2158
Fator Lâmbda	λ	6.9161
Volume médio em 30 anos (m³)	Vmed	18,000,000
Concentração Fósforo CONAMA 357/05 CLASSE 2 (kg/m³)	P(f)	0.000030
CÁLCULO DA CARGA DE ENTRADA		
Vazão do primeiro mês seção de entrada (m³/ano)	qi	1,486
Vazão média anual entrada reservatório (l/s)	qmed	0.2798
Concentração inicial simulada reservatório (mg/l)	Conci	6,872.18
Carga de entrada média no reservatório (kg/ano)	W	316.56
Carga média dos outros afluentes (kg/ano)	Wafi	
		← DADO IMPORTADO QUAL-UFMG
		← DADO IMPORTADO QUAL-UFMG
		APORTE DE FÓSFORO NO ENTRON
		Cálculo da carga de entrada P - Riacho

Fonte: Autor, 2016.

Para essa condição, o reservatório praticamente alcança a classe 2 caso permaneça sempre em volume máximo, o que seria impossível, pois desta forma estaria cerceando o direito de uso da água aos múltiplos usuários (Figura 145). Este cenário ainda é insuficiente para alcançar a classe de uso desejado pela Comissão Gestora do açude, que foi a classe 2.

Figura 145-Resultado da concentração final de fósforo no açude para a simulação do cenário II

SEGMENTO VOLUMÉTRICO (%)	VOLUME (m ³)	FÓSFORO FINAL P (kg/m ³)	FÓSFORO FINAL P (mg/l)
1	315,912	0.003093	3.093404
5	1,593,350	0.000616	0.615632
10	2,950,536	0.000334	0.333777
15	4,596,398	0.000215	0.215289
20	5,920,705	0.000168	0.167778
25	7,289,184	0.000137	0.136819
30	8,881,547	0.000113	0.112804
35	10,343,765	0.000097	0.097265
40	11,843,472	0.000085	0.085312
45	13,330,952	0.000076	0.076114
50	14,792,314	0.000069	0.068879
55	16,291,394	0.000063	0.062805
60	17,750,131	0.000058	0.057880
65	19,227,328	0.000054	0.053654
70	20,704,525	0.000050	0.050031
75	22,181,722	0.000047	0.046891
80	23,658,919	0.000044	0.044143
85	25,136,116	0.000042	0.041718
90	26,613,313	0.000040	0.039562
95	28,090,510	0.000038	0.037633
100	29,593,338	0.000036	0.035868

Fonte: Autor, 2016.

4.7.3 - CENÁRIO III – Redução da carga de fósforo que aporta o reservatório em 85% para os próximos 20 anos. Implementação de ETE's terciárias com adoção de políticas públicas específicas.

Para o alcance das metas desse cenário, torna-se imprescindível que as ETE's possam ser do tipo terciária, além de adoção de políticas públicas específicas, que possam auxiliar no alcance das metas. Ações como a implementação de fossas verdes em substituição aos atuais modelos de esgotamento sanitário na zona rural, proporcionarão uma substancial remoção de nutrientes que chegam hoje aos rios e riachos. Para as atividades de pecuária e agricultura, a Comissão Gestora do açude Acarape do Meio, definiu a implementação do Programa "Produtores de Água" no sentido de proteger as nascentes, recuperar as áreas degradadas através do plantio de mudas nativas e substituir parte da atividade pecuária ou implementar a tecnologia de biodigestores com o intuito de reter até 85% dos dejetos animais, além de utilizar a adubação orgânica na agricultura.

No caso da atividade pecuária, que se mostrou como uma das mais danosas na sub-bacia do Riacho Salgado, a implementação daquela tecnologia de biodigestores, poderia reduzir significativamente a disponibilidade dos dejetos animais para o meio ambiente, em especial os dejetos bovinos e avícolas, o que possibilitaria a não redução do rebanho.

Essas são metas passíveis de serem atendidas e executadas pelo poder público, pois no dia 20 de junho de 2016 o Governo do Estado do Ceará sancionou a política estadual de resíduos sólidos, juntamente com a política estadual de abastecimento de água e esgotamento sanitário e a política de reuso de água, tendo como meta a implementação de coleta seletiva para 92 municípios e a extinção de 280 lixões num prazo de 20 anos.

Com este plano de governo a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), poderá nesse mesmo prazo de 20 anos tornar as ETE's localizadas na bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio do tipo terciária, com capacidade de remoção em até 85%, de forma a atender as exigências legais no âmbito federal, no caso da resolução CONAMA 430/2011, que trata das condições de lançamento de efluentes, bem como as exigências legais no âmbito estadual, no caso a portaria da SEMACE 154 de 2002. Toda essa legislação específica para emissão de efluentes líquidos foi discutida nessa pesquisa e objeto de estudo pelo GT de Enquadramento na fase da participação social no processo inovador de enquadramento de corpos d'água.

Da mesma forma como foi procedido para os cenários I e II, as concentrações de fósforo nas fontes poluidoras foram reduzidas em 85% e rodado o modelo QUAL-UFGM para gerar os dados de concentração de fósforo total na entrada do açude Acarape do Meio e que serviram para a simulação da modelagem do QUAL-HIDROSED (Figura 146).

Figura 146-Simulação do QUAL-HIDROSED para o cenário III, a partir da simulação do QUAL-UFGM

MODELO DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA RESERVATÓRIOS MISTURA COMPLETA		
PARÂMETRO: FÓSFORO (P)		
UFC/DENA/HIDROSED - QUAL-HIDROSED		
DADOS INICIAIS DE ENTRADA	SÍMBOLO	VALOR
DADOS DO RESERVATÓRIO		
Volume (m³)	V	29,593,338
Vazão média anual de liberação (m³/ano)	Ql	3,110,400
Vazão média anual evaporada (m³/ano)	Qe	1,450,000
Vazão média anual vertida (m³/ano)	Qv	45,756,506
Tempo de Retenção Hidráulica (ano)	TR	0.59
Tempo de modelagem (ano)	t	0.59
Concentração de Fósforo inicial no reservatório (kg/m³)	Po	0.000193
Concentração de Fósforo média no reservatório (kg/m³)	Pmed	
Coefficiente de sedimentação Fósforo semiárido (ano-1)	Ks	5.2158
Fator Lâmbida	λ	6.9161
Volume médio em 30 anos (m³)	Vmed	18,000,000
Concentração Fósforo CONAMA 357/05 CLASSE 2 (kg/m³)	P(f)	0.000030
CÁLCULO DA CARGA DE ENTRADA		
Vazão do primeiro mês seção de entrada (m³/ano)	qi	
Vazão média anual entrada reservatório (l/s)	qmed	1,486
Concentração inicial simulada reservatório (mg/l)	Conci	0.0843
Carga de entrada média no reservatório (kg/ano)	W	2,069.49
Carga média dos outros afluentes (kg/ano)	Wafi	95.27
		← DADO IMPORTADO QUAL-UFGM
		← DADO IMPORTADO QUAL-UFGM
		APORTE DE FÓSFORO NO ENTORNO D
		Cálculo da carga de entrada P - Riachos:

Fonte: Autor, 2016.

No cenário III a carga de fósforo que chegaria ao reservatório é de apenas 2,0 ton/ano, portanto bem inferior às 13,7 ton/ano que aporta atualmente.

Esse valor só será praticável se todas as ações predefinidas para o cenário III forem efetivamente implementadas num período de 20 anos. A título de fixar metas intermediárias, as implantações das fossas verdes em todas as residências rurais que apresentam emissão de esgoto bruto e fossa rudimentar, devem estar concluídas em até 10 anos. Quanto ao programa Produtores de Água, os gestores dos municípios de Mulungu, Guaramiranga, Pacoti, Palmácia e Redenção devem implementar esse programa junto à ANA e em parceria com o CBH-RMF em até cinco anos. A atividade de extensão rural por parte da EMATERCE, de forma a estimular melhores práticas agropecuárias, tais como cultivo em curva de nível, uso de adubação verde e defensivos orgânicos, bem como respeitando o receituário agrônômico quando se fizer necessário e aplicação de lâmina de irrigação na quantidade e no tempo certo, bem como a adoção de instalação de biodigestores nas propriedades rurais, devem fazer parte de uma rotina em até cinco anos.

As concentrações de fósforo nas seções de controle e monitoramento devem mostrar uma redução na ordem 5 a 10% a cada dois anos, até alcançar os 85% ao final dos 20 anos.

Com essa simulação, o açude Acarape do Meio alcançaria a classe 2 já para um volume armazenável de 30%. Portanto esse é o melhor cenário e o mais factível para que o reservatório atinja a classe de uso desejada pela proposta da Comissão Gestora daquele açude. Nesse cenário, o açude pode disponibilizar até 70 % de seu volume para atendimento dos múltiplos usos sem sair da classe de enquadramento (Figura 147). Conseqüentemente, o processo de alocação de água terá agora como fator de regra e limitante não mais a vazão regularizável de 90 %, mas o volume de até 70 %, valendo inclusive para a emissão de outorgas para essa fonte hídrica, possibilitando assim um novo conceito para volume de alerta.

Figura 147-Simulação do cenário III com entrada de fósforo em 2,0 ton/ano - Modelo QUAL-HIDROSED

SEGMENTO VOLUMÉTRICO (%)	VOLUME (m ³)	FÓSFORO FINAL P (kg/m ³)	FÓSFORO FINAL P (mg/l)
1	315,912	0.000934	0.933633
5	1,593,350	0.000187	0.187416
10	2,950,536	0.000103	0.102531
15	4,596,398	0.000067	0.066847
20	5,920,705	0.000053	0.052538
25	7,289,184	0.000043	0.043215
30	8,881,547	0.000036	0.035982
35	10,343,765	0.000031	0.031302
40	11,843,472	0.000028	0.027703
45	13,330,952	0.000025	0.024933
50	14,792,314	0.000023	0.022754
55	16,291,394	0.000021	0.020925
60	17,750,131	0.000019	0.019441
65	19,227,328	0.000018	0.018169
70	20,704,525	0.000017	0.017077
75	22,181,722	0.000016	0.016132
80	23,658,919	0.000015	0.015304
85	25,136,116	0.000015	0.014574
90	26,613,313	0.000014	0.013924
95	28,090,510	0.000013	0.013343
100	29,593,338	0.000013	0.012812

Fonte: Autor, 2016.

Foi a partir da construção desse cenário que foi apresentada a minuta de resolução para enquadramento dos corpos d'água na bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio (Anexo C), enaltecendo principalmente o enquadramento do primeiro reservatório no semiárido a partir de uma metodologia própria e que foi substancialmente entendida e aprovada pela

plenária do Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza, em uma reunião que ficou para a história da gestão dos recursos hídricos do Estado do Ceará como um divisor de águas na questão do enquadramento de corpos d'água.

4.8 – Correlação com o Estado Trófico do reservatório.

Primeiramente calculou-se o índice de estado trófico, a partir da equação 3.27, para os limites de concentração de fósforo propostos pela resolução CONAMA 357/2005 que trata do enquadramento dos corpos d'água. O que pode ser observado é que o limite superior (30 mg/m^3) para a classe 2 fica bem próximo também do limite superior para a classificação de oligotrófico ($26,5 \text{ mg/m}^3$) de Toledo Jr. et al (1983). Para a classe 3 a mesma se concentra quase que exatamente entre os limites de oligotrófico e mesotrófico.

Isto posto, fica claro analisar a situação do reservatório a partir da concentração de fósforo (mg/m^3), sabendo que o limite para a classe 2, conforme resolução CONAMA 357/2005 é de 30 mg/m^3 , para classe 3 é de até 50 mg/m^3 , e para qualquer valor que ultrapasse os 50 mg/m^3 a referida resolução enquadra o corpo hídrico como classe 4, cujo único uso é voltado apenas para navegação e harmonia paisagística.

O reservatório Acarape do Meio apresenta uma entrada de carga de fósforo atualmente em $13,7 \text{ ton/ano}$, segundo o modelo QUAL-UFGM, o que proporcionou uma concentração de fósforo na bacia hidráulica de $0,193 \text{ mg/l}$ ou 193 mg/m^3 , portanto muito acima dos 30 mg/m^3 estabelecido como limite máximo para a classe 2, conforme resolução CONAMA 357/2005. O IET nestas condições, de acordo com a classificação de Toledo Jr. et al (1983) e a Figura 50, ficou como eutrófico.

Para o cenário I da simulação, discutido no item 4.7.1, onde admitiu-se crescimento populacional e animal com permanência das Estações de Tratamento de Esgotos em seu estado deficitário e sem qualquer investimento ou recuperação por parte do poder público responsável, o reservatório teria uma concentração de fósforo de 219 mg/m^3 para o mesmo volume equivalente de hoje, portanto numa situação de eutrofização bem mais avançada, atingindo o limite para hipereutrófico.

Para o cenário II, conforme discorrido no item 4.7.2, onde projetou-se redução da carga de fósforo que adentra ao reservatório em 50%, o IET no açude Acarape

do Meio para o mesmo volume de hoje seria de 63, o que equivale a uma concentração de fósforo no reservatório de 97 mg/m³, ou seja, ainda dentro da classe de eutrófico, mas se considerarmos o volume máximo do reservatório ele alcançaria a condição de mesotrófico com 34 mg/m³ de fósforo na bacia hidráulica do manancial Acarape do Meio.

O cenário III, amplamente tratado no item 4.7.3, foi a melhor situação de regaste da sustentabilidade e equilíbrio daquela bacia hidrográfica, cenário este que foi escolhido como meta a ser alcançado em 20 anos e aprovado em plenária no CBH-RMF no dia de junho da 2016. Para esta condição, a concentração de fósforo no açude seria de 31 mg/m³ para o mesmo volume de hoje, portanto o reservatório seria classificado como mesotrófico para a classificação de Toledo Jr. et al (1983).

5 - CONCLUSÃO

I – Quanto ao enquadramento participativo, a criação de um Grupo de Trabalho (GT) como sendo um braço do Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza, se comportou muito bem no processo de condução e avaliação do diagnóstico, prognóstico e no procedimento de classificação e enquadramento de corpos hídricos no semiárido, pois foi capaz de alimentar a Comissão Gestora com informações precisas que possibilitaram a construção de uma proposta de enquadramento que atendeu aos anseios da sociedade civil organizada da sub-bacia do açude Acarape do Meio;

II – O GT de enquadramento ao demonstrar consistência e credibilidade no processo de discussão de enquadramento, levou o Governo do Estado do Ceará a utilizar esse fórum para a produção de uma minuta de lei a ser votada pela Assembleia Legislativa do Ceará, que dispõe sobre áreas de proteção e recuperação de mananciais da Região das Bacias Metropolitanas, Salgado e Acaraú, como parte do Programa do Banco Mundial PforR;

III – A formulação da proposta de enquadramento pela Comissão Gestora do açude Acarape do Meio foi a estratégia mais propícia para se trabalhar a fase de construção da proposta a ser encaminhada ao Comitê de Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza, do que as consultas públicas sugeridas pela resolução CNRH nº 91/2008, além do fato de que a citada Comissão Gestora dará continuidade ao processo quando do acompanhamento e fiscalização do programa de efetivação das metas;

IV – O parâmetro fósforo mostrou-se um bom indicador das alterações de qualidade de água do Açude Acarape do Meio em virtude das ações antrópicas na bacia e foi escolhido como elemento central da proposta de enquadramento de um reservatório no semiárido a partir da modelagem usando o QUAL-HIDROSED. Para estudos posteriores, recomenda-se, entretanto, a análise de outros parâmetros de qualidade e modelagem específica de mistura completa em reservatórios;

V – De acordo com os dados de qualidade de água nas seções de monitoramento ao longo do Rio Pacoti e dos Riachos, e nos pontos de controle na bacia hidráulica do Açude Acarape do Meio, com exceção feita à nascente do Rio Pacoti que foi classificado como

classe 2, todo o resto do trecho do Rio Pacoti e seus Riachos, além da bacia hidráulica do referido açude, foram classificados como classe 4;

VI – A aprovação da proposta de enquadramento dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio pelo Comitê da Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF), foi um indicativo do êxito da metodologia apresentada por esta pesquisa, bem como o encaminhamento da primeira minuta de resolução de enquadramento de corpos d'água, em especial de reservatório no semiárido a ser apreciada pelo CONERH (Conselho de Recursos Hídricos do Ceará);

VII – O modelo QUAL-UFGM se mostrou prático, eficiente e interativo, resultando em boa calibração e alcançando bons coeficientes Nash e Sutcliffe para OD, DBO, Fósforo e Coliformes Termotolerantes, com valores de 0,56, 0,93, 0,8 e 0,78 respectivamente;

VIII – A disponibilização de um modelo simples e pragmático, denominado de QUAL-HIDROSED produzido por esta pesquisa, se mostrou eficiente e uma importante ferramenta para auxiliar o processo de enquadramento de reservatórios no semiárido, a acoplagem com o modelo QUAL-UFGM resultou em um sistema de modelos integrado que possibilita uma análise continuada da qualidade de água deste a nascente dos rios até o reservatório localizado no exutório da bacia;

IX – O modelo integrado QUAL-UFGM/QUAL-HIDROSED não só contribuiu com o processo classificatório e de enquadramento de açudes no semiárido e no nordeste brasileiro, como apresentou uma nova maneira de se conduzir o sistema de alocação de água negociada, ao trabalhar um novo conceito de volume de alerta baseado no volume mínimo operacional em função de uma carga de entrada máxima de fósforo no açude. Essa nova metodologia vai gerar alternativa no modelo de alocação de água negociada conduzido pela COGERH, pois o volume alocado e outorgado estará em função do volume máximo operacional que poderá ser alocado, desde que atenda a condição de manutenção da classe de enquadramento sugerida pelo CBH-RMF, o que garantirá não somente a segurança hídrica no seu aspecto quantitativo, mas principalmente no seu aspecto qualitativo.;

X – Por fim, este estudo apresenta uma proposta metodológica arrojada, eficiente e prática para a região semiárida do Nordeste do Brasil, tanto para o gestor público dos recursos hídricos como para os comitês de bacias hidrográficas, ente do processo democrático da gestão dos recursos hídricos, assegurando uma ampla participação social no processo decisório de enquadramento de corpos hídricos.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMMANN, S.B. Participação social. São Paulo: Editora Cortez & Moraes, 133 p. 1980.

ANA. Agência Nacional de Águas. Caderno de Recursos Hídricos 6. Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas. Brasília – DF. 2009.

ANA. Agência Nacional de Águas. Caderno de Capacitação em Recursos Hídricos vol.06. Outorga de direito de uso de recursos hídricos. Brasília – DF. 2011.

ANDRADE, F. P. P. *Diagnóstico do Uso de Fertilizantes para o Incremento da Produtividade Agrícola no Ceará*. Governo do Estado do Ceará. Secretarias de Indústria e Comércio (SIC), Agricultura e Reforma Agrária (SEARA) e Planejamento e Coordenação (SEPLAN) - Fortaleza, 1991.

ANDRADE, L. N. de. Modelo de otimização multiobjectivo para outorga de diluição de efluentes e enquadramento de corpos d'água. Dissertação de Doutorado. Universidade Federal do Espírito Santo. 2012.

ANDRADE, P.R.G.de. Enquadramento de corpos de água e estudo de impacto ambiental: vinculações com o planejamento de recursos hídricos. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2011.

ANI, E.; WALLIS, S.; KRASLAWSKI, A.; AGACHI, P. S. Development, calibration and evaluation of two mathematical models for pollutant transport in a small river. *Environmental modeling & software*. v. 24, n. 1, out. 2009.

ANNE, I.; FIDALGO, M.L. Diferenciação do funcionamento de dois ecossistemas aquáticos através do uso da análise dos componentes principais. In: CONGRESSO IBÉRICO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA ÁGUA, Porto, 2000.

ARAÚJO, S. M. S. de. A região semiárida do nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. Paraíba. *Revista Científica da FASETE*. Ano 5. n. 5. p. 91-98. dez. 2011.

ARCE. Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado do Ceará. Relatório de Fiscalização RF/CSB/066/2014 – Verificação do cumprimento dos planos municipais de saneamento básico. Fortaleza. P. 108. 2014.

BINOTTO, D. Proposta de enquadramento para a bacia hidrográfica do arroio Jacutinga, município de Ivorá-RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. 2012.

BRANCO, S. M. A água e o homem. Hidrologia ambiental. São Paulo. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. ABRH. V.3. 1991.

BORDENAVE, J.E.D. O que é participação. Coleção Primeiros Passos. Ed. Brasiliense, São Paulo, 1994.

BOYD, C. E. *The limnological role of aquatic macrophytes and their relationship to reservoir management*. Washington American Fisheries Society Special Publication 8: 153-166p. 1971.

BRASIL. Ministério da Agricultura / Ministério do Interior. *Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Ceará*. Recife, 502p. (Boletim Técnico, 28; Série Pedologia, 16). 1973.

BRITES, A. P. Z. Enquadramento dos corpos d'água através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica. Dissertação de doutorado. Universidade de São Paulo. 2010.

CANTELMO, O. A. Nutrição de peixe e aqüicultura. In: HERNANDEZ, A. (Ed.) *Cultivo de colossoma*. Bogotá: Guadalupe, p.86-95. 1989.

CASAGRANDE, C. A.; MOURA, J. M. S.; TOLEDO, A. M. A.; ANTUNES, P. M.; LUCAS, A. A. T.; PINAZZA, E. Efeitos naturais e antrópicos nas alterações dos teores de oxigênio dissolvido: uma comparação entre as bacias do Rio Amazonas e Piracicaba. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH*. v.11, n. 4, out/dez. 2006.

CASTAGNINO, W. A. *Investigación de modelos simplificados de eutroficación en lagos tropicales*. Reporte técnico. WHO (Organización Mundial de la Salud), OPS (Organización Panamericana de la Salud), CEPIS (Centro de Estudios Panamericanos de Ingeniería y Ciencias Ambientales). Lima, Perú, 27 p. 1982.

CHACON, S. S. O sertanejo e o caminho das águas – Políticas públicas, modernidade e sustentabilidade no semiárido. Série BNB Teses e Dissertações nº 8. Fortaleza: Banco do Nordeste. 2007.

CHAPRA, S. C. *Surface Water-Quality Modelling*. USA: McGraw – Hill, 1997.

CUNHA, C. de L. da N. & FERREIRA, A. P. Contribuições para o desenvolvimento da capacidade de previsão de um modelo de qualidade de água. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH*. V. 11, n. 2, abr/jun. 2006.

CHRISTOFODIS, M. O enquadramento participativo de corpos d'água como instrumento da gestão de recursos hídricos com aplicação na bacia do Rio Cubatão Sul – SC. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. 2006.

DINIZ, L. T., Efetivação das metas de qualidade de águas superficiais no Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2006.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*, - Brasília: EMBRAPA produção de informação: Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS. 1999.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 2º ed., Editora Interciência, Rio de Janeiro, 602 p. 1998.

FAN, C.; KO, CHUN-HAN.; WANG, WEI-SHEN. An innovative modeling approach using QUAL2E and HEC-RAS integration to assess the impact of tidal effect on river water quality simulation. *Journal of Environmental Management*, v. 90, n. 5, abr. 2009.

FERRER, J.; PEREZ-MARTIN, M. A.; JIMENDEZ, s.; TEODORO, T.; ANDREU, J. GIS – based models for water quantity and quality assessment in the Jucar river basin,

Spain, including climate change effects. *Science of the total environment*. v. 448, n. 1, mar. 2012.

FLECK, L.; TAVARES, M. H. F.; EYNG, E. Especificidades e importância de modelos matemáticos de qualidade da água. *Revista EIXO*. Brasília, DF. v.2, n. 1, jan-jun 2013.

FURTADO, C. M. *Caracterização limnológica e avaliação da qualidade da água de um trecho urbano do Rio Acre, Rio Branco-Ac, Brasil*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Acre, Rio Branco-Ac, 2005.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2014). *Produção Pecuária e Agrícola Municipal*. (IBGE), Rio de Janeiro. Disponível no site: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=73&z=t&o=20>.

GALLINDA, K. L. Enquadramento de corpos d'água em pequenas e microbacias hidrográficas rurais de base agrícola familiar: subsídios à elaboração da fase de diagnóstico. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. 2014.

GONÇALVES, M. do S. Experiência de gestão participativa no enquadramento de corpos d'água no semiárido. Estudo de caso Rio Salitre – BA. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. 2008.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO NORTE *Vol. 1 - Diagnóstico* In: Plano de Desenvolvimento Sustentável do Seridó. Caicó-RN, 315 p. 2004.

HUSSAR, G. J.; PARADELA, A. L.; SAKAMOTO, Y.; JONAS, T.C.; ABRAMO, A. L. *Aplicação da água de escoamento de tanque de piscicultura na irrigação da alface: aspectos nutricionais*. *Revista Ecosistema*, v.27, n.1,2, p.49-52. 2002.

IPLANCE (2001). *Anuário Estatístico do Ceará*. Fortaleza, CD-ROM.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2000). *Censo Demográfico 2000* (IBGE), Rio de Janeiro. Disponível no site: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=1437>

JACOBI, P. R. & BARBI, F. Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. Florianópolis. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/rk/v10n2>

JACOMINE, P.K.T. *et al* Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife, 2v. 830p. (DPP, Boletim Técnico, 28. SUDENE, Série Pedologia, 16). 1973.

JUNK, W. J., MELLO, J. A. S. N. de. *Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na Bacia Amazônica Brasileira*. In: G. Kohlhepp & A. Schrader (eds.) *Homem e Natureza na Amazônia*. Tübinger Geographische Studien 95 (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerika-Forschung 3). Geographisches Institut, Universität Tübingen, Tübingen, Alemanha. 507 p. 1987.

LACERDA, L. D. de; SENA, D. L. de. *Estimativas de Cargas de Nitrogênio, Fósforo e Metais Pesados de Interesse Ambiental para as Bacias Inferiores do Litoral do Estado do Ceará*. In: Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará. SEMACE, Fortaleza, 62 p. 2005.

LARENTIS, D. G. Modelagem matemática da qualidade da água em grandes bacias: sistema Taquari-Antas – RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2004.

LEÃO, M. I.; GREHS, S. Águas subterrâneas. In: Programa Nacional do Meio Ambiente 1997 Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP). Brasília. 1997.

LEITE, E. B. Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando um modelo de qualidade da água, SisBAHIA. Dissertação de Mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro. 2004.

LIMA, F. F de., Estado trófico do Açude Acarape do Meio com prognóstico usando modelagem matemática. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará. 2007.

MACEDO, M. F. de. Avaliação do sistema de monitoramento de recursos hídricos e da viabilidade técnica, legal e econômica da aplicação da resolução CONAMA 357/2005

para a sub-bacia do Ribeirão das Cruzes (Araraquara-SP). Dissertação de Mestrado. Universidade de Araraquara. 2007.

MALAVOLTA, E.; DANTAS, J. P. *Nutrição e adubação do milho*. In: Paterniani, E. (ed.). *Melhoramento e Produção do Milho no Brasil*. 2º ed., Fundação Cargill, São Paulo, p: 429-479. 1980.

MAMEDE, G.L. *Reservoir sedimentation in dryland catchments: modelling and management*. Univesity of Potsdam. Germany. Dissertation for the degree of Doctor in natural sciences. 2008.

METCALF, L. & EDDY, H. P. *Tratamiento y depuración de las aguas residuales*. Barcelona. Labor. 1981.

MOLLE, F., *Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes*. Série Brasil. SUDENE. Hidrologia. Recife. Série 25, p. 11 a 70. 1989.

MORIASI, D.; ARNOLD, J. G.; LIEW, M. W. V.; BINGER, R. L.; HARMEL, R. D. & VEITH, T. *Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations*. Transactions of the ASABAE, 50:885 – 900, 2007.

MINSTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, *Relatório final do grupo de trabalho interministerial para redelimitação do semiárido nordestino e do polígono das secas*. Brasília, 118 p. 2005.

MUNDIM, R. A. Di L., *Fatores intervenientes no processo de enquadramento: o caso da bacia hidrográfica do Rio Verde – MG*. Dissertação de Mestrado. 2011.

NEVES, F. F.; SILVA, F. G. B.; CRESTANA, S. *Uso do modelo AVSWAT na avaliação do aporte de nitrogênio (N) e fósforo (P) aos mananciais de uma microbacia hidrográfica contendo atividade avícola*. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, V. 11, No. 4, out-dez 2006.

NOGUEIRA, S. F. *Balanço de nutrientes e avaliação de parâmetros biogeoquímicos em áreas alagadas construídas para o tratamento de esgoto*. Dissertação (mestrado) Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Piracicaba, 137p. 2003.

NUNES, A. J. P. *Tratamento de efluentes e recirculação de água na engorda de camarão marinho*. Revista Panorama da Aqüicultura. Rio de Janeiro, v. 12, n.71, p.27-39. 1998.

OLIVEIRA FILHO, A. A. de. *Modelagem da qualidade da água do Rio Poti*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE. 2014.

OPPA, L. F. *Utilização de modelo matemático de qualidade da água para análise de alternativas de enquadramento do Rio Vacaraí Mirim*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. 2007.

PAULA, L. M. de. *Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Rio Jordão, Araguari-MG*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais 2011.

PACHECO, C. H. A. *Dinâmica espacial e temporal de variáveis limnológicas e sua influência sobre as cianobactérias em um reservatório eutrofizado: açude Acarape do Meio – CE*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba. 2009.

PEIXOTO, M. S. *Análise da relação espaço-temporal do uso e ocupação do solo com a qualidade da água na bacia do açude Acarape do Meio*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará. 2014.

PESSOA, Z. B. *Efetivação do enquadramento de corpos d'água para fins de consumo humano em regiões semiáridas: avaliação conforme resolução CONAMA 357/05 e portaria MS 2914/2011*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. 2013.

PIMENTEL, M. F. *Análise estatística de dados do monitoramento da qualidade das águas do rio Ipojuca e do reservatório Tapacurá*. In: Programa Nacional do Meio Ambiente II 2003 Projeto: Monitoramento da qualidade da água como instrumento de

controle ambiental e gestão dos recursos hídricos no estado do Pernambuco. Recife, 80p. 2003.

PIMPAN, P.; JINDAL, R. Mathematical modeling of cadmium removal in free water surface constructed wetlands. *Journal of Hazardous Materials*. V. 163. n. 2-5, abr. 2009.

PINHEIRO, R.B. Outorga para lançamento de efluentes em cursos d'água – uma metodologia de apoio à gestão de recursos hídricos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2010.

PORTO, M.; TUCCI, C. M. Planos de recursos hídricos e as avaliações ambientais. *Revista de Gestion del Agua de America Latina*. REGA. ABRH. v.6. n. 2. Jul/dez., 2009.

RIBEIRO, I. V. A. de S. Estudo do estado trófico do reservatório Acarape do Meio mediante a determinação de indicadores de qualidade de água. Dissertação de doutorado. Universidade Federal do Ceará. 2007.

ROSA, L. P. (coordenador). *Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros*. ELETROBRÁS, Rio de Janeiro. 2002.

SABIÁ, R. J. Estudo do padrão de emissão de poluentes para o enquadramento de rios intermitentes: estudo de caso do Rio Salgado – CE. Dissertação de doutorado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza – CE. 2008.

SALAS, H.; MARTINO, P. *Asimplified phosphorus trophic state model for warm water tropical lakes*. *Wat. Res.*, v.25, n.3, p.341-350. 1991.

SANTILLI, J. A proteção legal aos conhecimentos tradicionais associados à biodiversidade. *Biodiversidade e Propriedade Intelectual*. 2001.

SEFFRIN, G. F. F. Simulação atual e previsão futura da qualidade da água do rio Ibicuí utilizando o modelo QUAL2E. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. 2001.

SILVA, A. M. *et al* (2003). *Erosão e Hidrosedimentologia em Bacias Hidrográficas*. São Carlos: RiMa, 2003.

SILVA, P.M.O.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M. & COELHO, G. Modelagem da hidrologia de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. R. Bras. Eng. Agric. Amb., 12: 258 – 265, 2008.

SILVA, U. P. A.da. Análise da importância da gestão participativa dos recursos hídricos no Ceará: Um estudo de caso. Tese de mestrado, Universidade Federal do Ceará, 2004.

SILVEIRA, I. M. O. & PATCHINEELAM, S.R. Formas de fósforo na plataforma continental do Rio Amazonas. Anais do III Congresso Brasileiro de Geoquímica. 1991.

SONG, T.; KIM, K. Development of water quality loading index based on water quality modeling. Journal of Environmental Management. v. 90, n. 3. Mar. 2008.

SOUZA, E. O. *Contabilização das emissões líquidas de gases de efeito estufa de hidrelétricas: uma análise comparativa entre ambientes naturais e reservatórios hidrelétricos*. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, M.P. A cobrança e a água como bem comum. Revista Brasileira de Engenharia, v. 13, 1995.

SOUSA, D. C. B. de. Utilização de lógica fuzzy e sensoriamento remoto no monitoramento do uso do solo: estudo de caso da bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE. 2014.

STREETER, H. W. & PHELPS, E. B. A study of pollution and natural purification of the Ohio river. Vol III, Public Health Bulletin, n. 146. U.S. Public Health Service. 1925.

SUCUPIRA, P. A. P. & PAULINO, W.D. Metodologia de Cálculo de Inventário Ambiental, 2007.

TEODORO, A.; IDE, C. N.; RIBEIRO, M.L.; BROCH, S. A. O.; SILVA, J. B. da. Implementação do conceito capacidade de diluição de efluentes no modelo de qualidade da água QUAL-UFMG: estudo de caso no Rio Taquarazinho (MS). *Revista Eng. San. Ambiental*. v. 18, n. 3. Jul/set 2013.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa ação*. São Paulo. Editora Cortez. 14^o edição. 2005.

TOLEDO Jr., A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, F.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. Camburiú. *Anais do 12^o Congresso de Engenharia Sanitária Ambiental*. 1983.

TONÉ, A. J. de A. & LIMA NETO, I. E. Modelagem de fósforo em açudes no semiárido cearense. *Artigo científico*. 2014.

TROELL, M. *et al. Integrated marine cultivation of Gracilaria chilensis (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. Aquaculture*, Amsterdam, v. 156, p. 4561. 1997.

TUNDISI, J. G. *Água no século XXI: Enfrentando a escassez*. São Carlos: RiMa/IIE, 2003.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. *Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará*. Fortaleza, 248p. 1993.

VOLLENWEIDER, R. A. *Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication*. OECD, Paris, 192p. 1968.

VOLLENWEIDER, R. A. *Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication*. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 33: 53-83. 1976.

VON SPERLING, M. *Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. 5º ed., Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte, 243 p. 2003.

VON SPERLING, M. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. 2º ed., Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte, 588 p. 2007.

WETZEL, R. G. *Limnology*. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1975.

WESTHEIMER, F. H. Why nature chose phosphates. *Science*. 1987.

WORLD BANK. *World development report 1992: development and the environment*. Washington, D.C. 1992.

ZAAPA, M. Multiple-response verification of a distributed hydrological model at different spatial scales. Thesis (Ph.D. in Natural Science). Swiss Federal Institute of Technology. 2002.

ZHANG, H. G.; FU, S. H.; FANG, W. H.; IMURA, H. & ZHANG, X. C. Potential effects of climate change on runoff in the Yellow River basin of China. *Transactions of the ASABAE*, 50: 911 – 918, 2007.

ZUMACH, R. Enquadramento de curso d'água: Rio Itajaí-Açu e seus principais afluentes em Blumenau. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 133p. 2003.

ANEXO A – MINUTA DE RESOLUÇÃO DE
ENQUADRAMENTO



Minuta de Resolução

Dispõe sobre Enquadramento das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Açude Acarape do Meio.

O CONSELHO DOS RECURSO HÍDRICOS DO CEARÁ, no uso de suas atribuições conferidas pela Lei Estadual nº 14.844, de 28 de dezembro de 2010 e o decreto nº 31.076, de 12 de dezembro de 2012, e

Considerando que os Comitês têm entre suas atribuições submeter ao Conselho dos Recursos Hídricos do Ceará proposta de Enquadramento dos corpos d'água, de acordo com o inciso IX, do artigo 46, da Lei 14.844/2010;

Considerando que entre as atribuições do Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF), cabe ao mesmo discutir e selecionar alternativas de enquadramento dos corpos d'água da bacia hidrográfica, proposto conforme procedimentos estabelecidos na legislação pertinente, de acordo com o inciso IV, do artigo 2º, do decreto nº 26.902, de 16 de janeiro de 2003;

Considerando que esses procedimentos observaram as Resoluções nº 91/2008 do CNRH e nº 357/2005 do CONAMA e foram acompanhadas pela Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio, órgão colegiado do Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza;

Considerando os atuais procedimentos sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes previstos na Resolução nº 430/2011 do CONAMA que complementou e alterou a Resolução nº 357/2005 do CONAMA e a portaria nº 154/2002 da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará;

RESOLVE:

Art. 1º - Aprovar o enquadramento do Rio Pacoti, no seu trecho que vai desde sua nascente até a entrada do açude Acarape do Meio, os Riachos Canabrava, Calção e Brenha, e o reservatório Acarape do Meio na bacia homônima, conforme deliberado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza, 22 de junho de 2016, e ratificado em xx de xxxxxxxx de 2016, como segue:

Parágrafo único - Os trechos de Rio e Riachos citados no caput da referida resolução, bem como o Açude Acarape do Meio foram enquadrados como classe 2, conforme resolução CONAMA 357/05.

Art. 2º - Conforme decisão do Comitê de Bacia Hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza, ficam estabelecidas as seguintes metas intermediárias de Enquadramento:

I – para um horizonte de 10 anos, as metas de qualidade a serem atingidas serão assim dispostas:

- a) Rio Pacoti da nascente à entrada da sede municipal de Pacoti: classe 2;
- b) Rio Pacoti da sede municipal do Pacoti ao distrito Jordão: classe 4, mas com concentração máxima de fósforo total na seção em 1,94 mg/l;
- c) Rio Pacoti do distrito Jordão ao distrito Canadá: classe 4, mas com concentração máxima de concentração de fósforo total na seção em 0,3 mg/l;
- d) Rio Pacoti do distrito Canadá à entrada do Açude Acarape do Meio: classe 4, mas com concentração máxima de fósforo total na seção em 0,31 mg/l;
- e) Riacho Canabrava à entrada do Açude Acarape do Meio: classe 3;
- f) Riacho Calção à entrada do Açude Acarape do Meio: classe 3;
- g) Riacho Brenha à entrada do Açude Acarape do Meio: classe 3;
- h) Açude Acrape do Meio: classe 4, mas com concentração máxima de fósforo total no ponto de captação para abastecimento humano em 0,096 mg/l.

II – para um horizonte de 20 anos, as metas de qualidade a serem atingidas serão assim dispostas:

- a) Rio Pacoti da nascente à entrada da sede municipal de Pacoti: classe 2;
- b) Rio Pacoti da sede municipal de Pacoti ao distrito Jordão: classe 4, mas com concentração máxima de fósforo na seção em 0,583 mg/l;
- c) Rio Pacoti do distrito Jordão ao distrito Canadá: classe 2;
- d) Rio Pacoti do distrito Canadá à entrada do Açude Acarape do Meio: classe 2;
- e) Riacho Canabrava à entrada do Açude Acarape do Meio: classe 2;
- f) Riacho Calção à entrada do Açude Acarape do Meio: classe 2;
- g) Riacho Brenha à entrada do Açude Acarape do Meio: classe 2;
- h) Açude Acrape do Meio: classe 2.

III – o quadro abaixo mostra a evolução temporal das classes dos corpos hídricos para atender as metas intermediárias e o Enquadramento proposto pelo CBH-RMF.

Corpo d'água	Meta 10 anos	Meta 20 anos	Enquadramento
Rio Pacoti: nascente à sede do Pacoti	2	2	2
Rio Pacoti: Pacoti ao distrito Jordão	4	4	2
Rio Pacoti: distrito Jordão ao distrito Canadá	4	2	2
Rio Pacoti: distrito Canadá ao Açude Acarape do Meio	4	2	2
Riacho Canabrava	3	2	2
Riacho Calção	3	2	2
Riacho Brenha	3	2	2
Açude Acarape do Meio	4	2	2

§ 1º A revisão do presente Enquadramento para as águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Açude Acarape do Meio deverá ser revisada a cada cinco anos;

§ 2º A rede de monitoramento formada pelas oito seções de controle no Rio Pacoti e nos Riachos Canabrava, Calção e Brenha, bem como o ponto de controle denominado de ACA 09 na bacia hidráulica do açude Acarape do Meio deverão ser mantidos e com as devidas coletas de água para o acompanhamento das metas intermediárias e final;

§ 3º A cada dois anos os resultados de qualidade de água das seções de controle e do ponto de controle citados acima deverão ser apresentados e discutidos pela secretaria executiva do CBH-RMF tanto na plenária do referido comitê, na Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio e no Conselho dos Recursos Hídricos do Ceará, de forma a identificar os corpos d'água que não atingiram a meta e suas respectivas causas;

Art. 3º - Este enquadramento servirá de referência para as ações de gestão dos órgãos de recursos hídricos e de meio ambiente, como a outorga e o licenciamento ambiental, visando o atendimento das metas intermediárias e final, em conformidade com a legislação, as resoluções e portarias vigentes sobre esse tema, incluindo os aspectos de lançamento de efluentes tratados em cursos d'água superficiais.

Art. 4º - Esta resolução entra em vigor na data da sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Fortaleza, xx de junho de 2016

Francisco José Coelho Teixeira
Presidente do CONERH



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**

PROJETO LEI

Dispõe sobre diretrizes e normas para a revitalização das bacias hidrográficas dos mananciais do Estado do Ceará e dá outras providências.

O GOVERNADOR DO ESTADO DO CEARÁ:

Faço saber que a Assembleia Legislativa decretou e eu promulgo a seguinte lei:

**CAPÍTULO I
DO OBJETO**

Artigo 1º A presente lei estabelece diretrizes e normas para a revitalização de áreas e recuperação da qualidade ambiental das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional para abastecimento das populações atuais e futuras do Estado do Ceará.

Parágrafo único – Para efeitos desta lei, consideram-se mananciais de interesse regional as águas interiores subterrâneas, superficiais, fluentes, emergentes ou em depósito, efetiva ou potencialmente utilizáveis para abastecimento público.

**CAPÍTULO II
DOS PRINCÍPIOS E DOS OBJETIVOS**

Artigo 2º São princípios desta lei:

I - a água constitui direito de todos por se tratar de um recurso natural essencial à vida, à promoção social e ao desenvolvimento sustentável;

II- o uso da água tem função social preeminente, com prioridade para o abastecimento humano e dessedentação de animais;

III- é dever de toda pessoa física, jurídica ou setores usuários zelar pela preservação dos recursos hídricos nos seus aspectos de qualidade e de quantidade;

IV- Os Comitês de Bacias Hidrográficas articulados com suas Câmaras Técnicas e Comissões Gestoras, serão parceiros da instituição de gerenciamento dos recursos hídricos do Estado do Ceará para a revitalização e proteção dos recursos hídricos, assegurando a sustentabilidade dos ecossistemas de forma a garantir aos habitantes um meio ambiente equilibrado.

§ 1º A proteção dos mananciais existentes da Região das Bacias Hidrográficas do Estado do Ceará será alcançada quando atendidas as diretrizes da política estadual de recursos hídricos estabelecidas no art. 4º da Lei 14.844, de 28 de dezembro de 2010 – das quais cabe ressaltar:

I - a prioridade do uso da água será o consumo humano e a dessedentação animal, ficando a ordem dos demais usos a ser definida pelo órgão gestor, ouvido o respectivo Comitê da Bacia Hidrográfica;

II - o estabelecimento, em conjunto com os municípios, de um sistema de alerta e defesa civil, quando da ocorrência de eventos hidrológicos extremos, tais como secas e inundações;

III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;

IV - a compatibilização do planejamento e da gestão dos recursos hídricos com os objetivos estratégicos e com o Plano Plurianual - PPA do Estado do Ceará;

V - a integração do gerenciamento dos recursos hídricos com as políticas públicas federais, estaduais e municipais de meio ambiente, saúde, saneamento, habitação, uso do solo e desenvolvimento urbano e regional e outras de relevante interesse social que tenham inter-relação com a gestão das águas;

VI - a promoção da educação ambiental para o uso dos recursos hídricos, com o objetivo de sensibilizar a coletividade para a conservação e utilização sustentável deste recurso, capacitando-a para participação ativa na sua defesa;

VII - o desenvolvimento permanente de programas de conservação e proteção das águas contra a poluição, exploração excessiva ou não controlada.

Artigo 3º - Os objetivos desta lei são:

I - assegurar a revitalização de áreas e recuperar os mananciais essenciais para o abastecimento público para garantir as condições necessárias visando a melhor qualidade da água;

II - fortalecer a gestão participativa, integrando setores e instancias governamentais, bem como a sociedade civil;

III - fortalecer as ações de monitoramento;

III- instituir programa de certificação do compromisso de responsabilidade sócio ambiental, denominado “Selo Azul” para aprimorar a gestão participativa e descentralizada

dos recursos hídricos, articulando setores e instâncias governamentais e a sociedade civil;

IV - fortalecer as ações de fiscalização;

V - estimular a promoção da educação ambiental.

Seção I **Das ações estratégicas**

Art. 4º. São ações estratégicas para assegurar a revitalização e proteção dos mananciais para o abastecimento público e garantir as condições necessárias para melhor qualidade da água:

I –criação de Áreas de Revitalização dos Mananciais – ARM que serão propostas pelas Comissões Gestoras, definidas e delimitadas pelo Comitê de Bacia Hidrográfica e deliberação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, cujas áreas de intervenção e respectivas diretrizes serão regulamentadas na forma de decreto.

II –promover a transversalidade das políticas públicas de recursos hídricos e as de uso e ocupação do solo, por meio de zoneamento nas áreas de abrangência dos reservatórios para abastecimento humano e nas fontes de insurgência hídricas de significativa relevância ambiental visando a proteção, recuperação e preservação;

III -realizar inventário ambiental das fontes de poluição, de contaminantes e de seus níveis de risco nas bacias hidrográficas da Região das Bacias Hidrográficas Metropolitana, do Salgado e do Acaraú, vinculando-o ao Sistema de Informações de Recursos Hídricos – SIRH mantendo permanentemente atualizado a cada 04 (quatro) anos;

IV -promover ações conjuntas fiscalizatórias em regime de mútua cooperação entre as instituições de recursos hídricos e ambientais, Comitês de Bacias Hidrográficas, vigilância sanitária e polícia militar ambiental estadual, com vistas à execução, no âmbito do Estado do Ceará, de ações fiscalizatórias.

Seção II

Art. 5º Para cada ARM, será elaborado Plano de Revitalização Ambiental, contendo:

I-diretrizes para o estabelecimento de políticas setoriais relativas a habitação, transporte, manejo de recursos naturais, saneamento ambiental e infraestrutura que interfiram na qualidade dos mananciais;

II-diretrizes para o estabelecimento de programas de indução e implantação de uso de atividades compatíveis com a revitalização ambiental da ARM;

III-metas de curto, médio e longo prazo, para a obtenção de padrões de qualidade dos recursos hídricos;

IV-proposta de atualização das diretrizes e normas ambientais e urbanísticas de interesse regional;

V-programa, projetos e ações de recuperação, proteção e conservação da qualidade ambiental;

VI-Programa de monitoramento da qualidade ambiental;

VII-Programa de Educação Ambiental;

VIII-Programa de Fiscalização;

IX-Programa de Investimento Anual e Plurianual.

Do monitoramento da qualidade dos recursos hídricos

Art. 6º Fica criado o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos como instrumento de gestão sem prejuízo dos demais previstos no artigo 3º da Lei Nº 14.844, de 28 de dezembro de 2010.

Parágrafo primeiro - O monitoramento da qualidade dos recursos hídricos é o instrumento de gestão que visa conhecer, proteger e elaborar cenários na expectativa de melhorar a qualidade e o aumento da disponibilidade dos recurso de forma integrada.

Art.7º São ações estratégicas de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos:

I-Capacitação de corpo técnico continuamente sobre processos de coleta de amostras de água, realização de medições em campo e demais atividades associadas a manuseio de equipamentos e confecção de relatório de monitoramento da qualidade da água.

II-Coleta e análise da qualidade da água trimestralmente em canais, lagoas, rios e açudes e, semestralmente, em poços e divulgar o resultado das análises da água para a população;

III-Zoneamento de áreas críticas para subsidiar o diagnóstico das águas utilizadas para abastecimento público e outros usos, associar os aspectos quantitativos com a escassez de água e com a seca e, bem como, com a eutrofização, além de produzir informações que subsidiem a emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos;

Seção III

Do programa de certificação do compromisso de responsabilidade socioambiental – “Selo Azul”

Art. 8º Fica o Poder Executivo autorizado a instituir programa de certificação do compromisso de responsabilidade sócio ambiental, denominado “Selo Azul”, destinado a

atestar a qualidade das águas dos mananciais quanto aos cuidados dos usuários em cada setor para com a proteção do meio ambiente e recursos hídricos.

Parágrafo Segundo - O programa de certificação do compromisso de responsabilidade sócio ambiental será implantado e operacionalizado pela instituição responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos e que compõe o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará - SIGERH, sob a coordenação da Secretaria Recursos Hídricos competente.

Parágrafo Terceiro - Os órgãos do SIGERH, participantes do programa de certificação do compromisso de responsabilidade sócio ambiental poderão, para sua implementação e operacionalização, firmar convênios e contratos com órgãos técnicos públicos e privados, para exercerem os controles de qualidade e a fiscalização necessários.

Parágrafo Quarto - Serão designados laboratórios de referência e os parâmetros a serem aferidos para o cálculos de índices relacionados à qualidade da água e segurança hídrica, cujo papel será uniformizar e aferir os critérios e padrões exigidos para a concessão do “Selo Azul”.

Art. 9º O “Selo Azul” não será obrigatório, sendo concedido apenas mediante o interesse do usuário em atestar, para o público nacional ou internacional, que o usuário no uso da água, atende aos indicadores selecionados em 04 (quatro) dimensões - econômica, social, ambiental e técnica - bem como, cumpriu as normas legais e os preceitos técnicos necessários para a proteção e o não comprometimento da qualidade da água.

Parágrafo Único – A descrição e codificação dos indicadores selecionados em 04 (quatro) dimensões: econômicas, sociais, ambientais e técnica e os critérios para concessão do “selo azul” serão regulamentados após ouvido o Comitê de Bacia Hidrográfica e a aprovação do CONERH.

Seção IV **Da fiscalização**

Art.10 A fiscalização é instrumento de gestão que visa assegurar o cumprimento da legislação em qualquer empreendimento que consuma água, superficial ou subterrânea, na realização de obras ou serviços que alterem o regime, quantidade ou qualidade da mesma.

Art.11 A efetivação do pagamento das multas resultante das ações de fiscalização de competência exclusiva do órgão gestor dos recursos hídricos deverão ser recolhidas mediante Documento de Arrecadação Estadual (DAE) pelo usuário infrator, com código de receita a ser estabelecido pela Secretaria de Fazenda do Estado do Ceará – SEFAZ Ceará.

Art.12 Os recursos oriundos das multas terão destinação restrita as atividades de monitoramento, fiscalização de recursos hídricos, implementação e aparelhamento necessários as ações de educação ambiental.

Art.13 As normas regulamentadoras da fiscalização serão definidas em decreto legislativo.

Seção V **Da Educação Ambiental**

Art.14 Fica criado os Centros de Referência em Educação Hidroambiental – CREH nas bacias hidrográficas declaradas por esta lei como sendo estratégicas para estimular a promoção da educação ambiental não formal na convivência com o semiárido e disseminar informações quanto a proteção e recuperação dos mananciais do Estado do Ceará.

Art.15 Os respectivos Comitês de Bacia Hidrográficas – CBH com apoio de sua secretaria executiva deverão estabelecer a forma de funcionamento dos CREH's, por meio de Regimento Interno, a ser elaborado dentro de 120 (cento e vinte) dias, contados a partir de sua instalação, e aprovado pela Assembleia do CBH.

Art.16 – Os Comitês de Bacia Hidrográficas – CBH com apoio de sua secretaria executiva serão responsáveis pelo funcionamento e execução de projetos que visem a revitalização dos mananciais.

Art. 17 Esta lei será regulamentada no prazo de 120 (cento e vinte) dias, contados da data de sua publicação.

Art 18 Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.

Fortaleza, de de 2016

CAMILO SOBREIRA SANTANA
Governador do Estado do Ceará

ANEXO B – Banco de outorgas e análise de qualidade da água e modelo de questionário aplicado.

BANCO DE OUTORGAS DA FONTE HÍDRICA ACARAPE DO MEIO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS



SOL - SISTEMA DE OUTORGAS E LICENÇAS

CONSULTA DAS OUTORGAS POR MUNICÍPIO NA SITUAÇÃO OUTORGA CONCEDIDA VIGENTES PELA DATA DA ÚLTIMA MOVIMENTAÇÃO DO PROCESSO NO MANANCIAL ADUTORA DO ACARAPE NO LOCAL CAPTAÇÃO ADUTORA

Nome do Requerente	Nº do Processo	Município	Tipo de Uso	Vz Outorgada(L/s)	Vol. Outorgado(M³/ano)	Latitude	Longitude	Nome do Manancial
PAEMA EMBALAGENS DO CEARA LTDA	12358786-3	ACARAPE	INDUSTRIAL	0,47	8395,00	9.569.008	536.938	ADUTORA DO ACARAPE
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE	10671601-8	GUAIUBA	ABASTECIMENTO HUMANO	1,83	36507,50	9.542.579	527.884	ADUTORA DO ACARAPE
ASSOCIAÇÃO DOS TRABALHADORES RURAIS UNIDOS DE GUAIUBA	09143499-8	GUAIUBA	ABASTECIMENTO HUMANO	0,23	1768,50	9.545.750	531.235	ADUTORA DO ACARAPE
CAGECE - COMPANHIA DE AGUA E ESGOTO DO CEARA	06378160-3	GUAIUBA	ABASTECIMENTO HUMANO	10,67	280406,15	9.540.386	530.719	ADUTORA DO ACARAPE
CAGECE - COMPANHIA DE AGUA E ESGOTO DO CEARA	06378159-0	GUAIUBA	ABASTECIMENTO HUMANO	28,80	756761,07	9.553.636	540.126	ADUTORA DO ACARAPE
ABL INDUSTRIA TEXTIL LTDA	10571750-2	MARACANAU	INDUSTRIAL	0,39	4124,50	9.573.808	543.056	ADUTORA DO ACARAPE
ASFALTO NORDESTE LTDA	05001726-8	MARACANAU	INDUSTRIAL	1,77	55965,45	9.571.983	542.980	ADUTORA DO ACARAPE
BERMAS	04440370-4	MARACANAU	INDUSTRIAL	1,93	60809,00	9.474.727	543.908	ADUTORA DO ACARAPE
CEPAL - CEARA PLASTICO LTDA	04440369-0	MARACANAU	INDUSTRIAL	1,70	17885,00	9.572.984	544.345	ADUTORA DO ACARAPE
CIA METALICA NORDESTE	04196166-8	MARACANAU	INDUSTRIAL	3,09	96000,00	9.571.884	543.263	ADUTORA DO ACARAPE
CIA TEXTIL DO NORDESTE - CNT	04291800-6	MARACANAU	INDUSTRIAL	0,82	16200,00	9.572.876	544.059	ADUTORA DO ACARAPE
CONSORCIO GALVÃO - EIT	13555193-5	MARACANAU	DEMAIS USOS	4,10	45209,00	9.573.496	547.699	ADUTORA DO ACARAPE

Nome do Requerente	Nº do Processo	Município	Tipo de Uso	Vz Outorgada(L/s)	Vol. Outorgado(M³/ano)	Latitude	Longitude	Nome do Manancial
DANONE LTDA	10296550-4	MARACANAU	INDUSTRIAL	13,88	364635,00	9.574.231	545.658	ADUTORA DO ACARAPE
DURAMETAL S/A.	04196399-9	MARACANAU	INDUSTRIAL	1,93	60000,00	9.575.201	544.544	ADUTORA DO ACARAPE
DURAMETAL S/A.	10266259-2	MARACANAU	INDUSTRIAL	4,16	131820,48	9.575.201	544.544	ADUTORA DO ACARAPE
EMPRESA SANTO ANTONIO LTDA	05001728-4	MARACANAU	INDUSTRIAL	0,77	10350,45	9.467.199	541.866	ADUTORA DO ACARAPE
ESMALTEC S/A	12816035-7	MARACANAU	INDUSTRIAL	7,29	49275,00	9.573.012	543.004	ADUTORA DO ACARAPE
GERDAU AÇOMINAS S/A	04440527-8	MARACANAU	INDUSTRIAL	7,72	243330,90	9.573.836	543.491	ADUTORA DO ACARAPE
HIDROTINTAS - INDUSTRIA E COMERCIO DE TINTAS LTDA	11393479-3	MARACANAU	INDUSTRIAL	2,15	38690,00	9.572.862	545.317	ADUTORA DO ACARAPE
INDUSTRIA NORDESTINA DE ACESSORIOS PARA IRRIGACAO LTDA	11559952-5	MARACANAU	INDUSTRIAL	6,60	273790,00	9.572.429	542.745	ADUTORA DO ACARAPE
INDUSTRIA QUIMICA E FARMACEUTICA S/A - NUFARM	12259259-0	MARACANAU	INDUSTRIAL	5,56	116916,80	9.572.265	542.913	ADUTORA DO ACARAPE
INSTITUTO FEDERAL DO CEARA - CAMPUS MARACANAU	12061272-0	MARACANAU	DEMAIS USOS	2,55	66977,50	9.572.095	543.163	ADUTORA DO ACARAPE
INSTITUTO FORTALEZA ESPORTE CLUBE	12061590-8	MARACANAU	ABASTECIMENTO HUMANO	2,26	47450,00	9.575.302	544.601	ADUTORA DO ACARAPE
ISOPLAST IND E COM DE PLASTICOS LTDA	11812507-9	MARACANAU	INDUSTRIAL	2,00	63145,00	9.573.922	544.924	ADUTORA DO ACARAPE
ISOPLAST IND E COM DE PLASTICOS LTDA	05001725-0	MARACANAU	INDUSTRIAL	0,58	18250,00	9.573.922	544.924	ADUTORA DO ACARAPE
M DIAS BRANCO S.A. INDUSTRIA E COMERCIO DE ALIMENTOS	13158722-5	MARACANAU	INDUSTRIAL	4,00	126290,00	9.572.895	543.529	ADUTORA DO ACARAPE
MARCOS AURELIO DE SOUSA MELO (COTECE S/A)	04337652-8	MARACANAU	INDUSTRIAL	2,39	74388,00	9.572.927	544.530	ADUTORA DO ACARAPE
MARCOTEX S/A INDUSTRIA TEXTIL	04291799-9	MARACANAU	INDUSTRIAL	0,83	7200,00	9.572.306	542.978	ADUTORA DO ACARAPE

Nome do Requerente	Nº do Processo	Município	Tipo de Uso	Vz Outorgada(L/N)	Vol. Outorgado(M3/ano)	Latitude	Longitude	Nome do Manancia
NORSA REFRIGERANTES LTDA	12257969-0	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	71,00	2239910,00	9.573.990	544.366	ADUTORA DO ACARAPE
NORSA REFRIGERANTES LTDA	05001650-4	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	15,68	620000,00	9.573.990	544.366	ADUTORA DO ACARAPE
PACEL - PAPEL CARTÃO E EMBALAGENS LTDA	11257363-0	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	0,93	16790,00	9.571.618	544.855	ADUTORA DO ACARAPE
PHOENIX TEXTIL LTDA	05047764-1	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	6,35	141766,00	9.572.592	544.066	ADUTORA DO ACARAPE
REISGE - RECICLAGEM INDUSTRIAL DE SUB-PRODUTOS DE ANIMAIS DO CEARÁ LTDA	06418252-0	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	0,69	10950,00	9.574.879	543.976	ADUTORA DO ACARAPE
ROSSET NORDESTE LTDA	05001746-2	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	36,72	41354,50	9.574.865	544.428	ADUTORA DO ACARAPE
TECELAGEM ALPHATEX LTDA	04135690-0	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	5,20	34200,00	9.573.904	542.696	ADUTORA DO ACARAPE
TEXTIL BEZERRA DE MENEZES S/A	11099941-8	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	1,66	8723,50	9.574.745	544.418	ADUTORA DO ACARAPE
VICUNHA TEXTIL S/A	06305030-2	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	42,50	1340280,00	9.571.958	544.214	ADUTORA DO ACARAPE
VICUNHA TEXTIL S/A - UNIDADE V	05047722-6	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	77,16	1520830,90	9.573.268	543.482	ADUTORA DO ACARAPE
VIP VITÓRIA PUBLICIDADE E INVESTIMENTO LTDA	04135697-7	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	0,13	2652,00	9.567.268	543.908	ADUTORA DO ACARAPE
W. F. PROJETOS CÁLCULOS E CONSTRUÇÕES LTDA	05082592-5	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	1,44	12165,45	9.571.469	544.354	ADUTORA DO ACARAPE
YOSHIDA NORDESTE S/A INDUSTRIA E COMERCIO	04196531-0	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	2,64	6336,00	9.574.571	545.203	ADUTORA DO ACARAPE
ALLAN MORORO XEREZ SILVA	10266425-6	MARANGUAPE	DEMAIS USOS	0,42	13368,12	9.566.801	538.470	ADUTORA DO ACARAPE
CAGECE - COMPANHIA DE AGUA E ESGOTO DO CEARÁ	06378153-0	MARANGUAPE	ABASTECIMENTO HUMANO	134,69	3599537,68	9.565.802	544.882	ADUTORA DO ACARAPE
CAGECE - COMPANHIA DE AGUA E ESGOTO DO CEARÁ	06378149-2	PACATUBA	ABASTECIMENTO HUMANO	20,77	545706,50	9.567.271	545.414	ADUTORA DO ACARAPE

Nome do Requerente	Nº do Processo	Município	Tipo de Uso	Vz Outorgada(L/N)	Vol. Outorgado(M3/ano)	Latitude	Longitude	Nome do Manancia
CAGECE - COMPANHIA DE AGUA E ESGOTO DO CEARÁ	06378150-6	PACATUBA	ABASTECIMENTO HUMANO	129,82	3411720,52	9.557.981	542.037	ADUTORA DO ACARAPE
CERVEJARIAS KAISER BRASIL S/A	11538065-9	PACATUBA	INDUSTRIAL	102,72	3239375,00	9.567.997	543.815	ADUTORA DO ACARAPE
FEEL COLOR INDUSTRIA DE TINTAS LTDA	10671938-6	PACATUBA	INDUSTRIAL	1,50	2810,50	9.567.432	543.777	ADUTORA DO ACARAPE
ZANOTTI PACATUBA INDUSTRIA E COMERCIO DE ARTIGOS TEXTEIS LTDA	09510399-6	PACATUBA	INDUSTRIAL	20,00	630720,00	9.568.376	545.812	ADUTORA DO ACARAPE
ASSOCIAÇÃO INTEGRADA DE QUEIMADAS - ACIQ	05380766-9	PALMACIA	ABASTECIMENTO HUMANO	0,93	14636,50	9.543.290	528.156	ADUTORA DO ACARAPE
IBATEX IND DE BENEF E ACABAMENTO TEXTIL LTDA	05001604-0	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	1,93	60830,90	9.572.894	544.416	AÇUDE ACARAPE DO MEIO
CAGECE - COMPANHIA DE AGUA E ESGOTO DO CEARÁ	06378148-0	REDENÇÃO	ABASTECIMENTO HUMANO	94,22	2476097,22	9.536.618	523.593	AÇUDE ACARAPE DO MEIO
PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAUBA	07107205-5	GUAUBA	ABASTECIMENTO HUMANO	4,28	134904,25	9.536.618	532.693	AÇUDE ACARAPE DO MEIO
SOPEX-INDUSTRIA, COMERCIO E EXPORTAÇÃO LTDA	07111045-3	MARACANAÚ	INDUSTRIAL	2,70	48665,45	9.573.079	543.747	AÇUDE ACARAPE DO MEIO

Fonte: COGERH, 2014

BOLETIM DE ANÁLISE N° 311495/2012-0
 Processo Comercial N° 21217/2012-6

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Cia Gestão Rec Hidr Est Ceará - COGERH
Endereço:	Rua Adualdo Batista, 1550 - Parque Iracema - Fortaleza-CE - CEP: 60.824-140 .
Nome do Solicitante:	Francimeyre Freire

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	ACA-09		
Amostra Rotulada como:	Água Superficial Projeto Acarape do meio		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	21/11/2012 10:20:00
Data da entrada no laboratório:	22/11/2012 14:54	Data de Elaboração do BA:	03/12/2012

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos	VMP CONAMA 357 ART 15
Tributilestanho	µg/L	0,01	< 0,01	0,063
Benzidina	µg/L	0,0001	< 0,0001	0,001

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos	VMP CONAMA 357 ART 15
Acrilamida	µg/L	0,1	< 0,1	0,5
Benzeno	mg/L	0,001	< 0,001	0,005
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
Benzo(a)pireno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
2-Clorofenol	µg/L	0,1	< 0,1	0,1
Criseno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	0,01
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	0,003
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,1	< 0,1	0,3
Diclorometano	mg/L	0,001	< 0,001	0,02
Estireno	mg/L	0,001	< 0,001	0,02
Etilbenzeno	µg/L	1	< 1	90
Índice de Fenóis	mg/L	0,001	< 0,001	0,003
Índeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
PCB's - Bifenilas Policloradas	µg/L	0,001	< 0,001	0,001
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,1	< 0,1	0,5
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	0,001	< 0,001	0,002
Tetracloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	0,01
Tolueno	µg/L	1	< 1	2
Triclorobenzenos	mg/L	0,003	< 0,003	0,02
Tricloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	0,03
Xilenos	µg/L	3	< 3	300

BOLETIM DE ANÁLISE N° 311496/2012-0
 Processo Comercial N° 21217/2012-6

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Cia Gestão Rec Hidr Est Ceará - COGERH
Endereço:	Rua Adualdo Batista, 1550 - Parque Iracema - Fortaleza-CE - CEP: 60.824-140 .
Nome do Solicitante:	Francimeyre Freire

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	ACA-09 - 0,5m		
Amostra Rotulada como:	Água Superficial Projeto Acarape do meio		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	21/11/2012 09:40:00
Data da entrada no laboratório:	22/11/2012 14:55	Data de Elaboração do BA:	04/12/2012

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos	VMP CONAMA 357 ART 15
Tributilestano	µg/L	0,01	< 0,01	0,063
Benzidina	µg/L	0,0001	< 0,0001	0,001

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos	VMP CONAMA 357 ART 15
Acrilamida	µg/L	0,1	< 0,1	0,5
Benzeno	mg/L	0,001	< 0,001	0,005
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
Benzo(a)pireno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
2-Clorofenol	µg/L	0,1	< 0,1	0,1
Criseno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	0,01
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	0,003
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,1	< 0,1	0,3
Diclorometano	mg/L	0,001	< 0,001	0,02
Estireno	mg/L	0,001	< 0,001	0,02
Etilbenzeno	µg/L	1	< 1	90
Índice de Fenóis	mg/L	0,001	< 0,001	0,003
Índeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
PCB's - Bifenilas Policloradas	µg/L	0,001	< 0,001	0,001
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,1	< 0,1	0,5
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	0,001	< 0,001	0,002
Tetracloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	0,01
Tolueno	µg/L	1	< 1	2
Triclorobenzenos	mg/L	0,003	< 0,003	0,02
Tricloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	0,03
Xilenos	µg/L	3	< 3	300

RESUMO DOS RESULTADOS DA AMOSTRA N° 194964/2013-0
 Processo Comercial N° 33045/2012-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Cia Gestão Rec Hidr Est Ceará - COGERH
Endereço:	Rua Aduardo Batista, 1550 - - Parque Iracema - Fortaleza - CE - CEP: 60.824-140 .
Nome do Solicitante:	Francimeyre Freire

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Água de Açude		
Amostra Rotulada como:	Água Superficial Acarape do meio - 0,5 m		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	22/08/2013
Data da entrada no laboratório:	23/08/2013 18:18	Data de Elaboração do RRA:	10/09/2013

RESULTADOS PARA A AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos	VMP CONAMA 357 ART 15
Acridamida	µg/L	0,1	< 0,1	0,5
Benzeno	mg/L	0,001	< 0,001	0,005
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
Benzo(a)pireno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
2-Clorofenol	µg/L	0,005	< 0,005	0,1
Criseno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
Dibenz(a,h)antraceno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
1,2-Diclorobenzeno	mg/L	0,001	< 0,001	0,01
1,1-Diclorobenzeno	mg/L	0,001	< 0,001	0,003
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,1	< 0,1	0,3
Diclorometano	mg/L	0,001	< 0,001	0,02
Estrevo	mg/L	0,001	< 0,001	0,02
Etilbenzeno	µg/L	1	< 1	90
Índice de Fenóis	mg/L	0,001	< 0,001	0,003
Índeno(1,2,3,4)pireno	µg/L	0,01	< 0,01	0,05
PCBs - Bifenilas Policloradas	µg/L	0,001	< 0,001	0,001
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,1	0,22	0,5
Tetracloro de Carbono	mg/L	0,001	< 0,001	0,002
Tetracloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	0,01
Tolueno	µg/L	1	< 1	2
Triclorobenzenos	mg/L	0,003	< 0,003	0,02
Tricloroetano	mg/L	0,001	< 0,001	0,03
Xilenos	µg/L	3	< 3	300
Triumletano	µg/L	0,01	< 0,01	0,063
Benidina	µg/L	0,0001	< 0,0001	0,001

VMP CONAMA 357 ART 15 - Valores Máximos Permitidos pela CONAMA 357 artigos 14 e 15 de março de 2005 - Definidos para Classe 03

ANEXO C – Atas do CBH-RMF, do GT de Enquadramento e da
Comissão Gestora



Ata da Reunião Ordinária do Comitê das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitanas de Fortaleza (CBH- RMF) 35º reunião

Aos vinte e dois dias do mês de Maio do ano de dois mil e catorze no Auditório da Cogerh Município de Fortaleza, estiveram reunidos os Membros do comitê das Bacias Hidrográficas da Região metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF) para a **34ª Reunião Ordinária do CBH-RMF**. A reunião contou com a presença de 68 participantes, sendo 37 instituições e 41 Membros titulares e Suplentes e teve como pontos de Pauta: Enquadramento dos Corpos Hídricos e situação dos açudes das Bacias Metropolitanas – Berthyer Peixoto Lima (Gerente das Bacias Metropolitanas/Cogerh) Projeto do Programa por Resultados - Enquadramento dos Açudes Pacoti Riachão e Gavião – Robério Albuquerque (Assessoria de Gestão Ambiental/Cogerh) Informes Eleição das Instituições substitutas para as 5 vagas ociosas do CBH-RMF Apresentação de duas Instituições do CBH-RMF: Grupo de Interesse Ambiental (GIA) e Instituto Chico Mendes (ICMBio). A reunião foi coordenada pela Diretoria do CBH-RMF composta por Mailde Carlos do Rêgo (Presidente/Representante do CREA), Pedro Neto (Vice-Presidente/Representante da Prefeitura de Fortaleza), Virgínia Adélia (Secretária-Geral/Representante da SEMACE) e Ronaldo Queiroz (Secretário Adjunto/Representante da CAGECE. Após abertura feita pela Presidente Sra Mailde Carlos o Gerente das Bacias Metropolitanas Sr Bertyer Peixoto proferiu Palestra intitulada : Enquadramento como Instrumento de Planejamento da Bacia Hidrográfica do rio Pacoti com o seguinte conteúdo: Definição e Importância do enquadramento como instrumento de gestão, qualidade e reuso da água, Classificação dos corpos hídricos, fases do enquadramento, Experiência de enquadramento de corpos hídricos realizadas no Rio Grande do sul. Mostrou ao Comitê que o objetivo do trabalho proposto seria enquadrar um corpo hídrico (rio Pacoti) como um instrumento de gestão e sustentabilidade. Discutiu a questão da qualidade da água do rio e do açude Acarape do Meio e o impacto do lançamento de esgotos na qualidade da água. Destacou que o CBH tem um papel imprescindível no êxito do processo de gestão dos recursos hídricos. Apresentou o Volume de água armazenado nas Bacias Metropolitanas, informando que estão com capacidade menor que em janeiro deste ano e que o Estado está com apenas 32 % de sua capacidade de armazenamento. Após a apresentação passou-se a discussão dos membros tendo início com a fala da sra. Zita do DNOCS dizendo ser um desafio trabalhar enquadramentos de corpo hídrico no Ceará e sugeriu a formação de um grupo de trabalho permanente para estudar o projeto e indagou se o projeto seria do CBH ou da COGERH. Sr. Berthier disse que estava propondo ao Comitê o projeto para apreciação, análise e comprometimento e que seria inviável fazer enquadramento sem a parceria do CBH. O representante da UNILAB Sr. Nildo falou sobre a dificuldade para obter financiamento para a agricultura familiar e agroecologia, A Sra Michele da Ypióca informou que é representante do Fórum Cearense de Comitês de Bacia para discutir enquadramento de corpos hídricos e se posicionou apoiando o projeto. O Sr. Edisio da Colônia Z- 07 (pescadores de Caucaia) mostrou preocupação com o baixo volume do açude Sítios Novos e indagou sobre providencias para garantir

abastecimento humano. O Sr. Paulo Miranda da SRH disse que no passado já teve Câmara técnica de Enquadramento na SRH e que essa questão não diz respeito apenas ao Estado mas também a sociedade e que tem um custo social grande pois impacta em grandes empreendimentos. Após o debate a Sra. Mailde Presidente do Comitê conduziu a formação de um Grupo de Trabalho sobre Enquadramento dos Corpos Hídricos que foi deliberada pelo plenário e que discutirá a proposta de enquadramento do açude Acarape do Meio. O Grupo ficou composto das seguintes Instituições: Ypióca, DNOCS, CAGECE, SEMACE, SENGE, IBAMA, Prefeitura de Baturité, UNILAB, COGERH, UNIFOR SRH, UFC; ficando já agendada reunião do referido Grupo de trabalho para o dia 28 de Maio as 9h na sala de reunião da GEMET – COGERH. Concluído o debate a coordenadora do Núcleo de Gestão da Gerência das Bacias Metropolitanas Márcia Caldas apresentou feedback dos encaminhamentos propostos pelo comitê neste ano de 2014, elencadas a seguir: mudança do slogan do Comitê que agora passa ser "Compartilhando a gestão das Águas" Renovação da Comissão Gestora Acarape do Meio, Renovação da Comissão Gestora do Açude Pompeu Sobrinho, Posição da SRH sobre aprovação do Regimento Interno do Comitê, Criação de SPOT de divulgação do Comitê, Blitz ambiental realizada no dia mundial do meio ambiente, Seminário sobre água e cidadania em comemoração ao dia Mundial do meio ambiente, Realização de duas reuniões Ordinárias, envio de Ofício ao deputado Ariosto Holanda solicitando apoio ao projeto e revitalização do rio Aracoiaba, mobilização realizada em 19 municípios da Bacia para participarem da eleição de membros para vagas ociosas no Comitê nos três segmentos. Informou que foram adiadas as Palestras sobre Pesca, saneamento, EMATERCE e balanço financeiro da cogeh para as próximas reuniões. Informou também que haverá nova blitz ambiental e palestra no dia do meio ambiente. Solicitou ao comitê a apresentação de experiências exitosas em gestão de recursos hídricos para ser apresentada no Fórum Cearense de Comitês de Bacias e Indicação de uma instituição da Sociedade civil para representar o Cbh no PISF (Projeto de Integração do Rio São Francisco Em relação a ao nome para receber a Comenda Zaranza foram indicados o sindicato dos trabalhadores rurais de Aracoiaba através do trabalho do Sr. Dede, a Ypioca através do trabalho da Sra. Michell (Publicação sobre legislação ambiental e a Funceme e o Grupo GIA através da representante Claudia, porém não houve deliberação de um nome indicado. Para o PISF foi indicado a Sra. Zita do DNOCS Dando prosseguimento a pauta a Sra. Mailde Carlos conduziu a eleição dos membros para as vagas ociosas no cbh. informou que haviam 5 vagas ociosas sendo 01 vaga do Poder Público Municipal, 01 vaga de Usuários e 03 vagas da Sociedade Civil. Após a apresentação e discursos das Instituições candidatas, o plenário do CBH-RMF votou e aprovou as seguintes instituições para compor o colegiado: Poder Público Municipal – foi eleita a Prefeitura de Guaramiranga Usuários – foi eleita a Itauéiras Agropecuária, para o segmento Sociedade Civil – Federação dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e Agricultoras Familiares no Estado do Ceará (FETRAECE) O plenário deliberou que havendo vagas ociosa no Comitê Baturité assumira a vaga do setor poder público e AMBEV assumirá a vaga de usuários. Ficaram ainda duas vagas ociosas no setor Sociedade civil pra serem preenchidas na próxima reunião do CBH. A seguir o Sr. Robério da Assessoria de gestão ambiental ASGAN - COGERH fez a apresentação do Termo de Referencia para enquadramento do açude Pacoti - Riachão e Gavião financiado pelo Banco Mundial através do programa P4R. Dando prosseguimento a representante da Instituições ICMbio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade apresentou um vídeo sobre o instituto e palestra sobre as reservas de Aquiraz e Beberibe, discorrendo sobre o trabalho dos centros de pesquisa do Instituto. A Sra. Cláudia do Grupo Gia apresentou vídeo sobre o grupo ambiental destacando o trabalho de educação realizado pela instituição Sra. Cláudia protestou sobre o esvaziamento do Plenário na hora das apresentações e propôs que as

próximas apresentações das Instituições serão no primeiro tempo da reunião plenária de agosto o que foi aprovado. Ficou definido pelos membros presentes que DNOCS e COCA- COLA são as instituições que farão as apresentações. E nada mais havendo a tratar, eu, Maria de Jesus L. de Oliveira, Analista de Gestão da COGERH lavrei a ata assinada por mim e pelos presentes em lista anexa.



Govorno do Estado do Ceará



Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH

Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH

Ata da 41ª Reunião Ordinária do Comitê das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF)

Aos seis dias do mês de abril de dois mil e dezesseis, aconteceu na Pousada Capuchinhos em Guaramiranga – CE, a 41ª Reunião Ordinária do Comitê das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza – CBH RMF. Do comitê estiveram presentes: 28 instituições, 33 membros e 10 pessoas entre técnicos e convidados. A reunião ocorreu com base na seguinte pauta: 08h00min – Café da Manhã; 08h30min – Informes da Nova Diretoria do CBH – 5ª Gestão; 09h30min – Situação Hídrica com Krisnha Martins técnico da Cogerh; 10h00min – Informações sobre o Cadastro Ambiental Rural – CAR com a técnica da Semace Evaneida Peixoto; 11h00min – Proposta de Enquadramento para o trecho do rio Pacoti e açude Acarape do Meio com Berthyer Peixoto – técnico da Cogerh; 12h00min – almoço e 14h00min – retorno à Fortaleza – CE. Cléa Rocha – Coordenadora do Núcleo de Gestão das Bacias Metropolitanas fez a abertura da reunião saudando e agradecendo a presença de todos. Em seguida, chamou a Diretoria do CBH RMF para conduzir a reunião. A presidente do CBH RMF Maílde Carlos do Rêgo – agradeceu o apoio do colegiado e enfatizou que o CBH é resultado da ação de todos seus membros e não só da diretoria. Dando sequência leu a pauta do dia e informou que a Diretoria do CBH vem se reunindo, inclusive para preparação da Capacitação do CBH ocorrida no dia anterior e demais ações. Nos seus informes a presidente disse ainda que esteve presente na Escola Salesiano Dom Bosco em Fortaleza proferindo palestra na oportunidade do Dia Mundial da Água. Dando continuidade o vice-presidente do CBH RMF Pedro Raimundo de Oliveira Neto falou do desafio requerido pelo comitê e da importância da luta de todos pela água, lembrou ele, mais um ano seco, problema crítico. Sobre o grupo do WhatsApp do referido CBH, ele disse pra quem interessar, passar os contatos para ele ou Patrícia – técnica da Cogerh. Ressaltou que discussão deve ocorrer apenas sobre assuntos pertinentes de maneira institucional. Depois, passou a palavra para o secretário do colegiado o Francisco Nildo da Silva que parabenizou as palestras e oficina realizada na capacitação do CBH RMF, disse se sentir motivado com o conteúdo e planejamento abordados. Ele informou a todos que o comitê possui uma sala de apoio que fica na Sede da Cogerh em Fortaleza, dispondo de um computador, material didático sobre recursos hídricos, gestão participativa, acesso a linha telefônica e internet em vias de providência. Hoje a Diretoria do CBH RMF já faz uso dessa sala para as suas reuniões, que acontecem na 2ª sexta-feira de cada mês. Ressaltou a importância do acesso e das informações contidas no site do Comitê: www.cbhrmf.com.br. Lá estão atas, programação das atividades etc. Outro ponto tratado foi quanto as faltas das instituições membro nas reuniões do CBH, que disse que será observado o regimento do colegiado e também trazido para plenária, momento de decisão máxima, completou. O vice-presidente disse achar muito importante retomar discussões sobre o Fundo de Recurso para os comitês.

Márcia Caldas, membro do CBH RMF, representante da Secretaria de Recursos Hídricos – SRH, informou que já existe uma petição ou algo semelhante sobre o assunto no Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH e também tem um Grupo Técnico discutindo esse fundo, ela lembra do Alcides Duarte – Presidente do Fórum Cearense de Comitês de Bacias Hidrográficas e do Antônio Martins – Conselho de Altos Estudos da Assembleia Legislativa do Ceará. Sendo assim, completou Maílde Rêgo – o CBH RMF enviará um ofício ao CONERH solicitando participação no grupo. A atual diretoria do CBH RMF informou que sempre, em cada reunião seguinte, será verificado o andamento dos encaminhamentos anteriores. O José Soares da Silva Filho, conhecido como Dedé membro do CBH colocou a necessidade de quando da realização das reuniões das Comissões Gestoras se chamar o Agente de Guarda e Inspeção do Reservatório - AGIR do açude corresponde da Cogerh. Em seguida, o secretário do CBH RMF apresentou o site do comitê por meio de acesso instantâneo, destacou a parte do contato/formulário disponível, que pode servir, segundo ele, inclusive para registro de ocorrência, denúncias e dessa maneira ficaria o registro para se poder avaliar ao final do ano, por exemplo. Informou ainda que quaisquer informações devem ser enviadas para a Cogerh, que enquanto secretaria executiva do CBH está cuidando da sua alimentação. Na sequência, a palavra foi facultada para a técnica da Semace, que realizou apresentação sobre o CAR. Dentre outras informações passou que é uma iniciativa do Governo Federal, é um registro público eletrônico e serve para controle e conservação do meio ambiente, monitoramento dos imóveis rurais, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento. O CAR, disse a técnica, é obrigatório para todos os imóveis rurais, de acordo com a Lei 12.651/2012, que até 4 módulos fiscais, órgãos públicos definidos se responsabilizam por subsidiar o proprietário, passando disso, o cadastro é de inteira responsabilidade do proprietário. Disse que a primeira etapa do CAR é o repasse de informações e depois tem a averbação que é feita pela Semace. Dando continuidade o secretário do CBH RMF falou de um breve questionário distribuído entre os participantes para avaliação da capacitação ocorrida um dia antes. Pediu que todos respondessem. Em seguida, Berthyer Peixoto apresentou uma “ Proposta de Enquadramento de Corpos D'água no Estado do Ceará – Comissão Gestora do Açude Acarape do Meio”, esse pesquisa é andamento do seu projeto de Doutorado, conforme colocou, é uma proposta inovadora, ao passo que se trata de enquadramento no semiárido nordestino, ademais de maneira participativa. Assim, trabalhou inicialmente com GT de Enquadramento do CBH RMF para depois o processo ter continuidade no âmbito da Comissão Gestora, nessa construção desde 2013. Em resumo, falou que a proposição é de que o Enquadramento seja de fato abordado como um instrumento de gestão, interligado com outros instrumentos como a outorga a cobrança pelo uso da água, e todos ligados a uma política maior, ou seja, em sua fala, como um importante instrumento de planejamento. O Enquadramento seria segundo ele, um pacto com a sociedade, que diante de uma série de dados poderia decidir por uma determinada classe a ser alcançada pelo um certo trecho de rio ou açude em questão. Informou que existe um Projeto de Apoio ao Crescimento Econômico com Redução das Desigualdades e Sustentabilidade Ambiental do Estado do Ceará - Programa para Resultados (PforR) do Ceará com o Banco Mundial, que vem apoiando ações em busca de uma melhor qualidade da água, e que parte dos recursos estão sendo destinados para criação de um Projeto de Lei que trate do enquadramento. O técnico ressaltou que qualquer proposta de enquadramento só pode ser elaborada em função dos usos destinados, e na sua avaliação, a melhor maneira de construção é com a própria sociedade envolvida. O palestrante Berthyer apresentou os meios utilizados pela pesquisa, com instalação de oito seções de medição de vazão e coleta de água para qualidade ao longo dos rios Pacoti, Canabrava, Calção e Brenha, com o objetivo de cobrir toda a bacia hidrográfica e identificar a poluição pontual e difusa para calcular a carga de fósforo que

chega ao reservatório anualmente, além da coleta de água para qualidade na bacia hidráulica do açude Acarape do Meio. Para a modelagem do reservatório foi escolhido o parâmetro fósforo por ser o mais representativo, e para baratear o processo de coleta de dados. O analista de gestão da Cogerh, Berthyer explicou que os dados de saída da modelagem do rio Pacoti, através do modelo QUALUFMG, oriundo do modelo americano QUAL2E, serviram como dados de entrada para a modelagem de reservatório no semiárido, denominado de QUAL-HIDROSED, proposto pela pesquisa que foi conduzida pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). O técnico informou que os dados atuais mostraram que o primeiro trecho do rio Pacoti, que inicia-se na sua nascente e vai até a entrada da sede do município de Pacoti se classifica como classe 2 conforme CONAMA nº357/05. O segundo trecho monitorado, que inicia-se após a sede daquele município e finda na localidade Jordão, encontra-se como classe 4, assim como o trecho Jordão até a entrada no reservatório, conforme a mesma resolução CONAMA. Foi ainda mostrado que os elementos saneamento básico, pecuária e agricultura são os usos que mais impactam a bacia. A forma precária de operação das três Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) contribuem expressivamente para a degradação da qualidade da água no rio e no reservatório, cuja entrada de fósforo em ton/ano está em 19,2. Quando é feita a simulação para a melhoria da eficiência de remoção de fósforo por parte das ETE's para 90 %, a carga de fósforo de entrada é reduzida para 1,9 ton/ano, o que possibilita o reservatório alcançar a classe 2 em 2 anos. O Palestrante apresentou a decisão da Comissão Gestora pela a proposta de enquadramento, todo o rio Pacoti e afluentes, bem como o reservatório Acarape do Meio seriam enquadrados na classe 2, conforme resolução CONAMA nº 357/05. Berthyer disse que a ideia é que se o CBH RMF possa referendar a proposta da Comissão Gestora sobre enquadramento do trecho do rio Pacoti e do reservatório Acarape do Meio, que deverá ser encaminhada para o órgão máximo da gestão, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), para sua devida aprovação e emissão de resolução como a primeira experiência exitosa em enquadramento de um trecho de rio e de um reservatório no semiárido brasileiro, tomando por base a resolução CONAMA nº 357/05. De antemão a plenária entendeu todo o processo e consensualmente apoiava a proposta de enquadramento encaminhada pela Comissão Gestora, a partir de todo um subsídio de suporte à decisão gerado ainda no GT de Enquadramento do CBH-RMF, no entanto a representante da FUNCEME solicitou que no tocante às metas intermediárias e ao programa de efetivação, fosse melhor detalhado a questão do tempo de alcance à classe de uso desejada. Desta forma ficou decidido que na próxima reunião ordinária do CBH-RMF esses pontos seriam melhor explanados, para que o CBH-RMF possa efetivamente referendar a proposta de enquadramento e dar continuidade ao processo, que é o encaminhamento ao CONERH (Conselho de Recursos Hídricos do Ceará). Na oportunidade, Cléa Rocha deu um informe sobre uma minuta de lei nesse sentido que está sendo elaborada pela técnica Inah advogada do Setor Jurídico da Cogerh. A mesma solicitou um espaço na pauta do CBH para apresentar tal minuta e cada membro poder fazer suas considerações e enviar a posteriori. Depois de um processo de discussão das questões anteriores, ficou evidente o anseio do CBH RMF por uma campanha contundente do Governo do Estado pelo racionamento de água, em especial em Fortaleza – CE. Dando sequência a pauta, o Krishna técnico da Cogerh fez uma apresentação sobre a situação hídrica do Estado, especificando a bacia metropolitana. Informou os seguintes dados com base na data da reunião: o açude Acarape com um volume correspondente a 26,4% da sua capacidade; o Aracoiaba com 19,1%; o Gavião com 91,9%, no caso, ressaltou o técnico, o reservatório funciona como uma estrutura de passagem mantida artificialmente. O açude Pacajus com 16,0%; o Pacoti com 30,4% e o Sítio Novos com 0,8%. Mostrou também a situação de

outros açudes que contribuem com o sistema de abastecimento RMF, a saber: Banabuiú com 0,5% da sua capacidade; o Castanhão com 9,8%. O técnico enfatizou o baixo volume registrado no maior reservatório do Estado, condição nunca antes atingida depois do processo de cheia do açude. O açude Curral Velho, explicou Krishna apresenta um volume de 67,0% por também funcionar como uma estrutura de passagem mantida artificialmente. Em se tratando do açude Orós, seu volume é de 35,4%. Em resumo, disse que a situação está bastante crítica, e que a necessidade de racionamento de água é premente em qualquer parte do Ceará, incluindo a RMF, ao passo que, não se tem água suficiente para todos os usos concorrentes. Sem contar com o fato de já estarmos bem adiantados na quadra chuvosa e com registro de muito pouco aporte. Durante toda a reunião os membros do CBH RMF discutiram e registraram suas manifestações. Um membro do CBH RMF disse que acha interessante que o Comitê Integrado da Seca faça uma apresentação no seu colegiado. Ainda sobre o assunto, outro membro colocou que as reuniões do Comitê da Seca são abertas, podendo qualquer um interessado participar. Em seguida Cláudia CBH RMF, convidou seu colegiado para fazer pressão no CONERH lutando pelo racionamento de água. Colocou também a ideia dos membros lutarem juntos aos seus municípios por ações concretas, como a fossa verde, para as comunidades, em especial do Acarape do Meio, o que contribuiria para melhor qualidade da água. Joana representante da Coca-Cola no CBH informou que a sua empresa já trabalha com um plano de ação baseado na quantidade e qualidade de água internamente. Disse ainda, que sua empresa trabalha pela expansão desse número através de um plano e que assim, apoiam várias iniciativas dessa natureza. Na oportunidade, Cléa Rocha da Cogeh agradeceu o apoio da Coca-Cola na disponibilização do ônibus para Capacitação do CBH RMF. Em seguida, informou que a próxima Reunião do Vale do Jaguaribe – RMF acontecerá no dia 05 de maio de 2016 em Limoeiro do Norte, grifou a importância da participação do CBH RMF nessa plenária de acompanhamento da operação do Vale. E nada mais havendo a tratar, eu, Francisco Nildo da Silva, secretário do CBH RMF lavrei a presente ata que será por mim assinada e pelos demais presentes à reunião em lista anexa.



Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH

Ata da 42ª Reunião Ordinária do Comitê das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza (CBH-RMF)

Aos vinte e dois dias do mês de junho de dois mil e dezesseis, aconteceu no Auditório Espaço das Águas da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – Cogerh, localizada na rua Aduardo Batista, 1550, Parque Iracema – Fortaleza – CE, A 42ª Reunião Ordinária do Comitê das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza – CBH RMF. Da Cogerh estiveram presentes: Cláudio Gesteira – Gerente das Bacias Metropolitanas; A Coordenadora do Núcleo de Gestão da Gerência Metropolitana de Fortaleza – Gemet – Cléa Rocha; os técnicos Lucivânia Figueirêdo, Patrícia Trajano, Krisnha Martins – Gemet; Assessoria da Presidência – Ana Araújo e Berthyer Peixoto – Gerente de Infraestrutura e Segurança de Barragem; Do comitê estiveram presentes: 43 instituições, sendo 51 membros e 12 pessoas entre técnicos e convidados. A reunião ocorreu com base na seguinte pauta: 08h30min – Café da Manhã; 09h00min – Abertura Diretoria do CBH; 09h20min – Informes; 09h50min – Apresentação Minuta de Enquadramento – com Ana Araújo, Cogerh, juntamente com aprovação do enquadramento do açude Acarape do Meio – Berthyer Peixoto – Cogerh; 10h20min – Apresentação sobre a Situação Hídrica com Krisnha Martins técnico da Cogerh e Alternativas de Abastecimento com Gianni Peixoto – Cogerh e membro Comitê Integrado da Seca; 11h00min – Trabalhos em Grupo; 12h00min – Encaminhamentos; 12h30min – Encerramento/almoço. Cléa Rocha fez abertura da reunião saudando e agradecendo presença de todos. Disse para pensarmos seriamente na crise hídrica que estamos vivendo. Para tanto, continuou, terá a Reunião dos Vales do Jaguaribe e Banabuiú que previamente está marcada para o dia 14/07/2016 na Faculdade Cisne em Quixadá – CE. Ela chamou atenção para necessidade do CBH RMF se fazer presente nessa reunião em defesa da água para Fortaleza e RMF. A Cogerh disponibilizará transporte ônibus ou van para os membros do CBH RMF que tenham interesse em participar. Cléa Rocha informou ainda que a situação de abastecimento está tão séria para Fortaleza e RMF que, ainda em junho de 2016 foi realizada uma reunião de alocação no Açude Aracoiaba autorizando uma liberação de 10 milhões de m³ para o açude Pacajus para complementar o abastecimento de Fortaleza. Em seguida, passou a palavra para Diretoria do CBH RMF para condução da reunião. Maílde presidente do CBH lembrou que a Diretoria estava presente na Reunião dos Vales, e que de fato, carece de mais participação do CBH RMF. Para ela cada um precisa desenvolver uma consciência de racionalização da água. Na sequência, Nildo do CBH deu boas vindas, e informou que todos receberam a ata da 41ª Reunião Ordinária do CBH RMF, assim se alguém tiver ressalvas informar. Falou sobre a capacitação do CBH, lembrando que tem um exercício de trabalho em grupo que precisa ser feito. Logo após Ronaldo também membro da Diretoria do CBH externou a sua preocupação com a crise hídrica. Para ele, a sociedade no geral não sabe de onde vem a água que chega até a capital e RMF. Acha as campanhas do governo ainda muito tímidas, no entanto como formador de opinião o CBH RMF precisa fazer a sua parte. Em seguida, Pedro membro da Diretoria do CBH disse ser um grande desafio para seu colegiado, e que nesses dias, leu uma notícia que

tratava do racionamento de água em Fortaleza. Na sequência, Ana Araújo da Cogerh apresentou a “Minuta do Projeto de Lei de Conservação e Recuperação dos Mananciais”. Enfatizou a importância do CBH RMF participar desde a concepção da construção para facilitar sua implementação. Informou que esse projeto advém do PforR, projeto de apoio ao crescimento com redução das desigualdades e sustentabilidade ambiental do estado do Ceará – Programa para Resultados do Ceará com o Banco Mundial. A técnica disse que está percorrendo os 12 Comitês de Bacias do Estado para que cada um possa enviar suas contribuições. A minuta em questão dispõe sobre as diretrizes e normas para conservação e recuperação dos mananciais das bacias hidrográficas e dá outras providências. Em seguida, informou que a minuta será enviada pela secretaria executiva para os membros do CBH, que deverão realizar suas contribuições e direcioná-las também para a Cogerh. Quando da construção da minuta, será enviada para o Conselho de Recursos Hídricos do Estado do Ceará – Conerh e depois para Assembleia. Dando continuidade a palavra foi facultada para o técnico Berthyer Peixoto da Cogerh, que apresentou sobre a “Primeira Experiência Exitosa em Enquadramento de Corpos d'água no Semiárido”. Discussão realizada com o CBH RMF desde _____ com a criação de um Grupo de Trabalho para tratar do enquadramento do rio Pacoti e açude Acarape do Meio. Para ele, enquadramento no semiárido é um projeto diferenciado e inovador. Informou que a proposta apresentada é resultado de seu projeto de doutorado junto à Universidade Federal do Ceará e faz parte também do PforR anteriormente citado. Em seguida, disse que essa apresentação sobre enquadramento foi realizada na 41ª Reunião Ordinária do Comitê das Bacias Metropolitanas, e, na oportunidade, foi solicitado a preparação de metas intermediárias e enquadramento da bacia do açude Acarape do Meio. Assim descritos: nascente do rio Pacoti tendo sua situação atual 2, meta par 10 anos 2 e meta para 20 anos 2 e enquadramento 2; na sede de município de Pacoti situação atual 4, meta para 10 anos 4, para 20 anos 2 e enquadramento 2; no Distrito Jordão a situação atual é 4; meta para 10 anos 2, para 20 anos 2 sendo o enquadramento 2; no Distrito Canadá a situação atual é 4, meta para 10 anos 2, meta para 20 anos 2 e enquadramento 2; no Açude Acarape a situação é 4, meta para 10 anos 3, para 20 anos 2 e enquadramento 2; no riacho Brenha situação atual é 4, meta para 10 anos 3, meta para 20 anos 2 e enquadramento 2; no riacho Calção a situação atual é 4, com meta para 10 anos 3, meta para 20 anos 2 e enquadramento 2; no riacho Canabrava a situação 4, meta para 10 anos 3, meta para 20 anos 2, e enquadramento 2. Na sequência, Berthyer informou que foi sancionada pelo Governo do Estado a Lei da Política Estadual de Resíduos Sólidos, que tem como horizonte a recuperação de áreas degradadas pelos lixões em 20 anos. Falou também sobre o Plano Municipal de Saneamento Básico no Pacoti CE, que trata do controle da erosão dos corpos hídricos, da recuperação de Área de Preservação Permanente – APP em processo de desertificação. Depois disso, o técnico Berthyer apresentou a **minuta de enquadramento do Acarape do Meio, Pacoti que foi aprovada por unanimidade pelo CBH RMF para num horizonte de 20 anos se chegar a classe 2. Devendo haver pequenas correções como: _____**. O técnico vai fazer e após, a secretaria executiva passará via e-mail para todos os membros do CBH RMF. Ele ressaltou que para se atingir o objetivo o governo e a sociedade tem que adotar como Política Pública com plano de ações e acompanhamento de metas. Para ele o cenário político é favorável, já que tem vários setores trabalhando com objetivos similares. Na sequência, Krisinha Martins apresentou os dados sobre a situação hídrica referente a volumes de água, dando um panorama geral do Estado e da RMF. Tomando como referência a data do dia 21 de Junho de 2016 estava com um acúmulo correspondente a 12,48% da sua capacidade, disse ele. As bacias metropolitanas na mesma data com 19,54%. Ele informou também sobre os dados dos reservatórios do Sistema RMF como Orós com 34% correspondendo a 658,694 milhões de m³; o Castanhão com 584,724

milhões de m³ representando um percentual de 8,7% de sua capacidade total. O açude Curral Velho com 7,684 m³ ou 63,1%. Lembrando ele, que esse reservatório é uma estrutura de passagem, mantida artificialmente. O açude Aracoiaba com 27,009 milhões de m³ ou 16,7%. Em se tratando do Pacajus registra-se 36,101 correspondendo a 15,6%. o Pacoti com 106,520 milhões de m³ ou um percentual de 28,0%. O açude Riachão 14,780 milhões de m³ perfazendo um percentual de 31,5%. O Gavião com 26,683 milhões de m³ ou 80,1%. O açude Acarape do Meio com 10,557 milhões de m³ ou 35,7%. O Sítios Novos com 1,454 milhões de m³ ou em percentual 1,2% e o Banabuiú com 12,749 milhões de m³ perfazendo um percentual de 0,8%. Continuou a apresentação com a operação dos açudes isolados, em milhões de m³: Amanary com 0,603% ou 5,5m³; o Batente com 2,445 ou 7,3%; Castro com 0,880 ou 1,4%. O Catucinzenta com 2,021 ou 8,1%. O Cauhipe com 8,654 ou um percentual de 72,2%. O Itapebussu com 4,297 ou 68,2%. O Macacos com 1,047 ou 10,1%. O Malcozinhado com 7,324 ou 20,0%. O Penedo com 0,467 ou 19,5%. O Pesqueiro com 0,828 ou 9,2%. O Pompeu Sobrinho com 7,004 ou 4,9% e o Tijuquinha com 0,811 ou 92,0%. Deu sequência a sua explicação abordando os reservatórios por nível de criticidade, considerando o alcance de uma reserva mínima em outubro, novembro de 2016 e janeiro de 2017, seria **muito crítico**: Penedo, Tijuquinha, Castro, Batente, Amanary. Como **crítico**, considerando o alcance do volume mínimo em março, abril e maio de 2017, os açudes: Cauhipe, Macacos, Catucinzenta. Em **média criticidade**, o Malcozinhado, Sítios Novos, Pesqueiro, considerando o alcance do volume mínimo em junho e agosto de 2017. Em **alerta** estaria o Acarape do Meio, considerando o alcance do volume mínimo em dezembro de 2017. **Fora de criticidade**, considerando alcance do volume mínimo após dezembro de 2017: o Itapebussu, Maranguapinho, Pompeu Sobrinho. Após essa explicação Krisinha Martins informou sobre possíveis faixas de vazões para operação dos açudes, em L/s: Penedo entre 20-30; Tijuquinha 60-85; o Castro 20-40; Batente 20-40; Amanary 0-15; Cauhipe 300-400; o Macacos 10-20; Catucinzenta 30-50; Malcozinhado 100-150; Acarape do Meio 150-300; Sítios Novos 0-15; Pesqueiro 10-30; Itapebussu 20-50; Maranguapinho 0-200 e o Pompeu Sobrinho 10-40. Cléa Rocha explicou que essas faixas apresentadas ao CBH RMF ainda é uma introdução do assunto para futuras reuniões de alocação dos açudes. Informou que nos outros comitês do Estado realiza-se uma reunião para escolha das faixas de operação dos açudes e depois desse momento é realizada uma reunião para cada reservatório onde é decidida a vazão média a ser operada, e concluiu, havendo Comissão Gestora do Sistema Hídrico, caso seja necessário, seus membros é quem votam para decidir essa vazão. Na sequência, um membro do CBH RMF sugeriu que seu colegiado realizasse uma reunião com a Associação dos Municípios do Estado do Ceará – APRECE. Outro membro do CBH colocou sobre a problemática de um açude chamado _____, segundo ele, construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS. Informou que o mesmo não é monitorado pela Cogerh, e que está havendo uso indiscriminado, ocorrendo desperdício. Ele queria saber como incluir o açude na lista de monitoramento da Cogerh. Cléa Rocha orientou que trouxesse um pedido formal da comunidade para análise da Cogerh. Em seguida, a Fundação Nacional de Saúde – Funasa passou um informe sobre um Edital que está aberto para inscrição de projetos sobre o uso consciente da água, para tanto, disse ela, maiores informações no site da Funasa. Em seguida, Cléa Rocha repassou um informe da Secretaria do Meio Ambiente do Estado, a respeito de um quadro de capacitações que devem ocorrer com o CBH RMF e algumas Comissões Gestoras, tais capacitações fazem parte do Programa por Resultados – PforR. Ficou acertado com o CBH que na próxima Reunião Extraordinária do Comitê marcada pelo CBH para o dia 22 de Julho de 2016 em Fortaleza, a Sema traria uma proposta de datas. Essa reunião, informou Nildo membro da Diretoria do CBH RMF tratará do restante da pauta não esgotada na reunião atual. Como: a

apresentação das ações para convivência com a seca, pelo Comitê Integrado da Seca; O trabalho em grupo do CBH para definir ações de trabalho de acordo com o relatório da última capacitação ocorrida no CBH pela consultora Rosana Garjulli. Outro assunto abordado, segundo ele, será o fundo de recursos hídricos. Ainda nos informes finais, Dedé de Aracoiaba membro do CBH RMF deixou registrado o seu pedido para que a Cogerh não libere mais água do açude Aracoiaba, depois da operação dos 10 milhões prevista. Ele teme que a região fique sem água. E nada mais havendo a tratar. Eu, Francisco Nildo da Silva, secretário do CBH RMF lavrei a presente ata que será por mim assinada e pelos demais presentes à reunião em lista anexa.

1ª Reunião Grupo de Trabalho de Enquadramento dos Corpos Hídricos

Data: 28/05/2014

Hora: 09h

Local: Sala do Comitê - Cogerh

Participantes:

- Paulo Miranda – SRH
- Virgínia Carvalho – SEMACE
- Berthyer Peixoto – Cogerh
- Michele Mourão – Ypióca
- Socorro Moreira – SENGE

Reunião:

Paulo Miranda, diante do pequeno número de participantes na 1ª reunião do GT, disse que seria inviável a definição do coordenador e secretário, bem como o período de duração do GT, ficando para ser definida essas questões na próxima reunião.

Ficou também decidido adotar na íntegra o documento do CBH-RMF sobre as Regras de Participação em Câmaras Técnicas ou Grupo de Trabalho, a qual segue em anexo. Berthyer Peixoto Lima, alertou sobre a importância da persistência do GT, porque é um exercício de discussão, consulta e deliberação.

Paulo Miranda destacou a grande dificuldade do Enquadramento dos reservatórios no semiárido, como um corpo hídrico extremamente sazonal. Paulo ainda elencou que o Estado não pode fechar os olhos para o lançamento de efluentes.

Em consenso do GT, ficou acertado que em um primeiro momento, o Grupo iniciaria com o estudo do aspecto da legislação que envolve o processo de Enquadramento.

Michele Mourão propôs que esse estudo dos aspectos da legislação fosse prioridade para discutir nas próximas reuniões e que seja definido o tempo para o término dessas discussões.

Ficou decidido que a próxima reunião, será no dia 04 de julho de 2014, às 9 horas na Cogerh.

Sem mais nada a declarar, assinam a presente ata:

Paulo Miranda

Virgínia de Caralho

Michele Mourão
Peixoto Lima

Socorro Moreira

Berthyer

2ª Reunião Grupo de Trabalho de Enquadramento dos Corpos Hídricos da RMF

Data: 18/07/2014

Hora: 09h

Local: Sala de Reunião - Cogeh

Membros da Comissão

- Michele Mourão – Ypióca
- Socorro Moreira – SENGE
- Ronaldo Queiros -CAGECE
- Nise Sanford- UNIFOR-

Técnicos da COGERH

- Berthyer Peixoto – Cogeh
- Maria de Jesus L. de Oliveira

Desenvolvimento da Reunião:

- i) O técnico Berthyer Peixoto Lima, fez a abertura da reunião do GT, falou da importância do CBH esta fazendo a discussão do enquadramento. A seguir apresentou a Legislação sobre esquadramento discutindo a Portaria 154/2002 que estabelece padrões de lançamento de efluentes industriais e de outras fontes poluidoras. Disse que deveria fazer um Resumo das Leis Federais para enviar para os membros da Comissão fazerem uma leitura para ser discutido na próxima reunião.
- ii) Por estarem participando apenas quatro membros da Reunião a Sra. Nise Sanford, disse que seria inviável a definição do coordenador e secretário, bem como o período de duração do GT, ficando para ser definida essas questões na próxima reunião.
- iii) Miclelle Matos discutiu com o grupo as Portarias 154 e 151 da SEMACE e sugeriu que fosse realizado 3 Seminários sobre Enquadramento com a Comissão Gestora do açude Acarape do Meio e representantes do poder Público Municipal, empresário, Câmara Municipal onde será apresentado a resolução CONAMA 357 e demais legislação que trata da classificação dos Recursos Hídricos superficiais. O último seminário seria para tratar da Consulta pública para definir a classe a ser enquadrado o açude.
- iv) Mickelle sugeriu que o GT de Enquadramento realizasse uma ampla divulgação desse Instrumento de gestão a ser implantado, através de Cartazes, spot em programa de rádio banners, camisetas e outros meios.
- v) A Sra. Socorro disse que o SENGE (Sindicato dos Engenheiros) tem um Programa de rádio que poderá disponibilizar para a referida divulgação.
- vi) O GT discutiu o problema do lançamento de efluentes em ambientes lênticos no Estado do Ceará e a importância da aplicação da Legislação para proteger a qualidade das águas.

Vii) Michele Mourão propôs trazer para estudo um texto resumo da legislação para apresentar no seminários públicos.

viii) Ficou decidido que a próxima reunião, será no dia 19 de Agosto de 2014, às 9 horas na Cogerh.

Fortaleza, 18 de julho de 2014

Sala de reunião da COGERH.

ATA 3ª REUNIÃO ENQUADRAMENTO – 26/08/2014

Dia: 26/08/2014

Local: Cogerh

Presentes:

Berthyer Peixoto-Cogerh

Cléa Rocha-Cogerh

Michele Matos-Ypióca

Ronaldo Queiroz-Cagece

Aguinaldo Rocha-Câmara Municipal de Guaramiranga

Magda Marinho-Conpam

Vanja Boaventura-Cogerh

Aos vinte e seis dias do mês de agosto de 2014, esteve reunido na Cogerh, o Grupo de Trabalho sobre Enquadramento dos Corpos Hídricos. Berthyer falou que o Enquadramento é uma coisa e a Classificação é outra. “O Enquadramento é um instrumento de planejamento, é muito importante, você só deveria outorgar se o corpo hídrico tivesse enquadrado”, enfatizou. Também falou que o Presidente da FIEC disse que não teria nenhum problema em pagar, desde que o Estado fornecesse a classe para a indústria. Berthyer disse que o gerente da Cagece de Itapipoca, Cristhian, falou que a Cagece de Irauçuba anunciou na rádio que a população não bebesse água da Cagece pelo alto índice de toxinas, pois mesmo tratada é imprópria para o consumo humano. Cléa complementou, que água poluída quando se coloca cloro, as toxinas proliferam. O cloro mata a bactéria e a bactéria solta a toxina. Ronaldo denunciou que o pessoal em torno do açude tem curral dentro do reservatório. Por isso é importante a Classificação e o Enquadramento, argumentou Berthyer. A Michele questionou o uso de agrotóxicos e disse não existir Lei para o controle. O Comitê já pediu a ADAGRI para se posicionar sobre os agrotóxicos. Cléa falou que no Curu estão tirando as gaiolas por causa da qualidade da água, os peixes estão morrendo. Berthyer falou sobre uma Portaria da Ana, delegando a Outorga das pisciculturas dos açudes para a Cogerh ou SRH dar o parecer. A Outorga vai ser dada pelo Ministério da Pesca. O Comitê precisa ficar atento. Michele disse que o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), aprova o Enquadramento, mais os Comitês também tem a competência pela Lei Estadual, de aprovar tudo que foi discutido por essa Câmara Técnica. A ideia é primeiro enquadrar o Açude Acarape do Meio. O diagnóstico tem que ser feito, aí sim, a Cogerh entra com a parte financeira ou institucional. A Cogerh tem as características por conta do Plano de Bacias que já foi realizado. Cléa argumentou que a Cogerh fez através da UFC, um Plano Hidroambiental dos açudes. Michele falou que tem que ter isso em mãos para fazer seminários e reuniões e apresentar para a população a situação da Bacia. Fazer articulação e mobilização até na Câmara dos Vereadores. Magda disse ser importante a Cogerh ou SRH, publicar no Diário Oficial os Membros dessa Câmara Técnica, pois daria uma responsabilidade maior aos integrantes e convidaria os órgãos públicos para participarem. A Cléa ficou de ver junto ao Berthyer sobre essa publicação.

Aguinaldo falou sobre as empresas que ganham as licitações para a construção de

cisternas, dizendo que eles excluem as pessoas de maior poder aquisitivo. Se o problema é água não tem que excluir ninguém. Eu como sou Vereador, tenho que comprar água em períodos de seca. A Cléa argumentou que independente da classe social a água tá faltando pra todos. Ficou decidido pelo Grupo de Trabalho sobre Enquadramento, que seria enviado quatro ofícios: Um para a Semace, solicitando o georreferenciamento em meio digital de todas as atividades fiscalizadas pela Semace, na Bacia Hidrográfica. Outro ofício para o IPECE, solicitando os dados socioeconômicos por município da Bacia Hidrográfica, o terceiro para a Secretaria das Cidades, informando sobre a alocação de recursos para instalação de fossas sépticas e banheiros nas comunidades difusas da Bacia Hidrográfica do Açude Acarape do Meio, bem como a situação de disponibilização de cisternas para a região. E o quarto ofício para a Secretaria de Ação Social, solicitando pessoal capacitado para acompanhar as ações deste Comitê, participando das reuniões do Grupo de Trabalho, designando titular e suplente, cujos ofícios serão feitos com antecedência.



**Ata da Reunião do Grupo de Trabalho de
Enquadramento de Corpos Hídricos do Comitê das
Bacias Hidrográficas da Região Metropolitanas de
Fortaleza (CBH- RMF)**

(4ª reunião)

Aos dezessete dias do mês de Dezembro do ano de dois mil e quatorze na sala de reuniões da COGERH- Município de Fortaleza, estiveram reunidos os Membros *Grupo de Trabalho de Enquadramento de Corpos Hídricos do Comitê das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitanas de Fortaleza (CBH- RMF)* para a Reunião de Apresentação e Análise da minuta da Lei que define as Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Região das Bacias Hidrográficas Metropolitanas, Salgado e Acaraú. A reunião contou com a presença dos seguintes membros: Maria do Socorro Moreira Araújo (SENGE- Sindicato dos Engenheiros do Ceará), Pedro Raimundo de Oliveira (SEUMA- Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente/PMF- Prefeitura Municipal de Fortaleza), Francisco Dermeval Pedrosa (IBAMA), Nise Sanford Fraga (UNIFOR) , Ronaldo Queiroz da Silva (CAGECE), Maria Zita Timbó Araújo (DNOCS), Francisco Nildo da Silva (UNILAB- Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afrobrasileira), Márcia Caldas (SRH), os técnicos da COGERH: Adahil Sena- Coordenador, Marciana Barbosa, da ASGAM- Assessoria de Gestão Ambiental), Cléa Rocha - Coordenadora do Núcleo de Gestão da Gerência Metropolitanas: Maria de Jesus Lopes de Oliveira. e Vanja Boaventura. A reunião teve como pontos de Pauta apresentar e discutir com o Grupo de Trabalho de Enquadramento dos Corpos Hídricos, a minuta da Lei que estabelece a criação das Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais- APRM da Região das Bacias Hidrográficas Metropolitanas, Salgado e Acaraú. A reunião teve início com o técnico Adahil Sena, contextualizando sobre as fundamentações e dando informes ao Grupo sobre o Programa por Resultados (PforR), do Banco Mundial. Disse que o programa consiste em um financiamento do Banco Mundial e nossa contrapartida será cumprir indicadores ambientais os quais, dentre outros, são : O enquadramento dos açudes Pacoti, Riachão e Gavião , a elaboração e implantação de um Plano de Segurança Hídrica para as referidas Bacias Hidrográficas e a aplicação da lei. Informou que já foi elaborado um Termo de Referência e o Projeto inclui também a contratação de Consultoria. Dando prosseguimento disse que a minuta da Lei apresentada, composta de 88 artigos, é robusta e visa inovar, ou seja, fazer com que as ações sejam integradas e compartilhadas entre as diversas instituições, principalmente, integrando as instituições e ações no âmbito do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, de uso e ocupação do solo, saneamento básico, dentre outras, compartilhando e interagindo as ações nos âmbitos Federal, Estadual e Municipal, e a sociedade em geral, incluindo grupos indígenas e quilombolas. Apresentou e discutiu com o Grupo os seguintes aspectos da Lei: Objetivos, Definições dos Instrumentos, Instrumentos de Planejamento e Gestão da APRMM, Da Qualidade da Água; Das áreas de Intervenção das áreas de restrição e ocupação; Das áreas de ocupação dirigida; Das áreas de recuperação ambiental; Da infra-estrutura de saneamento ambiental; Dos resíduos sólidos; Das águas pluviais e controle de cargas difusas; Do Sistema Gerencial de Informações; Do monitoramento da Qualidade ambiental da APRMM; Do Licenciamento, da Regularização da Compensação e Fiscalização; Do Suporte Financeiro; das Infrações e

Penalidades. Durante a exposição dialogada o debate ocorreu com a manifestação dos membros do grupo fizeram sugestões. Todos os participantes foram unânimes em elogiar a proatividade da COGERH ao fazer grande pesquisa até minutar a proposta da lei . Dando prosseguimento, a Sra. Márcia Caldas sugeriu que no Art.2º fôsse citada a SRH (Secretaria dos Recursos Hídricos como Órgão Gestor) , sugeriu observar o decreto de fiscalização na redação do capítulo da Fiscalização, o qual está em fase final de conclusão. . A Sra. Zita Timbó sugeriu que o Enquadramento fôsse mencionado especificamente na Lei. ii) Que a lei seja complementar a Lei Estadual de Recursos Hídricos. Neste momento o Sr. Adahil reiterou o que explanara no início, citando que será uma nova lei, específica para integrar as ações das instituições de recurso hídricos, ambientais, de uso e ocupação do solo, saneamento básico, dentre outras, portanto não achando conveniente complementar somente a lei de recursos hídricos. O professor Nildo, da INILAB sugeriu que a lei definisse um prazo para ser atualizada, ii) definisse a realização de análise de metais pesados na água pelo Estado; iii) Ao falar dos parâmetros de análise basear-se na Resolução CONAMA ou Lei Federal; iv) Separar claramente os temas produção de água e qualidade da água v) acrescentar um inciso falando de queimadas. O Sr. Ronaldo da CAGECE sugeriu que seja acrescentado um inciso sobre monitoramento de resíduos de piscicultura. A Comissão sugeriu outras reuniões para aprofundar o debate sobre a Lei para poder contribuir com segurança. Ficou marcada uma outra Reunião para o dia 15 de janeiro de 2015. Como encaminhamento foi sugerido que o grupo fizesse uma releitura da minuta da Lei e elaborasse sugestões e enviasse para a COGERH até dia 15 de janeiro de 2015. E nada mais havendo a tratar a reunião foi encerrada. Eu, Maria de Jesus L. de Oliveira, Analista de Gestão de Recursos Hídricos da COGERH, lavrei e declaro encerrada a ata assinada por mim e pelos presentes em lista anexa.



***Ata da Reunião do Grupo de Trabalho de Enquadramento
de Corpos Hídricos do Comitê das Bacias Hidrográficas
da Região Metropolitanas de Fortaleza (CBH- RMF)***

(5ª reunião)

Aos vinte dia do mês de Janeiro do ano de dois mil e quinze na sala de reuniões da COGERH- Município de Fortaleza, estiveram reunidos os Membros *Grupo de Trabalho de Enquadramento de Corpos Hídricos do Comitê das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitanas de Fortaleza (CBH- RMF)* para a Reunião de Apresentação e Análise da minuta da Lei que define as Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Região das Bacias Hidrográficas Metropolitanas, Salgado e Acaraú. A reunião contou com a presença dos seguintes membros: Maria do Socorro Moreira Araújo (SENGE- Sindicato dos Engenheiros do Ceará), Pedro Raimundo de Oliveira (SEUMA- Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente/PMF- Prefeitura Municipal de Fortaleza), Ronaldo Queiroz da Silva (CAGECE), Mailde Carlos (CREA), Manoel Aguinaldo (Câmara Municipal de Guaramiranga) os técnicos da COGERH: Adahil Sena- Coordenador, Cléa Rocha - Coordenadora do Núcleo de Gestão da Gerência Metropolitanas: Bertheyer Peixoto Lima, Patricia Trajano de Castro e Neyane Monte. A reunião teve como pontos de Pauta apresentar e discutir com o Grupo de Trabalho de Enquadramento dos Corpos Hídricos, a minuta da Lei que estabelece a criação das Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais- APRM da Região das Bacias Hidrográficas Metropolitanas, Salgado e Acaraú. A reunião teve início com o técnico Adahil Sena, contextualizando sobre as fundamentações e dando informes ao Grupo sobre o Programa por Resultados (PforR), do Banco Mundial. Disse que o programa consiste em um financiamento do Banco Mundial e nossa contrapartida será cumprir indicadores ambientais os quais, dentre outros, são : O enquadramento dos açudes Pacoti, Riachão e e Gavião , a elaboração e implantação de um Plano de Segurança Hídrica para as referidas Bacias Hidrográficas e a aplicação da lei. Informou que já foi elaborado um Termo de Referência e o Projeto inclui também a contratação de Consultoria. Dando prosseguimento disse que a minuta da Lei apresentada, composta de 88 artigos, é robusta e visa inovar, ou seja, fazer com que as ações sejam integradas e compartilhadas entre as diversas instituições, principalmente, integrando as instituições e ações no âmbito do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, de uso e ocupação do solo, saneamento básico, dentre outras, compartilhando e interagindo as ações nos âmbitos Federal, Estadual e Municipal, e a sociedade em geral, incluindo grupos indígenas e quilombolas. O Sr. Adahil Sena começa lendo a lei para que se possa fazer algumas alterações. Será marcada uma outra Reunião para o dia no mês de fevereiro de 2015 sem data no momento. Como encaminhamento foi sugerido que o grupo fizesse uma releitura da minuta da Lei e elaborasse sugestões e enviasse para a COGERH. E nada mais havendo a tratar a reunião foi encerrada. Eu, Patricia Trajano de Castro Técnica em Gestão da COGERH, lavrei e declaro encerrada a ata assinada por mim e pelos presentes em lista anexa.



ATA DA REUNIÃO DE ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DO SISTEMA
HÍDRICO ACARAPE DO MEIO

16/03/2016

Aos dezesseis dias do mês de março do ano de dois mil e dezesseis, estiveram reunidos no município de Redenção, os usuários do sistema hídrico: Acarape do Meio, num total de 22 participantes. A reunião teve como objetivo reunir os usuários das águas do açude Acarape do Meio, para acompanhar a situação do referido sistema hídrico e proposta de enquadramento. A reunião teve início com a abertura feita com o Gerente de Infra Estrutura Sr. Berthyer Peixoto, que inicialmente apresentou-se e solicitou aos presentes que se apresentassem, ressaltando que estava muito feliz com a presença de todos nesse momento tão preocupante de escassez de água. Reforçou a importância da participação de todos no processo de gerenciar a água e informou da preocupação com a quadra chuvosa de 2016, que já é uma preocupação global, devido à presença do maior “el ninõ”.

Após quatro anos de coletas de dados e estudos sobre o uso e a ocupação do solo na bacia hidrográfica do açude Acarape do Meio, reuniões com a comissão gestora do açude Acarape do Meio, implantação de um Grupo de Trabalho (GT) no comitê de bacias no CBH-RMF, de visitas e entrevistas com os múltiplos usuários desta bacia, para uma construção participativa da proposta de enquadramento do trecho do rio Pacoti e reservatório, é que foi possível apresentar como produto o diagnóstico e prognóstico da bacia como parte de uma nova metodologia para enquadramento de corpos d'água no semiárido. O Berthyer apresentou os meios utilizados pela pesquisa, com instalação de oito seções de medição de vazão e coleta de água para qualidade ao longo dos rios Pacoti, Canabrava, Calção e Brenha, com o objetivo de cobrir toda a bacia hidrográfica e identificar a poluição pontual e difusa para calcular a carga de fósforo que chega ao reservatório anualmente, além da coleta de água para qualidade na bacia hidráulica do açude Acarape do Meio. Para a modelagem do reservatório foi escolhido o parâmetro fósforo por ser o mais representativo, e para baratear o processo de coleta de dados. Os dados de saída da modelagem do rio Pacoti, através do modelo QUALUFMG, oriundo do modelo americano QUAL2E, serviram como dados de entrada para a modelagem do reservatório proposto pela pesquisa que foi conduzida pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). Os dados atuais mostraram que o primeiro trecho do rio Pacoti, que inicia-se na sua nascente e vai até a entrada da sede do município de Pacoti se

classifica como classe 2 conforme CONAMA nº357/05. O segundo trecho monitorado, que inicia-se após a sede daquele município e finda na localidade Jordão, encontra-se como classe 4, assim como o trecho Jordão até a entrada no reservatório, conforme a mesma resolução CONAMA. Foi ainda mostrado que os elementos saneamento básico, pecuária e agricultura são os usos que mais impactam a bacia. A forma precária de operação das três Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) contribuem expressivamente para a degradação da qualidade da água no rio e no reservatório, cuja entrada de fósforo em ton/ano está em 19,2. Quando é feita a simulação para a melhoria da eficiência de remoção de fósforo por parte das ETE's para 90 %, a carga de fósforo de entrada é reduzida para 1,9 ton/ano, o que possibilita o reservatório alcançar a classe 2 em 2 anos. Diante do que foi apresentado, duas propostas de enquadramento foram colocadas para apreciação da comissão gestora do açude Acarape do Meio, a saber: a primeira seria manter o primeiro trecho do rio Pacoti na sua classe atual, ou seja, classe 2, o trecho seguinte entre a sede do município de Pacoti e a localidade Jordão ficaria na classe 3 e os trechos finais até a entrada no açude ficaria na classe 2, bem como os demais afluentes, assim como o reservatório. Como segunda proposta de enquadramento, todo o rio Pacoti e afluentes, bem como o reservatório Acarape do Meio seriam enquadrados na classe 2. Por decisão unânime a proposta vencedora foi a 2, ou seja, todo o rio Pacoti e o reservatório foram enquadrados como classe 2, conforme resolução CONAMA nº 357/05. O próximo passo será levar essa decisão para o Comitê de Bacias, o CBH-RMF, para sua reunião de capacitação a se realizar no dia 31 de março de 2016. Após discussões e avaliações naquele comitê, e caso a proposta seja referendada pelo mesmo, a proposta de enquadramento do trecho do rio Pacoti e do reservatório Acarape do Meio, deverá ser encaminhada para o órgão máximo da gestão, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), para sua devida aprovação e emissão de resolução como a primeira experiência exitosa em enquadramento de um trecho de rio e de um reservatório no semiárido brasileiro, tomando por base a resolução CONAMA nº 357/05. Em seguida técnico Krishna Martins deu início a evolução volumétrica de 1992 a 2015 destacando percentual de volume armazenado, volume de alerta, capacidade do açude volume mínimo operacional. Apresentou a seguir o gráfico do comparativo “simulado versus realizado”. Discutiu o gráfico do histórico dos volumes armazenados para os anos de 1992 a 2016, apresentando o ano de 2016 como muito crítico. Apresentou tabela com os resultados das simulações contendo os prováveis volumes armazenados, com previsão de problemas para abastecimento humano. O açude hoje está com o volume de 25% na data de hoje. Encaminhamentos: A comissão pede que se faça outra reunião com técnicos da gestão e técnicos da outorga, para se fazer o cadastro e informar o que faltas para os usuários que já deram entradas com os documentos para outorgas. Pede – se também que se faça um trabalho de conscientização para o uso d'água. Que haja uma fiscalização do açude Manoel Dias. Que tenha outra reunião no mês de julho. E nada mais havendo a tratar a reunião foi encerrada da qual eu, Técnica da COGERH, Patricia Trajano de Castro Silva, lavrei esta ata assinada por mim e pelos presentes nominados em lista anexa.