



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**ÁREA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS**

**NAILZA OLIVEIRA DE ARRUDA**

**Controle do aporte de fósforo no reservatório de Itaparica  
localizado no semiárido nordestino**

**Recife/2015**

**NAILZA OLIVEIRA DE ARRUDA**

**Controle do aporte de fósforo no reservatório de Itaparica  
localizado no semiárido nordestino**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil - Área de Concentração em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da UFPE.

**Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Maria do Carmo Martins Sobral**  
Orientadora

**Recife/2015**

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Valdicèa Alves, CRB-4 / 1260

A773c

Arruda, Nailza Oliveira de.

Controle do aporte de fósforo no reservatório de Itaparica localizado no semiárido nordestino / Nailza Oliveira de Arruda. - Recife: O Autor, 2015. 186folhas, Il. Abr. Graf. Quad. Sigl.e Tabs.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo Martins Sobral.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, 2015.

Inclui Referências e Apêndices.

1. Engenharia Civil. 2. Agricultura irrigada. 3. Drenagem agrícola.  
4. Gestão ambiental. I. Sobral I, Maria do Carmo Martins. (Orientadora).  
II.Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2015-152



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A comissão examinadora da Defesa de Tese de Doutorado

**CONTROLE DO APORTE DE FÓSFORO NO RESERVATÓRIO DE ITAPARICA  
LOCALIZADO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

defendida por

Nailza Oliveira de Arruda

Considerada a candidata APROVADA

Recife, 07 de julho de 2015.

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria do Carmo Martins Sobral - UFPE  
(orientadora)

---

Prof. Dr. José Coelho de Araújo Filho - EMBRAPA  
(examinador externo)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho - IFPE  
(examinador externo)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Valdinete Lins da Silva – UFPE  
(examinadora externa)

---

Prof. Dr. Paulo Tadeu Gusmão - UFPE  
(examinador externo)

**Dedico**

À minha mãe, Zilda Oliveira de Arruda (*In memoriam*), uma grande mulher.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS todas as minhas histórias e vitórias.

À minha família, aos meus pais, por me ensinarem valores de respeito e integridade, especialmente para minha mãe Zilda Oliveira de Arruda (*In memoriam*) por sua fortaleza e alegria. À minha filha Analuiza que é meu estímulo para continuar no caminho de maiores conquistas. Agradeço ao meu marido Josenildo Batista Nascimento pelo amor, paciência e pelo incentivo sempre presente em todas as conquistas ou dificuldades.

Um agradecimento mais do que especial à professora e orientadora Dr.<sup>a</sup> Maria do Carmo Martins Sobral, a quem tanto admiro. Obrigada por me receber tão bem em seu grupo, pela colaboração e pela oportunidade de aprender.

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), ao Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), ao Departamento de Engenharia Civil e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela construção do ideal de formação de pesquisadores e pelo apoio acadêmico ao longo do curso.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo valioso apoio financeiro.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, pelo interesse e discussões contínuas na formação dos alunos, em especial: Edmilson Lima, Mario Kato, Sávia Gavazza Pessôa e Lourdinha Florêncio, como também à Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Renata Carvalho do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Prof.<sup>a</sup> Valdinete Lins do Departamento de Engenharia Química, Professor Dr. Günter Gunkel da Universidade Técnica de Berlin pelas valiosas considerações para elaboração da minha pesquisa.

À Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, em especial às técnicas Andreia e Claudiane pelo suporte competente, sempre acompanhado com presteza e atenção.

Aos amigos e colegas de Projeto Innovate, toda a equipe alemã, em especial Florian Selge, Maricela Rodriguez e Débora Marino e ao meu parceiro de projeto, Jonas Keitel. Um agradecimento especial à toda equipe brasileira e em especial Gustavo Melo, Janaina Assis, André Ferreira, Maiara Gabrielle, Gérsica Silva e Mariany Monteiro pela colaboração acadêmica e companheirismo.

Ao amigo Marcos Coutinho da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paraíba (CODEVASF), pela atenção e apoio técnico para melhor compreensão da área de estudo. Aos amigos técnicos que fazem a Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) no Perímetro de Icó-Mandantes, pela contribuição no suporte para o trabalho de campo e também à Prefeitura de Petrolândia, em especial ao Secretário de Agricultura e Meio Ambiente Sr. Fábio Menezes, pela atenção e apoio institucional.

Agradeço a todas as pessoas e instituições públicas e privadas que colaboraram para o desenvolvimento dessa pesquisa, minha profunda gratidão.

## APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi elaborado para ser apresentado à Banca Examinadora do Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco, como exigência parcial para obtenção do grau de Doutor.

O tema desta pesquisa está vinculado ao Projeto de Cooperação Internacional Innovate, *“Interplay between the multiple use of water reservoirs via innovative coupling of substance cycles in aquatic and terrestrial ecosystems”* com financiamento dos governos do Brasil e da Alemanha, sob a coordenação da Universidade Técnica de Berlin (TU Berlin) e da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O Projeto Innovate tem como objetivo apontar a otimização dos múltiplos usos dos reservatórios artificiais a partir da implantação coordenada de inovações técnicas e modernas de estratégias de uso da água e do solo, para o aumento da produtividade agrícola, redução da emissão de gases de efeito estufa e manutenção da biodiversidade. Tem-se como objeto de estudo o reservatório de Itaparica, localizado entre os estados de Pernambuco e Bahia, no trecho submédio do rio São Francisco, semiárido brasileiro.

A autora é Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1997), tem especialização em Educação Ambiental como Instrumento de Gestão pela Universidade de Pernambuco (2002) e Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais pela Universidade Federal de Pernambuco (2005). Durante o mestrado trabalhou aspectos de qualidade da água para gestão integrada dos recursos hídricos na Bacia do Rio Pirapama. A autora tem mais de 18 anos de experiência profissional no controle e gestão ambiental de grandes empreendimentos industriais.

Em 2002 participou do Programa de Transferência de Tecnologia Ambiental na Alemanha, direcionado para técnicas de controle da qualidade da água e efluentes. Atualmente desenvolve atividades na área de consultoria ambiental voltadas principalmente para os temas controle da poluição e gestão ambiental. Com o desenvolvimento desta pesquisa no semiárido pernambucano e na região do reservatório de Itaparica, a mesma teve a oportunidade de agregar seus conhecimentos práticos sobre o monitoramento da qualidade da água e técnicas de reciclagem de efluentes para interpretação dos resultados, principalmente, quanto da água de drenagem agrícola oriunda da atividade de agricultura irrigada no entorno do reservatório.

Os resultados alcançados podem subsidiar a melhoria da gestão de áreas do entorno de reservatórios de múltiplos usos, especialmente para usos associados a projetos de agricultura irrigada, contribuindo para o desenvolvimento local sustentável no semiárido nordestino.

ARRUDA, N. O. de. Controle do aporte de fósforo no reservatório de Itaparica localizado no semiárido nordestino. 2015. 175f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Área de Concentração em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria do Carmo Martins Sobral

## RESUMO

O aporte de nutrientes é um dos fatores determinantes para estabelecer o estado trófico de reservatórios. O fósforo é o elemento nutrição limitante na produção primária da maioria desses ecossistemas aquáticos, o que torna seu controle muito importante para a gestão ambiental. A análise integrada dos teores, formas e efeitos do fósforo nas águas e sedimentos de fundo dos reservatórios, consiste numa ferramenta poderosa quando considera informações relacionadas às práticas adotadas para implantação e suporte das atividades econômicas desenvolvidas no entorno ou dentro dos reservatórios. No semiárido brasileiro, reservatórios artificiais de grandes dimensões são utilizados prioritariamente para abastecimento humano, produção de hidroeletricidade, agricultura irrigada e mais recentemente, a piscicultura intensiva vem se consolidando como arranjo produtivo importante na geração de trabalho e renda para população local. Neste contexto, a adoção de práticas sustentáveis desde a concepção dessas atividades econômicas, ganha cada dia mais destaque na gestão de perdas de nutrientes, contribuindo para redução do aporte para os reservatórios e dos riscos de eutrofização cultural desses corpos hídricos. Esta pesquisa tem como objetivo apresentar estratégias para minimizar o aporte de nutrientes em reservatórios, utilizando o fósforo como elemento de controle e possibilitando ao gestor a realização de análise integrada às atividades econômicas. Para isso, utilizou-se como área de estudo o Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes, inserido nos municípios de Petrolândia e Floresta, no entorno do reservatório de Itaparica, localizado no trecho Submédio do rio São Francisco. Para atingir este objetivo, foi realizada uma avaliação integrada das atividades antrópicas instaladas na margem pernambucana do reservatório. Inicialmente, foi avaliada a qualidade da água de drenagem agrícola oriunda do Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes, em seguida foi realizado caracterização das principais fontes pontuais e difusas de fósforo. Também foi verificada a ocorrência de fósforo no sedimento de fundo da Baía de Icó-Mandantes e a avaliação foi complementada com o levantamento do perfil socioeconômico dos agricultores sobre as práticas adotadas para fertilização do solo. Como resultado, obteve-se uma água de drenagem agrícola com concentrações de fósforo dentro de padrões aceitáveis. Quanto aos sedimentos de fundo, as quantidades representativas de fósforo se encontram nas formas adsorvidas e não biodisponíveis à curto prazo. Em geral, os agricultores têm baixa escolaridade e desenvolvem práticas inadequadas para de fertilização do solo. Foram propostas estratégias de controle do aporte de fósforo baseadas em boas práticas de manejo e manejo integrado de nutrientes para as atividades de agricultura irrigada e piscicultura em tanques-rede. Os resultados obtidos confirmaram a hipótese de que as práticas adotadas para fertilização do solo, a piscicultura desenvolvida em tanques-rede e o lançamento de esgotos sanitários aumentam o risco de eutrofização dos reservatórios pela contribuição do aporte de fósforo na água e nos sedimentos de fundo.

**Palavras-chave:** Agricultura irrigada. Drenagem agrícola. Gestão ambiental.

ARRUDA, N. O. Phosphorus control in Itaparica reservoir in the Brazilian semiarid region. Federal University of Pernambuco, Recife, 2015. As part of the necessary requirements for obtaining the Doctor of Science (D.Sc.) degree.  
Supervisor: Dr. Maria do Carmo Martins Sobral

## ABSTRACT

The supply of nutrients is one of the determining factors to establish the trophic state of reservoirs. Phosphorus is the limiting foster-element in the primary production for most of these aquatic ecosystems, which makes its control very important for the environmental management. The integrated analysis of the concentration, shape and effects of phosphorus in waters and sediments of the bottom of reservoirs is a powerful tool when considering information related to adopted practices for implantation and support of economic activities developed inside or around reservoirs. In the Brazilian semi-arid region, artificial reservoirs of great dimensions are used primarily for human supply, hydroelectricity production, irrigated agriculture and more recently, for intensive fish farming, which has become an important productive arrangement in generating jobs and income for the local people. In this context, the adoption of sustainable practices from the design of these economic activities, earns each day more emphasis on managing nutrient losses, contributing to reduce the supply to the reservoirs and the risks of cultural eutrophication of these water bodies. This research aims to develop a methodology to manage the supply of nutrients in reservoirs, utilizing the phosphorus as the checking element and allowing the manager to conduct integrated analysis to the selected practices in the economic activities. For that, the study area utilized was the county of Petrolândia and the irrigated perimeter of Icó-Mandantes, based around the Itaparica reservoir, located in the submedium of the São Francisco River. To achieve this goal, an integrated evaluation of the anthropogenic activities settled in the Pernambuco margin of the reservoir was conducted. Initially, the quality of the agricultural drain water from the irrigated perimeter of Icó-Mandantes was evaluated, and then a characterization of the major point and non-point sources of phosphorus was carried out. It were also checked the occurrence of phosphorus in the sediment of the bottom of the Icó-Mandantes Bay and the evaluation was complemented with the survey of the socioeconomic profile of farmers and the adopted practices for soil fertilization. As a result, the obtained agricultural drain water had concentration of phosphorus within the acceptable standards for agricultural areas. As for the bottom sediments, the representative quantities of phosphorus were found in adsorbed forms, not in bioavailable of short term. In general, the farmers have low education and develop inadequate practices for soil fertilization. It was proposed phosphorus intake control strategies based on good management practices and integrated nutrient management for irrigated agriculture and fish farming in cages activities. The acquired results confirmed the hypothesis that the practices for soil fertilization, the fish farming developed in cages and the release of sewage increase the risk of eutrophication of reservoirs by phosphorus intake contribution in water and bottom sediments.

**Keywords:** Irrigated agriculture. Agricultural drainage. Environmental management

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Distribuição dos reservatórios naturais e artificiais brasileiros	26
Figura 2.2	Distribuição das categorias tróficas em função da concentração de fósforo total, clorofila e da visibilidade do disco de Secchi	31
Figura 2.3	Processos de eutrofização natural e cultural	35
Figura 2.4	Representação da estratificação térmica em lagos ou reservatórios	39
Figura 2.5	Composição dos materiais transportados pelos rios	40
Figura 2.6	Esquema simplificado do ciclo do fósforo	41
Figura 2.7	Dinâmica do fosfato em reservatórios	44
Figura 3.1	Diagrama representativo das etapas da pesquisa	74
Figura 3.2	Delimitação da área de estudo	77
Figura 3.3	Baía de Icó-Mandantes e localização dos pontos de amostragem de sedimentos	83
Figura 4.1	Variação de nível no Reservatório de Itaparica de janeiro/2000 a dezembro/2014	89
Figura 4.2	Esquema do APL da piscicultura em Petrolândia	93
Figura 4.3	Localização das estações de tratamento de esgotos de Petrolândia	96
Figura 4.4	Imagem do reservatório de Itaparica com destaque para localização da Baía de Icó-Mandantes	97
Figura 4.5	Imagem da Baía de Icó-Mandantes e localização da obra do Eixo Leste	98
Figura 5.1	Esquema da rede de drenagem do Bloco-3	105
Figura 5.2	Esquema da rede de drenagem do Bloco-3 com destaque para a localização dos pontos de coleta de amostras	106
Figura 5.3	Esquema da rede de drenagem do Bloco-4	109
Figura 5.4	Esquema da rede de drenagem do Bloco-4 com destaque para a localização dos pontos de coleta de amostras	110
Figura 5.5	Correlação entre as concentrações de fósforo no solo e na água de drenagem agrícola	114
Figura 5.6	Imagem da coloração da água do reservatório no trecho onde ocorre o lançamento dos efluentes tratados a ETE Leste, na cidade de Petrolândia	118
Figura 5.7	Relações entre o nível de escolaridade do agricultor com as práticas agrícolas	139
Figura 6.1	Fluxograma para avaliação simplificada do risco de elevação do nível trófico das águas de reservatórios, com base no teor de fósforo na água	153
Figura 6.2	Avaliação dos riscos para atividade de piscicultura em tanques-rede quanto aos aspectos de qualidade da água	158

## LISTA DE FOTOS

Foto 2.1	Aspecto da espécie de macrófita <i>Egeria densa</i> e o registro da ocorrência no reservatório de Itaparica	49
Foto 3.1	Medição de campo para parâmetros físico-químicos na água de drenagem	80
Foto 3.2	Imagens da coleta e preparação das amostras de sedimento	84
Foto 4.1	Tubos coletores e drenos escavados integrantes do sistema de drenagem agrícola	101
Foto 5.1	Técnicas adotadas para reuso da água de drenagem no Bloco-4	116
Foto 5.2	Estabelecimentos comerciais nas agrovilas para venda de agroquímicos	120
Foto 5.3	Estações de Tratamento de Água instaladas nas Agrovilas	122
Foto 5.4	Estrutura construtiva e hidrossanitárias das casas nas Agrovilas	123
Foto 5.5	Estrutura construtiva e hidrossanitárias das casas nas Agrovilas	123
Foto 5.6	Ocupações irregulares no entorno da Agrovila 2 no Bloco-4	124
Foto 5.7	Fossas rudimentares instaladas nas casas das agrovilas	125
Foto 5.8	Expansão irregular da agricultura irrigada nas áreas de sequeiro e reserva legal	127
Foto 5.9	Criação intensiva de peixes em tanques-rede dentro do reservatório de Itaparica nos limites do município de Petrolândia	128
Foto 5.10	Imagens da estrutura da atividade de piscicultura em Petrolândia	131
Foto 5.11	Sistemas de irrigação por micro aspersão e gotejamento	141
Foto 5.12	Prática adotada após colheita com folhagem utilizada para pastagem de animais	148
Foto 5.13	Condições de armazenamento dos agroquímicos e a aplicação de fertirrigação	149
—		

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1	Concentrações de fósforo total nos sedimentos de fundo da baía de Icó-Mandantes	134
Gráfico 5.2	Concentração de fósforo total e fósforo disponível na água intersticial	135
Gráfico 5.3	Faixa etária dos agricultores de Icó-Mandantes	137
Gráfico 5.4	Condição dos agricultores quando ao direito de uso dos lotes irrigados	138
Gráfico 5.5	Nível de escolaridade dos agricultores	139
Gráfico 5.6	Sistemas de irrigação instalados	140
Gráfico 5.7	Sistemas de drenagem instalados dentro dos lotes irrigados	142
Gráfico 5.8	Frequência informada para realização de análises agronômicas	144
Gráfico 5.9	Plantas cultivadas nos lotes irrigados em janeiro de 2014	144
Gráfico 5.10	Técnicas adotadas para aplicação de fertilizantes químicos	145
Gráfico 5.11	Produtos utilizados pelos agricultores para fertilização do solo	146
Gráfico 5.12	Práticas alternativas empregadas pelos agricultores para melhoria das condições de fertilidade do solo	147
Gráfico 5.13	Práticas de armazenagem de fertilizantes químicos	149

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Principais reservatórios artificiais de múltiplos usos construídos a partir do barramento de rios	25
Quadro 2.2	Usos da água e condições recomendadas para nível trófico do reservatório	29
Quadro 2.3	Parâmetros físico-químicos de qualidade da água e valores indicados para produção de peixes em tanques-rede	61
Quadro 3.1	Métodos analíticos empregados para análises da água de drenagem	79
Quadro 5.1	Condição do fluxo da água de drenagem agrícola do Bloco-03 durante as campanhas de amostragem	104
Quadro 5.2	Condição de fluxo da água nos drenos do Bloco-04 durante as campanhas de amostragem da água dos drenos agrícolas	108
Quadro 5.3	Emprego de Boas Práticas Agrícolas e manejo integrado de nutrientes no Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes	151

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Dinâmica do uso da água no mundo por setor (km <sup>3</sup> /ano)	27
Tabela 2.2	Usos múltiplos da água por região do planeta (km <sup>3</sup> ano base 1995)	27
Tabela 2.3	Valores da OECD para classificação do nível trófico de reservatórios	30
Tabela 2.4	Critérios para classificação do Índice de Estado Trófico (IET)	33
Tabela 2.5	Padrões regionais estabelecidos como parâmetros físico-químicos indicadores de estado trófico dos corpos hídricos na Austrália e no Brasil	62
Tabela 2.6	Limites de fósforo na formulação de detergentes estabelecidos na Resolução CONAMA 359 a partir de maio de 2008	68
Tabela 3.1	Identificação e localização dos pontos de amostragem de sedimentos	82
Tabela 4.1	Principais características de dimensão e vazão do Reservatório de Itaparica	88
Tabela 4.2	Condição pontual de qualidade da água do Reservatório de Itaparica	88
Tabela 4.3	Perímetros de irrigação instalados nas margens do reservatório de Itaparica	91
Tabela 4.4	Evolução no número de habitantes em Petrolândia	95
Tabela 4.5	Teores de fósforo encontrados no solo dos lotes do Bloco-3	102
Tabela 5.1	Parâmetros físico-químicos e concentração de fósforo na água de drenagem agrícola do Bloco-3	107
Tabela 5.2	Parâmetros físico-químicos e concentração de fósforo na água de drenagem agrícola do Bloco-4	111
Tabela 5.3	Resultados comparativos da água de drenagem agrícola nos Blocos 3 e 4	112
Tabela 5.4	Características agronômicas do solo nos anos de 2011 e 2012	113
Tabela 5.5	Teores de fósforo encontrados no solo do Bloco-3	114
Tabela 5.6	Relação das licenças ambientais para empreendimentos aquícolas no reservatório de Itaparica requeridas à CPRH entre os anos de 2005-2007	129
Tabela 5.7	Licenças ambientais concedidas pela CPRH para empreendimentos aquícolas dentro no município de Petrolândia entre os anos de e 2010-2014	130
Tabela 5.8	Concentrações de fósforo total e fósforo disponível encontradas nos sedimentos de fundo do reservatório de Itaparica	136
Tabela 6.1	Síntese do aporte de fósforo decorrentes das fontes pontuais e difusas identificadas para dentro do reservatório de Itaparica	152

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
APL	Arranjo Produtivo Local
APP	Área de preservação permanente
ASD	Área Susceptível a Desertificação
ASPRIM	Associação dos Produtores Rurais de Icó-Mandantes
ATER	Assistência Técnica e Extensão Rural
ATP	Adenosina trifosfato
BPA	Boas Práticas Agrícolas
BPM	Boas Práticas de Manejo
CBHSF	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
COMDESPE	Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável de Petrolândia
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco
DAP	Di-amônio-fosfato
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EB	Estações de bombeamento
EIA	Estudos de Impactos Ambientais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estações de Tratamento de Esgotos
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
GI3	Grupo de bacias de pequenos rios Interiores 3 no Estado de Pernambuco
GPS	Global Positioning System
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IET	Índice de Estado Trófico
IET (DS)	Índice de estado trófico para o disco de Secchi
IET (PSR)	Índice de estado trófico para o fósforo reativo solúvel

IET (PT)	Índice de estado trófico para o fósforo total.
IPA	Instituto Agrônômico de Pernambuco
ITERPE	Instituto de Terras e Reforma Agrária do Estado de Pernambuco
LACEN/PE	Laboratório de Cianobactérias do Laboratório Central de Saúde Pública de Pernambuco
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MAP	Mono-amônio-fosfato
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MI	Ministério da Integração Nacional
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio.
OD	Oxigênio Dissolvido
OECD	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
ONG	Organização não Governamental
P	Fósforo
PSR	Fósforo Solúvel Reativo
PACUERA	Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial
PECS	Política Estadual de Convivência com o Semiárido
PERH	Política Estadual de Recursos Hídricos
pH	Potencial hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PNDR	Política Nacional de Desenvolvimento Regional
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNSH	Plano Nacional de Segurança Hídrica
Pp	Fósforo particulado
PSR	Fosfato Solubilizado Reativo
SARA	Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária
SEAF	Secretarias Executivas de Agricultura Familiar
SECTEC	Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco
SEMARH	Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SENIR	Secretaria Nacional de Irrigação
SIGRH	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SINP	Sistema integrado de nutrição de plantas
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	18
1.1	RELEVÂNCIA DO TEMA	19
1.2	HIPÓTESE	22
1.3	OBJETIVOS	22
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	22
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	22
1.4	ESTRUTURA DA TESE	22
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	24
2.1	O PAPEL DOS RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS	24
<b>2.1.1</b>	<b>Importância e qualidade da água dos reservatórios para desenvolvimento das regiões semiáridas</b>	28
<b>2.1.2</b>	<b>Estágios tróficos dos reservatórios</b>	30
<b>2.1.3</b>	<b>Conceito de nutriente limitante</b>	33
<b>2.1.4</b>	<b>Eutrofização natural e cultural</b>	34
2.2	IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO NA DINÂMICA DOS SISTEMAS AQUÁTICOS	36
<b>2.2.1</b>	<b>Ciclo do fósforo</b>	37
<b>2.2.2</b>	<b>Importância dos sedimentos no processo de eutrofização</b>	40
<b>2.2.3</b>	<b>Fontes pontuais e difusas de aporte de fósforo</b>	44
2.3	DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA POR EUTROFIZAÇÃO	47
<b>2.3.1</b>	<b>Crescimento de macrófitas aquáticas</b>	47
<b>2.3.2</b>	<b>Floração de cianobactérias</b>	49
<b>2.3.3</b>	<b>Invasão e floração de algas</b>	52
2.4	CONTROLE E PREVENÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO	53
<b>2.4.1</b>	<b>Re-oligotrofização dos sistemas aquáticos impactados</b>	53
<b>2.4.2</b>	<b>Boas práticas agrícolas</b>	56
<b>2.4.3</b>	<b>Boas práticas de manejo na piscicultura em tanques-rede</b>	59
<b>2.4.4</b>	<b>Experiência australiana no enfrentamento à condição de seca extrema</b>	61
2.5	ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS	63
<b>2.5.1</b>	<b>Aspectos legais relacionados aos recursos hídricos e ao controle do fósforo</b>	63
<b>2.5.2</b>	<b>Aspectos institucionais relacionados à gestão de reservatórios</b>	69
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	74
3.1	ASPECTOS METODOLÓGICOS	74
3.2	NATUREZA DA PESQUISA	75
3.3	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	76
3.4	MATERIAIS E MÉTODOS	78
<b>3.4.1</b>	<b>Levantamento bibliográfico e coleta de dados primários</b>	78
<b>3.4.2</b>	<b>Caracterização das fontes pontuais e difusas de fósforo</b>	80

3.4.3	<b>Análise da ocorrência de fósforo no sedimento de fundo</b>	82
3.4.4	<b>Avaliação das práticas agrícolas e a percepção dos agricultores</b>	84
4.	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	87
4.1	RESERVATÓRIO DE ITAPARICA	87
4.1.1	<b>Desenvolvimento regional no entorno do reservatório</b>	90
4.1.2	<b>A agricultura irrigada</b>	92
4.1.3	<b>Expansão da atividade de piscicultura</b>	92
4.2	MUNICÍPIO DE PETROLÂNDIA	95
4.3	BAÍA DE ICÓ-MANDANTES	97
4.4	PERÍMETRO IRRIGADO DE ICÓ-MANDANTES	99
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	103
5.1	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE DRENAGEM AGRÍCOLA	103
5.1.1	<b>Qualidade da água de drenagem agrícola no Bloco-3</b>	104
5.1.2	<b>Qualidade da água de drenagem agrícola no Bloco-4</b>	108
5.1.3	<b>Influência do tipo de solo na qualidade da água de drenagem</b>	112
5.1.4	<b>Aporte de fósforo na água de drenagem</b>	114
5.2	LEVANTAMENTO DAS FONTES PONTUAIS	116
5.3	LEVANTAMENTO DAS FONTES DIFUSAS	119
5.3.1	<b>Agricultura irrigada</b>	119
5.3.2	<b>Abastecimento de água e esgotamento sanitário na zona rural</b>	121
5.3.3	<b>Processos erosivos</b>	125
5.3.4	<b>Piscicultura em tanques-rede</b>	127
5.4	OCORRÊNCIA DE FÓSFORO NO SEDIMENTO DE FUNDO	133
5.5	AVALIAÇÃO DO PERFIL DOS AGRICULTORES E DAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS	136
5.5.1	<b>Características socioeconômicas dos agricultores</b>	136
5.5.2	<b>Práticas agrícolas e técnicas de irrigação</b>	140
5.5.3	<b>Técnicas de fertilização e controle do uso de fertilizantes químicos</b>	142
5.5.4	<b>Percepção sobre o risco de contaminação do reservatório de Itaparica</b>	150
6	<b>ESTRATÉGIAS PARA CONTROLE DO APORTE DE FÓSFORO</b>	152
6.1	CONTROLE PARA AGRICULTURA IRRIGADA E PROCESSOS EROSIVOS	154
6.2	CONTROLE PARA O ESGOTAMENTO SANITÁRIO	156
6.3	CONTROLE PARA PISCICULTURA EM TANQUES-REDE	157
7	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	160
<b>REFERÊNCIAS</b>		
<b>APÊNDICES</b>		
APENDICE 1 – Questionário		
APENDICE 2 – Transcrição de dados dos questionários		

## 1 INTRODUÇÃO

Reservatórios artificiais, construídos a partir de barramentos de rios, vem sendo utilizados no mundo inteiro, há milhares de anos e desempenham papel relevante na gestão de recursos hídricos pela capacidade de estocar água e atender a diversos usos, sendo elementos fundamentais no desenvolvimento das regiões semiáridas e contribuindo para garantia da disponibilidade hídrica local e do crescimento econômico, beneficiando milhares de pessoas e proporcionando uma melhor qualidade de vida.

Desde o final do século XIX, esses sistemas artificiais apresentam dimensões muito grandes, com áreas de inundação que chegam a centenas ou milhares de quilômetros e mais de um km<sup>3</sup> de volume de água armazenado, o que, conseqüentemente, aumenta a disponibilidade hídrica. No entanto, tem-se verificado também uma série de problemas ambientais decorrentes do uso descontrolado das margens desses grandes reservatórios, seja por atividades agrícolas, aquícolas e outras ocupações urbanas. As práticas inadequadas de irrigação e fertilização do solo, a contaminação por agroquímicos e o lançamento de efluentes sem tratamento, contribuem com a deterioração da qualidade de água (SOBRAL, 2006). O aporte de nutrientes provenientes de fontes antrópicas tem sido apontado como principal causa de eutrofização desses corpos hídricos, promovendo o crescimento excessivo de macrófitas aquáticas e florações de algas e cianobactérias, as quais podem ser potencialmente tóxicas e acarretar prejuízos para as atividades econômicas e risco para saúde humana e animal.

Dentre os nutrientes transportados ou lançados nos reservatórios, o fósforo é amplamente reconhecido como principal causa da eutrofização cultural ou acelerada, provocada por fontes antrópicas difusas ou pontuais (TUNDISI, 2008). O aporte desse nutriente nos corpos hídricos superficiais está relacionado com as entradas de efluentes domésticos e industriais, a drenagem superficial, a contribuição de águas subterrâneas e fertilizantes utilizados na agricultura, erosão do solo e uso excessivo de detergentes não-biodegradável.

Na natureza o fósforo encontra-se basicamente em três formas de fosfato: i) ortofosfato - forma iônica, solúvel e disponível para os produtores primários; ii) polifosfatos - comumente adsorvidos às partículas do solo; e iii) fosfatos organicamente ligados - que estão presente na matéria orgânica. Estas duas últimas formas de fósforo são particuladas e só representam fonte de nutriente para os produtores primários a médio e longo prazo. Uma vez presentes nos

reservatórios, às formas de fósforo apresentam dinâmica complexa em relação aos sedimentos de fundo, à coluna d'água e à água intersticial, dependente dos processos físicos, químicos e biológicos dominantes, determinados em função das características morfométricas do reservatório e que interagem fortemente com o tempo de residência do fluxo de água e com os fatores meteorológicos. Os efeitos decorrentes dessas inter-relações estabelecem o estado trófico desse sistema aquático (FRANZEN, 2009).

### 1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA

A Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, ocupa uma área de drenagem equivalente a 8% do território nacional e está inserida em terras de seis estados brasileiros além do Distrito Federal (ANA, 2012). Em toda sua extensão, o rio São Francisco possui uma série de oito reservatórios de acumulação de água para múltiplos usos, construídos prioritariamente para a geração de energia elétrica, onde se têm intensificado problemas ambientais decorrentes do uso irregular e de ocupações inadequadas das margens desses reservatórios. Além disso, a agricultura irrigada vem crescendo nas zonas semiáridas, devido, sobretudo, ao reassentamento da população remanejada para projetos de irrigação (denominados também de perímetros irrigados), como forma de mitigar impactos negativos sobre essa população ocasionados com a construção dos reservatórios e das usinas hidroelétricas. Neste contexto, novas técnicas de agricultura, apoiadas na aplicação de agrotóxicos e fertilizantes químicos e na mecanização, vêm sendo empregadas desordenadamente (CARVALHO, 2009). Esse fato aumenta o risco de eutrofização dos reservatórios instalados ao longo do curso do rio.

Como elemento adicional a estas questões, estudos recentes sobre mudanças climáticas no planeta fazem previsão de cenários para as regiões semiáridas, com aumento da evaporação nos corpos d'água, redução do volume neles escoado, redução da recarga dos aquíferos, concentração do período chuvoso em ainda menor espaço de tempo, redução da precipitação e tendência de aridização dessas regiões (CIRILO, 2008). Diante desses argumentos, a problemática dos recursos hídricos nas regiões semiáridas torna-se ainda mais crítica e motiva os governos a priorizarem políticas públicas com objetivo de implantar infraestruturas capazes de aumentar a disponibilidade de água nestas áreas, de modo a garantir o abastecimento humano e animal e viabilizar atividades econômicas como a agricultura irrigada e aqüicultura.

A eutrofização em mananciais destinados ao abastecimento humano pode causar vários problemas em decorrência do supercrescimento de macrófitas aquáticas, florescimento de algas, dentre as quais as cianobactérias que são potenciais produtoras de diferentes compostos tóxicos que acarretam graves riscos a saúde humana e animal. Além disso, a degradação da qualidade da água em função da eutrofização acarreta prejuízos às atividades econômicas nos reservatórios de múltiplos usos (UNEP-IETC, 2001).

Neste sentido, estudos sobre a carga de nutrientes, as características do manancial, do sedimento de fundo e seu nível trófico, devem ser realizados com a finalidade de auxiliar no gerenciamento desses sistemas aquáticos, prioritariamente nas regiões mais susceptíveis aos riscos de eutrofização e preferencialmente, antecedendo aos problemas mencionados.

A elevada produtividade biológica ocasionada em decorrência das descargas de nitrogênio e fósforo, proveniente das práticas agrícolas, criação intensiva de peixes, lançamento de esgoto sanitário e outros aportes antrópicos, é comumente relacionada ao estado trófico dessas massas de água. Segundo Fonseca (2002), esta relação é particularmente evidente para o fósforo, considerado como elemento-chave com papel mais limitante na eutrofização.

Nos reservatórios de acumulação existentes no nordeste brasileiro, que desempenham papel importante para sustentabilidade hídrica da região, o fósforo é encontrado em grande quantidade (MELO, 2007). Porém, este nutriente não está previsto na legislação aplicável como parâmetro de controle para lançamento de efluentes nos corpos hídricos, mesmo que as condições climáticas dos estados nordestinos aumentem o potencial dos impactos, principalmente os corpos d'água com ambientes lênticos e de transição.

Para viabilizar os diferentes usos da água acumulada nos reservatórios, estes sistemas aquáticos devem estar de oligotrófico até mesotrófico (GUNKEL, 2012). Porém, as políticas públicas que privilegiam e estimulam os usos múltiplos dos reservatórios nas regiões semiáridas do país e especialmente no nordeste brasileiro, precisam de maior articulação com políticas ambientais de controle da quantidade e qualidade da água nestes importantes corpos hídricos de forma a promover sustentabilidade no desenvolvimento dessa região.

Diante do exposto, buscou-se avaliar as fontes antrópicas de fósforo no reservatório de Itaparica, utilizando-se como área de estudo o trecho inserido no centro urbano do município de Petrolândia e no Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes, este último configurado pela Baía de Icó-Mandantes e inserido nos municípios de Petrolândia e Floresta. Esses locais reúnem

características representativas da ocupação do entorno do reservatório de Itaparica, com áreas de agricultura irrigada, atividade de piscicultura em tanques-rede e centro urbano.

Adicionalmente, o Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes se destaca como objeto de estudo importante devido a sua localização em relação ao Canal Leste, que é uma das obras integrantes do Projeto de Integração do Rio São Francisco, tem o objetivo de assegurar a oferta de água, em 2025, a cerca de 12 milhões de habitantes de pequenas, médias e grandes cidades da região semiárida (MI, 2004). Para isso, foram construídos dois canais: o Eixo Norte que levará água para o sertão de Pernambuco, Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte e o Eixo Leste que beneficiará parte do sertão e as regiões do agreste de Pernambuco e da Paraíba. A captação do Eixo Leste será feita no reservatório de Itaparica, no município de Floresta e dentro da área de estudo da presente pesquisa.

Na abordagem peculiar se atribui ao elemento fósforo o conceito de poluente crítico para o estado trófico e para gestão ambiental de reservatórios de múltiplos usos neste estudo é inédito devido às maneiras de identificá-lo e analisá-lo, introduzindo essas questões na conjuntura da melhoria do processo de tomada de decisão, visando um melhor gerenciamento desses ecossistemas artificiais do semiárido do Brasil.

As bases teóricas e práticas da pesquisa foram estruturadas e desenvolvidas, a partir de uma visão sistêmica, multidisciplinar, envolvendo a sustentabilidade dos processos em uma interpretação espacial geográfica articulada com as estruturas econômicas, sociais e ambientais e suas diversas formas de organização.

A multidisciplinaridade é também um princípio do Projeto Innovate, que considera diversas possibilidades de abranger e explicar a gama de fenômenos naturais e socioambientais e culturais que ocorrem em escalas espaciais e temporais diversas, envolvendo conhecimentos de muitas disciplinas. A pesquisa se concentra na questão das cargas pontuais e difusas de fósforo, decorrente de fontes antrópicas, em reservatórios de múltiplos usos e trata esse assunto como premissas para adequações da sociedade e intervenções proporcionadas e sofridas por sua utilização, sobretudo na região semiárida no nordeste brasileiro. Por fim, o estudo propõe estratégias para controle do aporte de fósforo, baseadas na implementação de práticas sustentáveis, aplicáveis às atividades de agricultura e piscicultura e na experiência bem sucedida dos australianos, no enfrentamento de condições críticas de recursos hídricos do país durante a Seca do Milênio, que começou no início dos anos 90s e durou uma década.

## 1.2 HIPÓTESE

As práticas adotadas para fertilização do solo nas áreas destinadas à agricultura irrigada situadas nos perímetros de irrigação no entorno de reservatórios, bem como a piscicultura em tanques-rede e o lançamento de esgotos sanitários, aumentam o risco de eutrofização desses corpos d'água pela contribuição do aporte de fósforo na água e nos sedimentos de fundo.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Avaliar as fontes de fósforo que contribuem para eutrofização das águas no reservatório de Itaparica, localizado no Submédio Rio São Francisco no semiárido nordestino.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- caracterizar as fontes pontuais e difusas de poluição por fósforo oriundas da ocupação antrópica das margens;
- analisar a qualidade da água dos canais de drenagem agrícola na área de um perímetro irrigado, com ênfase na presença de fósforo;
- analisar a ocorrência de fósforo no sedimento de fundo do Reservatório de Itaparica no trecho localizado na baía de Icó-Mandantes;
- Avaliar a contribuição do fósforo proveniente da atividade de piscicultura em tanques-rede
- avaliar as práticas adotadas pelos agricultores no uso de fertilizantes na agricultura irrigada e a percepção sobre o risco de contaminação das águas do reservatório;
- propor estratégias de controle do aporte de fósforo em reservatório de múltiplos usos na região de semiárido nordestino.

## 1.4 ESTRUTURA DA TESE

A tese está dividida em 7 capítulos. O primeiro apresenta a introdução ao tema, através da hipótese, a justificativa da pesquisa e os objetivos geral e específicos.

No segundo capítulo encontra-se a fundamentação teórica, onde é feita a revisão de literatura abordando a importância dos reservatórios de usos múltiplos para o desenvolvimento das

regiões semiáridas, os riscos da degradação ambiental por eutrofização desses corpos hídricos, conceitos e considerações sobre o aporte de fósforo na água e sedimentos de reservatórios e os aspectos legais e institucionais envolvidos.

No terceiro capítulo estão descritos os aspectos metodológicos aplicados, bem como sua classificação quanto à natureza e finalidade da pesquisa.

No quarto capítulo está descrita a caracterização da área de estudo com detalhes sobre a localização e descrição geral do local, bem como, as características climáticas, geológico-geomorfológicas, pedológicas, aptidão agrícola e características sociais.

O quinto capítulo se refere aos resultados e discussão, tendo como instrumentos de análise o levantamento das práticas de manejo e gestão adotadas para utilização de fertilizantes dentro do perímetro irrigado situado no entorno do reservatório de Itaparica, a ocorrência de fósforo no sedimento de fundo do reservatório e nos canais de drenagem agrícolas, bem como, as principais fontes pontuais e difusas de fósforo para dentro do reservatório.

No sexto capítulo são apresentadas estratégias para controle do aporte de fósforo dentro do reservatório de Itaparica. O sétimo capítulo, refere-se às conclusões e recomendações finais.

Em seguida são apresentadas as referências utilizadas, incluindo artigos científicos, periódicos, teses, dissertações, livros, websites e demais fontes de informações utilizadas.

Por fim, são apresentados dois apêndices: o questionário utilizado para entrevistar os agricultores do Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes e a tabulação descritiva dos resultados da aplicação dos questionários.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta conceitos teóricos sobre o aporte de fósforo em reservatórios. Inicia com a importância dos reservatórios artificiais de múltiplos usos e a classificação estabelecida para seus estágios tróficos. Em seguida, descreve aspectos técnicos para o controle dos ambientes eutrofizados e cita ações que vêm sendo adotadas como medidas de prevenção. Finaliza com uma abordagem sobre os aspectos legais e institucionais envolvidos com o tema.

### 2.1 O PAPEL DOS RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS

Em todo o planeta, o homem constrói barramentos de rios há milhares de anos para formação de reservatórios. Nos últimos dois séculos as dimensões desses sistemas aquáticos artificiais, que têm características muito diferentes de lagos e interferem nas bacias hidrográficas e nos ciclos hidrológicos, são muito grandes com mais de um km<sup>3</sup> de volume na maioria e área de inundação de algumas centenas ou milhares de quilômetros (TUNDISI, 2008).

O número de reservatórios artificiais tem aumentado o volume médio anual de todos os rios do mundo. Essa estimativa é utilizada como limite máximo de consumo mundial da água em um ano, considerando a soma dos recursos hídricos superficiais e os dados hidrológicos provenientes da Organização Mundial de Meteorologia (OMM), em colaboração com o Banco Mundial, a União Européia e outros organismos (EMBRAPA, 2001).

A disponibilidade hídrica mundial é de cerca de 40.000 km<sup>3</sup>/ano (SHIKLOMANOV, 1998) e o consumo estimado atualmente para uso nas atividades humanas é de aproximadamente 6.000 km<sup>3</sup> por ano (TUNDISI, 2006). Analisando de forma simplória a disponibilidade e a demanda atual, não há escassez de água a nível global. No entanto, embora o ciclo hidrológico seja único na Terra, o volume de cada um de seus componentes varia em função das bacias hidrográficas e das características climáticas de cada parte do planeta, o que afeta a potencialidade hídrica das regiões. Além disso, os usos variam regionalmente e diferem em cada país sendo também impulsionados pelas economias nacionais locais (TUNDISI, 2008).

A irregularidade na distribuição temporal e espacial de chuvas, por exemplo, em conjunto com a concentração da demanda por água, configura aspectos relacionados aos problemas de disponibilidade de recursos hídricos em determinadas regiões. A busca de alternativas para

manter maior equilíbrio na oferta de água com finalidade definida, seja para abastecimento humano, para geração de hidroeletricidade, dentre outros usos, vem motivando a construção de reservatórios artificiais. Mais de 45.000 grandes reservatórios foram construídos no mundo para armazenamento da água (EMBRAPA, 2001).

A motivação para o aumento no tamanho dos reservatórios artificiais se justifica principalmente pela importância estratégica atribuída aos diversos usos da água armazenada, fazendo com que os grandes reservatórios sejam considerados como fator determinante para estimular e impulsionar o desenvolvimento regional em muitos países (TUNDISI, 2008). O Quadro 2.1 apresenta alguns dos maiores reservatórios de usos múltiplos do mundo, construídos a partir do barramento de rios.

Quadro 2.1- Principais reservatórios artificiais de múltiplos usos construídos a partir do barramento de rios

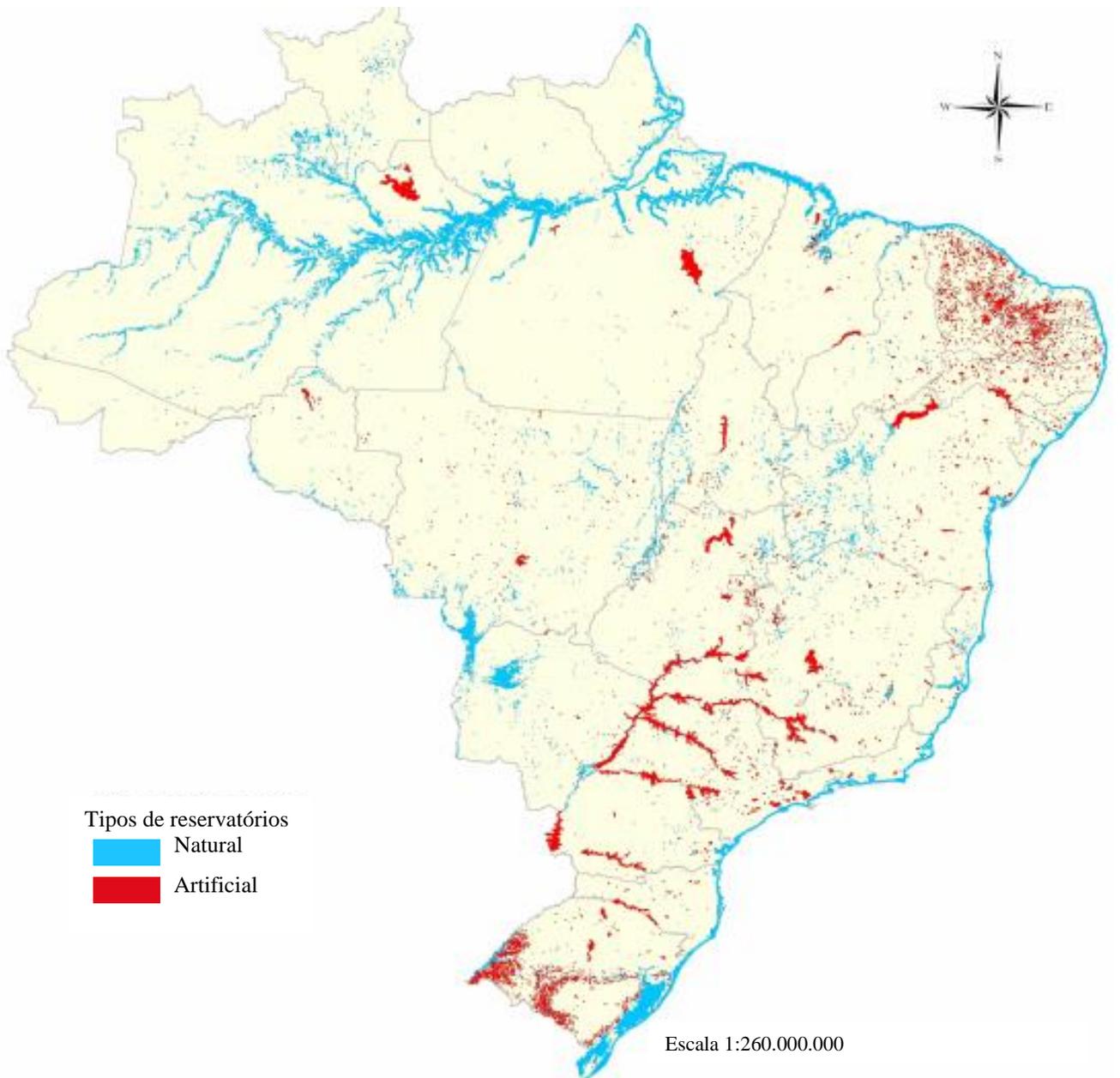
Sistema artificial	Início da operação	Localização	Área (km <sup>2</sup> )	Rio de barramento
Lago Kariba	1959	Na fronteira entre a Zâmbia e Zimbábue	5.400	Rio Zambezi
Reservatório de Bratsk	1967	Região siberiana de Irkutsk na Rússia	5.000	Rio Angara
Lago Volta	1965	Rio Volta oeste de Gana	8.500	Rio Volta
Lago Williston		Sudoeste do Canadá	1.700	-
Lago Nasser	1971	Sul do Egito	5.250	Rio Nilo
Lago Guri	1978	Sul da Venezuela	4.200	-
Lago Itaipu	1982	Na fronteira entre Brasil e Paraguai	1.350	-

Fonte: Adaptado de TUNDISI, 2008.

Segundo Menescal *et al.* (2009), no Brasil existem 23.037 reservatórios com espelho d'água maior que 20 hectares, sendo 6.929 são artificiais e 16.108 são naturais. O maior número de reservatórios naturais ocorre na região Norte, em decorrência das zonas alagadiças que formam consideráveis lagoas próximas aos grandes rios, enquanto que a distribuição dos reservatórios artificiais concentra-se principalmente nas regiões Nordeste (2.899) e no Sul do país (2.548), o que evidencia a política de construção de barragens nestas áreas.

A Figura 2.1 apresenta a distribuição espacial dos reservatórios naturais e artificiais brasileiros, com concentração na região semiárida do nordeste, onde a construção de reservatórios artificiais tem sido uma alternativa para assegurar a sustentabilidade hídrica dessas regiões principalmente para usos básicos como o abastecimento humano e também para geração de energia elétrica.

Figura 2.1 - Distribuição dos reservatórios naturais e artificiais brasileiros



Fonte: MENESCAL *et al.*, 2009.

Os múltiplos usos da água dos reservatórios estão concentrados no suporte às diferentes atividades humanas e inter-relacionados com o desenvolvimento econômico e a complexidade da organização das sociedades. Tais usos decorrem principalmente das seguintes atividades:

- produção agrícola, a partir da irrigação e outras atividades para produção de alimentos;
- abastecimento público;
- produção de hidroeletricidade;

- abastecimento industrial;
- pesca e aquicultura;
- transporte e navegação;
- mineração;
- recreação;
- atividades relacionadas aos usos estéticos, turismo e paisagem.

Apesar das variações regionais na proporção do uso da água, o volume empregado para atividades agrícolas predomina no mundo e em todos os continentes, seguindo-se o uso industrial e o uso para abastecimento público (Tabelas 2.1 e 2.2).

Tabela 2.1 - Dinâmica do uso da água no mundo por setor (km<sup>3</sup>/ano)

Setor	Volume calculado								Volume estimado		
	1900	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2010	2025
População (milhões de habitantes)			2493	2963	3527	4313	5176	5520	5964	6842	8284
Área irrigada (milhões de hectares)	47	76	101	142	173	200	243	254	264	288	329
Uso agrícola (km <sup>3</sup> /ano)	525	891	1124	1541	1850	2191	2412	2503	2595	2792	3162
Uso industrial (km <sup>3</sup> /ano)	38	127	182	334	548	683	681	715	748	863	1106
Abastecimento (km <sup>3</sup> /ano)	16	37	53	83	130	208	321	354	386	464	645
Reservatórios (km <sup>3</sup> /ano)	0,3	3,7	6,5	22,7	65,9	119	164	188	211	239	275
<b>Total (km<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>579</b>	<b>1059</b>	<b>1366</b>	<b>1981</b>	<b>2594</b>	<b>3201</b>	<b>3578</b>	<b>3760</b>	<b>3940</b>	<b>4358</b>	<b>5188</b>

Fonte: Adaptado de EMBRAPA, 2001.

Tabela 2.2 - Usos múltiplos da água por região do planeta (km<sup>3</sup> ano base 1995)

Região	Irrigação	Indústria	Doméstico/municipal
África	127,7	7,3	10,2
Ásia	1.388,8	147,0	98,0
Austrália – Oceania	5,7	0,3	10,7
Europa	141,1	250,4	63,7
Américas do Norte e Central	248,1	235,5	54,8
América do Sul	62,7	24,4	19,1
Total mundial	2.024,1	684,9	256,5
<b>% do total mundial</b>	<b>68,3%</b>	<b>23,1%</b>	<b>8,6</b>

Fonte: Adaptado de TUNDISI, 2006.

Mesmo sendo a responsável pelo maior volume da água utilizado no mundo, a atividade agrícola é de grande importância para a produção de alimentos, uma vez que a prática de cultivo irrigado possibilita a produção de alimentos em regiões ou períodos secos, além de

ampliar em até três vezes o número de safras por ano em uma mesma área, onde em ciclos naturais, haveria anualmente, apenas uma safra.

### **2.1.1 Importância e qualidade da água dos reservatórios para desenvolvimento das regiões semiáridas**

No Brasil, Asfora e Cirilo (2005) destacam a implantação de reservatórios de regularização como o principal instrumento na busca da sustentabilidade hídrica nas regiões onde os recursos hídricos são limitados ou apresentam uma distribuição temporal desfavorável. Os reservatórios de múltiplos usos viabilizam o desenvolvimento da agricultura irrigada, que nestas regiões com déficit hídrico assume papel primordial no desenvolvimento dos Arranjos Produtivos Locais (APL), embora aumente o uso da água, pois a irrigação é responsável pela maior parcela de retirada (54% da demanda consuntiva total estimada para o Brasil), os investimentos no setor resultam em aumento substancial da produtividade e do valor da produção (ANA, 2015 e PERNAMBUCO, 2011).

No cenário futuro, espera-se a ocorrência de precipitações pluviométricas mais intensas nas regiões mais úmidas. Já para as regiões semiáridas, prevê-se aumento da evapotranspiração nos corpos d'água e, conseqüentemente, a redução do volume neles escoado, redução da recarga dos aquíferos, concentração do período chuvoso em ainda menor espaço de tempo e tendência de aridização da região, com a substituição da caatinga por vegetação mais típica de regiões áridas, com as cactáceas (CIRILO, 2008).

Neste contexto, a problemática dos recursos hídricos nas regiões semiáridas que já é uma questão crucial para superação dos obstáculos ao desenvolvimento, torna-se ainda mais crítica ao ponto que governos de muitas regiões semiáridas do mundo vêm priorizando o desenvolvimento de políticas públicas com objetivo de implantar infraestruturas capazes de aumentar a disponibilidade de água nestas áreas, de modo a garantir o abastecimento humano e animal, além de viabilizar a irrigação.

Outra atividade que vem ganhando destaque como alternativa de geração de renda para população das regiões semiáridas é a piscicultura, uma modalidade da aquicultura que se refere ao cultivo de peixes, que pode ser feita de forma extensiva, semi-intensiva, intensiva e superintensiva. O cultivo em tanques-rede nos moldes desenvolvidos em reservatórios da região semiárida do nordeste é considerado como sendo intensivo (ROCHA;VITAL, 2012).

A alocação de água para usos múltiplos tem sido objeto de conflitos entre usuário, principalmente entre o uso da vazão regularizada para fins de geração de energia e a irrigação a montante dos reservatórios e tal situação tende ao agravamento com a redução dos volumes de água armazenada nestes sistemas aquáticos.

Desde 2012, observa-se uma gradativa e intensa redução nos índices pluviométricos em algumas regiões do país. O fenômeno climático tem prejudicado a oferta de água para o abastecimento público, especialmente no semiárido brasileiro, que no triênio 2012 a 2014, verificou-se tempos de retorno superiores à 100 anos em 2012 e 2013, retornando em 2014 a uma frequência normal, mas abaixo da média na porção norte da região, onde na maior parte das estações, o ano foi classificado como seco ou muito seco (ANA, 2014).

Com a redução do nível dos reservatórios, se intensificam as preocupações com o compartilhamento dos múltiplos usos e a qualidade da água dos reservatórios. Segundo Gunkel (2012), para que a viabilidade desses usos tenha sustentabilidade ao longo do tempo é necessário manter níveis de qualidade da água, compatíveis aos encontrados em reservatórios com níveis tróficos de oligotrófico à mesotrófico (Quadro 2.2).

Quadro 2.2 – Usos da água e condições recomendadas para nível trófico do reservatório

Uso (serviço) do ecossistema	Qualidade do reservatório		
Água potável	Oligotróficos		
Água para animais		mesotrófico	
Água para irrigação		mesotrófico	
Água para aquicultura	oligotrófico		
Pesca desportiva, pesca natural		mesotrófico	
Produção de energia elétrica		mesotrófico	
Uso dos sedimentos para melhoria de solos			Eutrófico
Recreação		mesotrófico	
Biodiversidade		mesotrófico	

Fonte: GUNKEL (2012).

Mesmo que os principais usos sejam possíveis em reservatórios classificados como mesotróficos, a ocorrência de eventos críticos de secas e cheias aumentam os riscos de eutrofização com consequentes danos à saúde humana, perdas econômicas e ambientais. Nesse contexto, a ANA junto com o Ministério da Integração Nacional apresentou em agosto de 2014, o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), que pretende analisar usos setoriais da água sob a ótica dos conflitos existentes ou potenciais e dos impactos na utilização em termos de quantidade e qualidade. O PNSH tem abrangência nacional e foco em áreas críticas em termos de cheias ou secas, visando à segurança hídrica (ANA, 2014).

O conceito de segurança hídrica considera a garantia da oferta de água para o abastecimento humano e para as atividades produtivas em situações de seca, estiagem ou desequilíbrio entre a oferta e a demanda do recurso, abrangendo as medidas relacionadas ao enfrentamento e gestão para a redução dos riscos associados a eventos críticos de secas e cheias (ANA, 2014).

### 2.1.2 Estágios tróficos dos reservatórios

As características que indicam o grau de eutrofização de um reservatório podem ser influenciadas pelo formato, regime de vazão e pelas demandas dos múltiplos usos associados. No entanto, esses sistemas hídricos são genericamente classificados quanto ao grau de eutrofização em: ultra-oligotróficos, oligotróficos, mesotróficos, eutróficos ou hipereutrófico, em função da concentração de nutrientes e suas decorrentes manifestações ecológicas. Mas não é tarefa fácil definir fronteiras rígidas entre esses grupos, uma vez que, ocorrem variações regionais nos intervalos dos diversos parâmetros limnológicos (ESTEVES, 2011).

Para a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), que atua nos âmbitos internacional e intergovernamental no intercâmbio de informações, uma análise extensa da eutrofização em países a partir dos resultados dos parâmetros de fósforo total dissolvido e clorofila-a (Tabela 2.3) servem de base para a classificação do estado trófico de lagos ou reservatórios (TUNDISI, 1988).

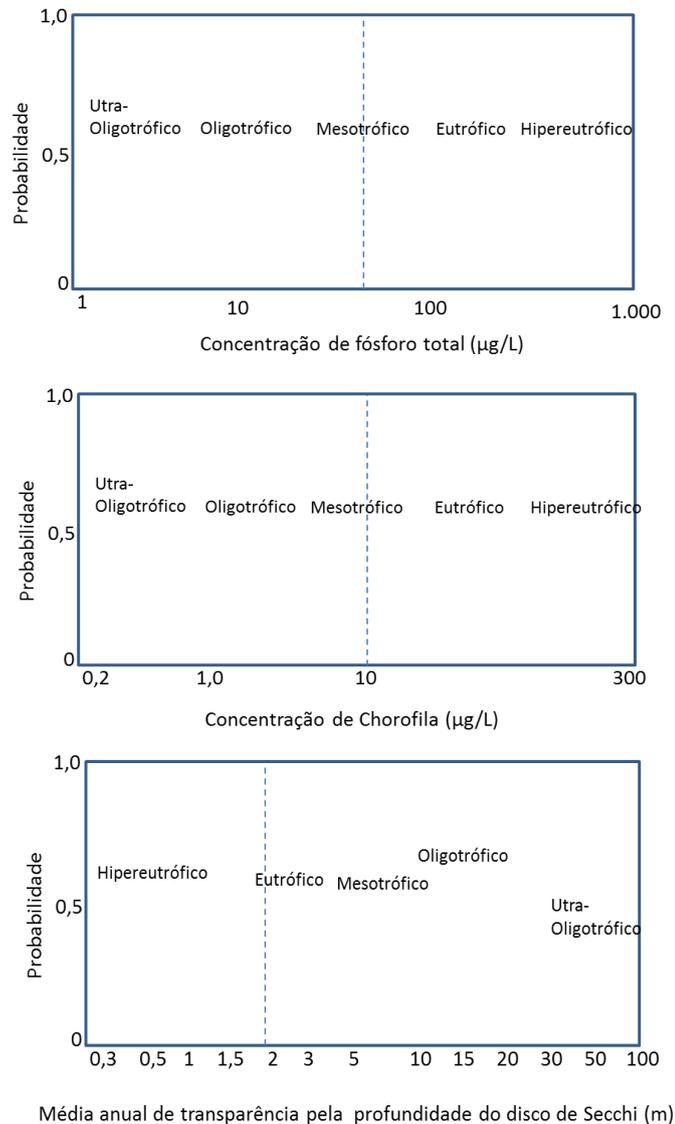
Tabela 2.3 - Valores da OECD para classificação do nível trófico de reservatórios

Estado trófico	Concentração de fósforo total dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Clorofila ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) Média	Clorofila ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) Máximo
Ultra oligotrófico	< 4	< 1	2,5
Oligotrófico	<10	<2,5	8
Mesotrófico	10 a 35	2,5 a 8	8 a 25
Eutrófico	35 a 100	8 a 25	25 a 75
Hipereutrófico	>100	>25	>75

Fonte: Adaptado de TUNDISI, 1988.

Já a determinação dos níveis de eutrofização apresentada por UNEP-IETC (2001), pode ser realizada a partir da distribuição estatística para três parâmetros diferentes: a) concentração total de fósforo, b) concentração média de clorofila; e d) visibilidade média do disco de Secchi, conforme ilustrado na Figura 2.2.

Figura 2.2 - Distribuição das categorias tróficas em função da concentração de fósforo total, clorofila e da visibilidade do disco de Secchi



Fonte: Adaptado de UNEP-IETC, 2001.

Em geral, lagos e reservatórios oligotróficos são caracterizados por baixas entradas de nutrientes e produção primária, alta transparência e uma biota diversa. Ao contrário, as águas eutróficas têm uma grande entrada de nutrientes e produção primária, baixa transparência e elevada biomassa, com poucas espécies e uma proporção de cianobactérias superior às águas oligotróficas (UNEP-IETC, 2001).

O estado trófico de um reservatório refere-se ao *status* nutricional. Vários autores têm desenvolvido metodologias para avaliação do estado trófico das águas continentais utilizando Índices de Estado Trófico (IET) que se baseiam na concentração de fósforo total, nitrogênio

total, clorofila a e transparência, sendo que alguns índices utilizam ainda a condutividade elétrica da água.

O IET tem por finalidade avaliar a qualidade das águas em diferentes graus de trofia, baseado no enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. Como a transparência pode variar não apenas pela densidade de organismos planctônicos, mas também pela turbidez decorrente de material mineral em suspensão, esse parâmetro normalmente não é considerado no cálculo de ambientes lóticos. Os resultados de fósforo IET(P) refletem o potencial de eutrofização, e a avaliação da clorofila-a corresponde à resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando o nível de crescimento de algas.

Silva *et al.* (2010) trabalhou com o índice desenvolvido para climas tropicais e indicado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para identificar o nível trófico de seis reservatórios localizados no agreste e zona da mata do Estado de Pernambuco (Arcoverde, Jucazinho, Pedra, Carpina, Duas Unas e Tapacurá), dos quais apenas o de Duas Unas foi classificado como Oligotrófico, os demais ficaram enquadrados na classificação eutrófico. O IET considerado estabelece a classificação trófica em oligotrófico, mesotrófico e eutrófico (Tabela 2.4) e baseia-se na concentração de fósforo e na visibilidade do disco de Secchi, conforme equações a seguir:

$$\text{IET} = \frac{\text{IET (DS)} + 2[\text{IET(PT)} + \text{IET(PSR)}]}{5} \quad (1)$$

Sendo:

$$\text{IET (DS)} = \frac{10 (6 - 0,64 + \ln \text{DS})}{(\ln^2)} \quad (2)$$

$$\text{IET (PDS)} = \frac{10 (6 - \ln (21,67 - \text{PSR}))}{(\ln^2)} \quad (3)$$

$$\text{IET (PT)} = \frac{10 (6 - \ln (80,32 - \text{PT}))}{(\ln^2)} \quad (4)$$

Onde:

IET(DS): Índice de estado trófico para o disco de Secchi

IET(PSR): Índice de estado trófico para o fósforo reativo solúvel

IET (PT): Índice de estado trófico para o fósforo total.

Tabela 2.4 – Critérios para classificação do Índice de Estado Trófico (IET)

Classificação trófica	Valores de IET
Oligotrófico	IET < 44
Mesotrófico	44 < IET < 54
Eutrófico	IET > 54

Fonte: SILVA *et al.*, 2010.

Os valores obtidos na classificação trófica apresentam diferenças nos períodos de precipitação e seca que refletem diferentes condições do reservatório. Também ocorrem diferenças temporais nos índices em função de características hidrológicas e ao fluxo de nutrientes do sistema aquático avaliado (UNEP-IETC, 2001).

Costa *et al.* (2008), avaliou a dinâmica da concentração de fósforo total na água do reservatório de Sobradinho, no rio São Francisco, quanto à variação de nível de operação do reservatório e identificou uma correlação entre concentrações desse nutriente nas diferentes cotas, sendo os maiores teores de fósforo total registrado nos períodos de menor cota do reservatório, evidenciando o efeito de diluição no períodos de maior nível do reservatório. Selge; Gunkel (2013) também relacionaram variações na concentração de fósforo no reservatório de Itaparica com as condições de nível de operação.

### 2.1.3 Conceito de nutriente limitante

Seis elementos são classificados como nutrientes principais: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre. Quanto aos nutrientes limitantes, as informações existentes apontam para o carbono, fósforo e nitrogênio como a base para a sustentabilidade e reprodução das populações fitoplanctônicas e outros produtores primários (TUNDISI, 2008).

O nitrogênio é utilizado para síntese de aminoácidos e proteínas e as principais fontes para as plantas aquáticas são nitrato, nitrito, amônia e outras formas dissolvidas de compostos orgânicos nitrogenados. O fósforo está relacionado às sínteses moleculares e transporte de íons no interior das células. As formas disponíveis para as plantas aquáticas são os ortofosfatos que nos ambientes aquáticos continentais estão abaixo das concentrações necessárias para um crescimento rápido das plantas aquáticas e sua concentração estabelece o limite para a produtividade biológica nestes sistemas aquáticos na maioria dos casos.

Essa utilização de um nutriente por um organismo obedece a Lei de Liebig, denominada também de “Lei do Mínimo”, a qual estabelece que o crescimento de um organismo é

limitado pela substância disponível nas quantidades mínimas relativas às suas necessidades para crescimento e reprodução (ODUM, 1988). Essa premissa baseia o conceito de nutriente limitante, onde determina que na estequiometria celular das plantas aquáticas, o nutriente que irá controlar a máxima quantidade de biomassa é o nutriente que será exaurido primeiramente, ou aquele que atinge valor mínimo antes dos outros (SALAS; MARTINO, 2001).

Estudos realizados nas décadas de 30 e 40 para determinação do conteúdo celular quanto as quantidade de carbono, nitrogênio e fósforo no fitoplâncton e no zooplâncton presente na água do mar, indicaram uma razão atômica desses elementos nas amostras de 106 para 16 para 1, respectivamente, ou seja, uma razão atômica de 106C:16N:1P. Essa razão dos nutrientes é geralmente vista como referência padrão para avaliar a limitação de nutrientes em qualquer massa de água, marinha ou de água doce (TUNDISI, 2008).

No entanto, a questão relacionada com os possíveis nutrientes limitantes no sistema aquático tem sido muito discutida e a concentração de nutrientes não é, entretanto, suficiente para caracterizar quais os que são limitantes ou não para a produção primária. O conceito de nutriente limitante relaciona-se à condição que a elaboração de biomassa nova pelas plantas considera-se que o nitrogênio é o fator limitante principal; em outros, conclui-se que o fósforo é o fator limitante principal. Uma das conclusões importante é que é difícil generalizar; nitrogênio e fósforo, ou nitrogênio ou fósforo, podem ser limitantes, dependendo do sistema lacustre considerado de suas inter-relações (TUNDISI, 2008).

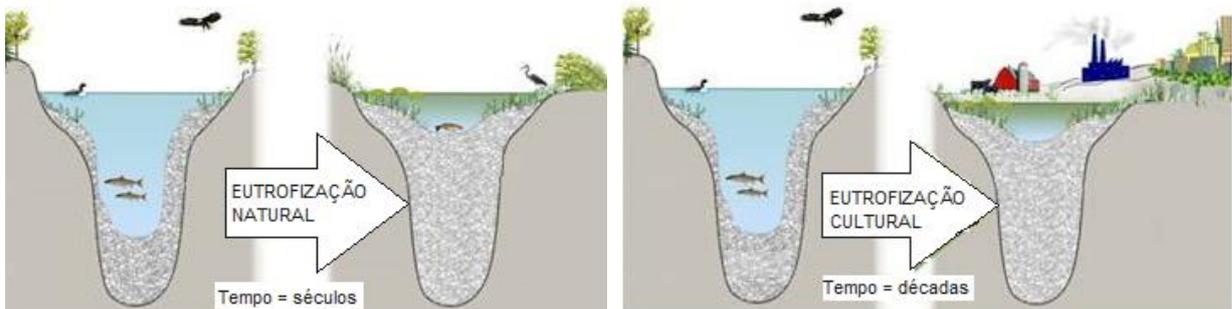
#### **2.1.4 Eutrofização natural e cultural**

A eutrofização de lagos e reservatórios é decorrente do enriquecimento das águas com nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, que aumentam o crescimento de algas e plantas aquáticas (UNEP-IETC, 2001). Dependendo do grau de eutrofização, efeitos ambientais graves que podem comprometer a continuidade de atividades econômicas com consequências negativas para os organismos que vivem no lago e para a saúde humana.

O processo de eutrofização ocorre naturalmente nos corpos hídricos ao longo do tempo, sendo denominado de eutrofização natural. Há um acúmulo de nutrientes, sedimentos e material vegetal, que lentamente preenche a bacia do corpo hídrico. Eventualmente, o processo termina e a bacia torna-se colonizada por vegetação terrestre. No entanto, os seres humanos, alterando as entradas de nutrientes, tem aumentado bastante o ritmo em que a eutrofização pode ocorrer

numa escala de tempo muito mais curta, em décadas (Figura 2.3). Esse efeito é denominado eutrofização antropogênica das águas doces ou eutrofização cultural, e é em grande parte resultado do aumento das entradas de fósforo a partir de fontes tais como fertilizantes agrícolas ou esgoto parcialmente tratado (DAVIS; MACK, 2014).

Figura 2.3 - Processos de eutrofização natural e cultural



Fonte: Adaptado de DAVIS e MACK, 2014.

Descrito pela primeira vez por Vollenweider em 1968, o fósforo e em certa medida o nitrogênio, foram ligados aos crescentes problemas de eutrofização. Um experimento em larga escala em uma região remota do Canadá, conhecido como “Lagos Área Experimental”, foi criado para investigar o crescente problema da eutrofização. A experiência usou uma grande cortina para criar uma barreira entre os dois lados de um lago. Adições de nutrientes de carbono e nitrogênio foram realizados em ambos os lados, mas um dos lados também foi adubado com fósforo. A influência do fósforo na eutrofização foi rápida, visualmente impressionante, e marcou o início de uma nova era da legislação de defesa da qualidade da água e regulação. Desde então, leis e regulamentos foram estabelecidos em vários países para definir padrões de qualidade de água quanto ao teor de nutrientes e muitas vezes, especificamente para limitar as entradas de nitrogênio e fósforo nos corpos hídricos. Os efeitos da eutrofização podem ser bastante devastadores e a gestão desses recursos inclui um conjunto complexo de interações que envolvem uma série de problemas ainda maiores, globais. (DAVIS; MACK, 2014).

No Brasil, durante os anos de 2003 e 2004, foi realizada uma grande campanha de amostragem e análise da qualidade da água das grandes regiões hidrográficas do país. A ação integrou o Projeto Brasil das Águas e avaliou a condição dos elementos fósforo total, nitrogênio inorgânico dissolvido e cianobactérias em 1.160 pontos das bacias hidrográficas brasileiras. Para a bacia hidrográfica do São Francisco foram realizadas análises em 59

pontos, dos quais 27% foram identificados como oligotróficos, 49% como mesotróficos, 22% como eutróficos e 1,7% como hipereutrófico (MOSS; MOSS, 2005).

## 2.2 IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO NA DINÂMICA DOS SISTEMAS AQUÁTICOS

O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento de organismos e pode limitar a produtividade primária dos corpos d'água. A grande importância deste nutriente nos sistemas biológicos se deve a sua participação em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como armazenamento de energia (na molécula de adenosina trifosfato), estruturação da membrana celular (através de fosfolípidios), transferência de informação genética (componentes dos ácidos nucleicos) e metabolismo celular (componentes de várias enzimas e vitaminas) (ESTEVES, 2011).

Esse elemento tem diversas aplicações na indústria e entra na composição de fogos de artifício, cristais especiais para lâmpadas de sódio, pasta de dentes, detergentes, pesticidas, aditivos de óleos industriais, fármacos e outras aplicações. O ácido fosfórico,  $H_3PO_4$ , é amplamente utilizado em muitas atividades industriais, mas, a maior aplicação é para fabricação de fertilizantes, que absorve quase a totalidade dos fosfatos extraídos das rochas.

As reservas mundiais de fosfato, de 50 bilhões de toneladas, concentram-se no Marrocos (42%), China (26%), EUA (7%), África do Sul (5%), Jordânia (3,4%) e Rússia (2%). Há produção de rocha em mais trinta países.

No ano de 2007 os maiores consumidores de fosfato como fertilizantes, foram China (30%), Índia (15%), EUA (11%) e Brasil (9%). Os principais importadores mundiais de rocha fosfática, também em 2007 foram: Índia (18%), EUA (8%), e Espanha e Polônia (5%, cada). O Brasil importou 1,7 mil toneladas de rocha fosfática neste ano e o consumo nacional atingiu 7,9 mil toneladas, com dependência externa de apenas 22%. Mas o país depende em 40% do exterior para atendimento do consumo total de fosfato, pois, além das rochas fosfáticas, importa diretamente produtos contendo este nutriente, como ácido fosfórico, e outros fertilizantes que contêm também nitrogênio em sua formulação (BNDES, 2006).

Segundo estimativas pela primeira instituição internacional a certificar alimentos orgânicos no mundo, a *Soil Association*, que foi criada em 1946 e tem sede no Reino Unido, a agricultura intensiva é totalmente dependente dos fertilizantes fosfatados e o fornecimento desse insumo a partir de rochas fosfatadas atingirá seu "pico" em 2033. Após esse período, este recurso não

renovável será cada vez mais escasso ocasionando queda na produção e o aumento dos preços dos alimentos. O fósforo é importante, pois sem adubação o nível de fosfato reduz e a produção de trigo pode cair de nove toneladas por hectare em 2000 para quatro toneladas por hectare em 2100. O preço atual de fosfato rocha é aproximadamente o dobro de 2006. A demanda por fertilizantes fosfatados superou a oferta em 2007-2008 e o preço do fosfato de rocha subiu 800% (SOIL ASSOCIATION, 2010).

Em 2009, 158 milhões de toneladas de rocha de fosfato foram extraídas no mundo todo, sendo 67% deste recurso em apenas três países - China (35%), o EUA (17%) e Marrocos e Sahara Ocidental (15%). A China tem agora reservas restritas, e os EUA parou a exportações de fosfato. Neste contexto, é crucial ampliar a discussão e repensar as técnicas de produção, o desperdício de alimentos e a forma como são tratados os excrementos humanos, de modo que, possam ser mantidos níveis adequados de fósforo e o fechamento deste ciclo sem a dependência das rochas fosfatadas, como forma para enfrentar a futura escassez de alimento e evitar os danos ambientais da poluição de fosfato (SOIL ASSOCIATION, 2010).

Neste contexto, calcula-se que as reservas de rochas fosfáticas conhecidas e exploráveis estejam extintas no período de 50 a 100 anos e como não existe qualquer outro elemento que o substitua nos processos biológicos e na produção vegetal o limite de crescimento da humanidade não será ditado pelo esgotamento dos minerais estratégicos ou pelo das reservas de combustíveis fósseis como pretende ou pretendia o Clube de Roma, pois para esses há alternativas técnicas e econômicas. A humanidade pode crescer enquanto houver no solo fósforo para ser aproveitado e enquanto o homem puder transferir esse elemento da litosfera para a biosfera (QUEVEDO; PAGANINI, 2011).

Assim, intensificam-se as discussões inerentes ao paradoxo existente entre a essencialidade do nutriente, sua disponibilidade na natureza e os impactos das atividades antrópicas sobre o seu ciclo, buscando-se alternativas para melhoria da qualidade das águas e garantia da saúde pública, a partir de sua reciclagem de forma sustentável (QUEVEDO; PAGANINI, 2011).

### **2.2.1 Ciclo do fósforo**

Alta concentração de fósforo no ambiente aquático tem sido reportada como a condição principal, responsável pela eutrofização acelerada destes ecossistemas hídricos. Entende-se como eutrofização o enriquecimento com nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, que

chegam de forma dissolvida ou particulada em lagos, represas e rios e são transformados em partículas orgânicas, matéria viva vegetal, pelo metabolismo das plantas e microalgas.

O processo de eutrofização nos lagos, represas e rios causa um rápido desenvolvimento de plantas aquáticas e microalgas, especialmente, cianobactérias, as quais produzem substâncias tóxicas que podem afetar a saúde do homem, causar a mortalidade de animais e/ou intoxicações (TUNDISI, 2003). Um dos fatos mais graves relacionado às florações de cianobactérias ocorreu em uma clínica de hemodiálise na cidade de Caruaru, Estado de Pernambuco, em 1996, quando mais de 60 pacientes renais faleceram em razão da contaminação da água com toxina produzida por cianobactérias (CARMICHAEL *et al.* 2001).

Na região de Paulo Afonso, na Bahia, uma grave epidemia de gastroenterite atingiu grande parte da população. Este fato esteve relacionado com o enchimento do reservatório da barragem de Itaparica, em 1988. Em um período de 42 dias foram registrados cerca de 2 mil casos da doença, com 88 casos evoluindo para óbito. O resultado da investigação revelou que a fonte da infecção era a água captada na área de influência da barragem e a proliferação de cianobactérias, em quantidade além da habitual (FARIAS *et al.*, 2009).

A determinação das concentrações de fósforo na água e sedimentos é uma etapa fundamental para o monitoramento e controle da eutrofização acelerada, bem como para o conhecimento dos padrões de ciclagem do fósforo em ambientes aquáticos (ESTEVES, 2011).

O fluxo de fósforo para as águas continentais depende dos processos geoquímicos nas bacias hidrográficas. A sedimentação de partículas e excremento de animais aquáticos contribui para o acúmulo no sedimento, o qual é um reservatório de fósforo e depende dos processos de circulação e oxirredução na interface sedimento-água (TUNDISI, 2008).

Dependendo das condições de oxirredução na interface sedimento-água, ocorre precipitação ou redissolução do fósforo (FRANZEN, 2009). Por exemplo, o potencial de oxirredução na interface sedimento-água determina a taxa de trocas de fosfato entre o hipólímnio e o sedimento. A espessura da camada oxidada ou reduzida é muito importante. Geralmente pode-se formar uma camada de fosfato férrico (camada oxidada) que constitui uma barreira para as interações entre o sedimento e a água subjacente.

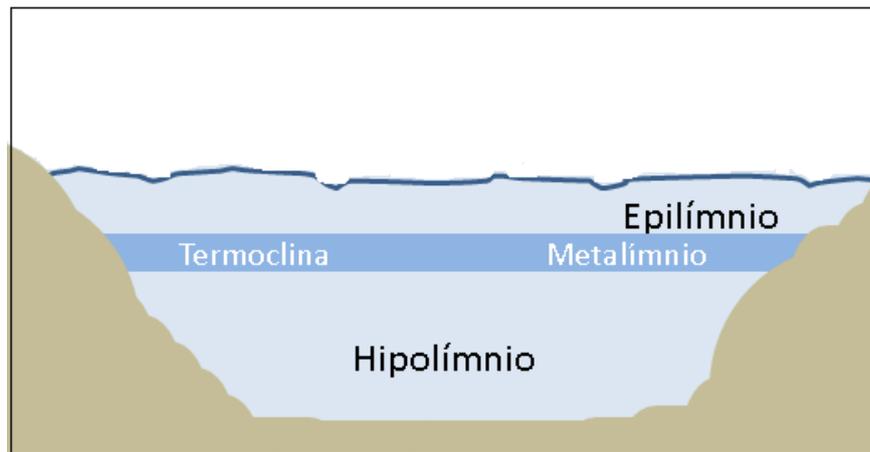
A intensidade do transporte de fosfato através dessa camada depende do grau de perturbação do sedimento, o que é também desenvolvido pela atividade de microrganismos. O sedimento

atua, portanto, como um concentrador de nutrientes, e principalmente para o ciclo do fósforo que está bastante relacionado com as interações sedimento água com processos de circulação, estratificação, desestratificação e alterações no potencial redox. Fósforo pode ser liberado também a partir da decomposição de partículas em sedimentação (TUNDISI, 2008).

A zonação baseada na estrutura térmica da água de lagos e reservatórios, conhecida pelos termos epilímnio, metalímnio e hipolímnio, representam as camadas superficial, intermediária e profunda, respectivamente (Figura 2.4). A faixa do gradiente de temperatura no metalímnio é chamada de termoclina. Quando a coluna d'água apresenta estas três camadas o lago é considerado termicamente estratificado.

Tanto o epilímnio como o hipolímnio além da vegetação litoral tem um papel muito importante na transferência de fósforo adicionado ao sistema aquático a partir de fontes externas. O ciclo do fósforo nos sistemas aquáticos continentais tem um componente importante nos sedimentos. Parte do fósforo sofre processos complexos de precipitação/adsorção durante períodos de intensa oxigenação dos sedimentos e, dessa forma, torna-se não disponível periodicamente (FRANZEN, 2009).

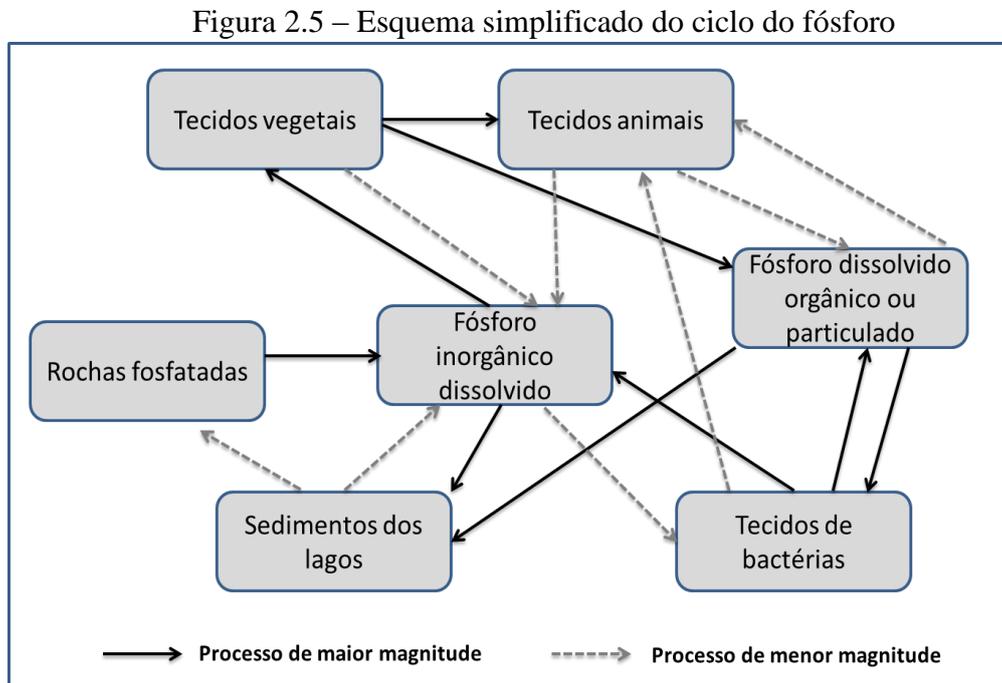
Figura 2.4 - Representação da estratificação térmica em lagos ou reservatórios



Fonte: Elaborada pela autora, 2014.

Como o fósforo não tem um componente gasoso, sua disponibilidade depende de rochas fosfatadas e do ciclo interno dos lagos, dos quais a decomposição e a excreção dos organismos são partes importantes. Assim, o fósforo tem processos de regulação e reciclagem fundamentais nos lagos (ESTEVES, 2011). A Figura 2.5 apresenta de forma simplificada o

ciclo do fósforo, partindo da origem no intemperismo das rochas fosfatadas e considerando as interações entre os componentes bióticos e abióticos dos ecossistemas.



Fonte: TUNDISI, 2008.

O padrão de fluxos de fósforo entre sedimentos e a água circundante é um componente essencial para o ciclo do fósforo em ambientes aquáticos. Vários fatores físicos, químicos e biológicos interferem na precipitação (imobilização) e na mobilização dos íons fosfatos no ambiente aquático, dentre os quais se destacam: o teor de íons de ferro, alumínio, sulfeto, compostos orgânicos e carbonatos, o pH e condições de oxirredução (ESTEVES, 2011).

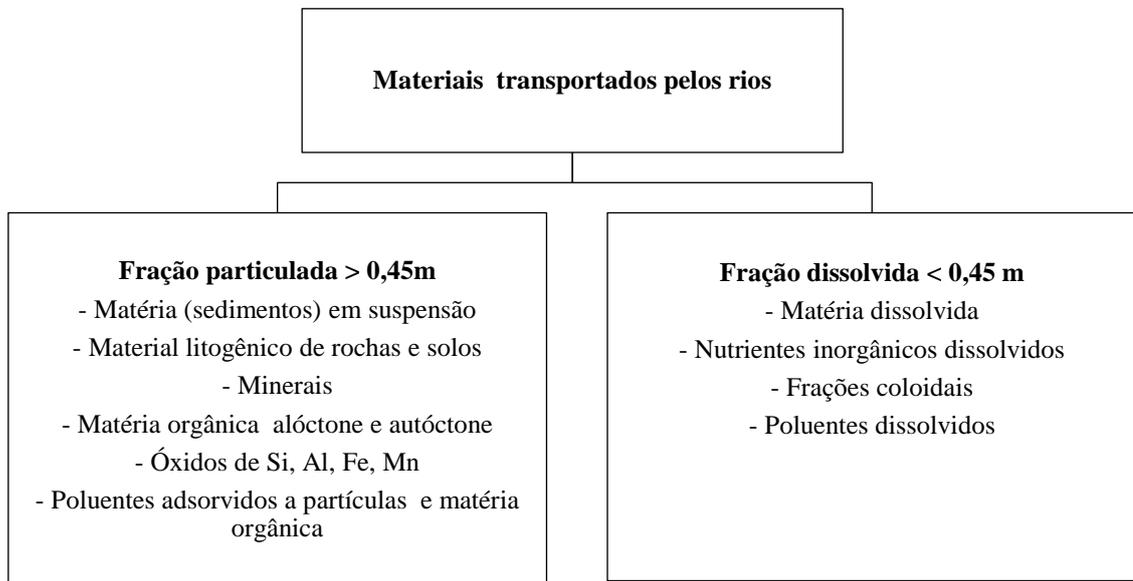
A alta taxa de transporte de sedimentos do sistema terrestre para o aquático, durante períodos de intensa precipitação, pode estar relacionada a desmatamentos ou práticas agrícolas ao redor de represas, lagos e rios. Esse transporte produz um contínuo processo de sedimentação com adsorção de fosfato nas partículas e imobilização de nutrientes no sedimento do fundo. Dessorção de fosfato a partir desse processo de sedimentação também pode ocorrer durante o deslocamento de sedimento na massa de água ou durante seu afundamento (TUNDISI, 2008).

### 2.2.2 Importância dos sedimentos no processo de eutrofização

Os sedimentos estão entre a fração particulada dos materiais recebidos e transportados pelos rios (Figura 2.6). A maior parte dos sedimentos que entra em lagos e reservatórios é

proveniente de rios, da erosão da faixa de entorno e subaquática, de deposição atmosférica e das atividades antrópicas que representam um fator importante de interferência.

Figura 2.6 - Composição dos materiais transportados pelos rios



Fonte: Adaptado de SOUZA *et al.*, 2011.

No Brasil, muitas pesquisas relacionadas aos processos erosivos dos solos têm como principal foco os impactos sobre a perspectivas da agricultura, sendo mais comuns os estudos que relacionam as práticas e gestão agrícola com os registros de perda de solo. Outros trabalhos avaliam a erosão em grandes sistemas geomorfológicos com os efeitos do uso da terra e com o escoamento superficial, principalmente em áreas degradadas, que são importantes fontes de sedimentos pela exposição do solo (THOMAZ, 2012).

Quanto à distribuição dos sedimentos em cursos d'água e sua deposição na porção mais profunda de reservatórios, não é tarefa fácil à identificação dos processos envolvidos. Pelo menos dez mecanismos de distribuição de sedimentos em lagos e reservatórios interferem na distribuição irregular do sedimento no fundo, entre os quais: formação de delta na zona lótica; pluma de sedimentação; mistura completa contínua; mistura completa intermitente; mistura completa intermitente no epilímnio; ataque de ondas periféricas; redistribuição randômica de sedimentos; correntes de erosão/deposição e degradação orgânica (REIS *et al.* 2003).

Os sedimentos de fundo dos reservatórios são materiais acumulados por sua deposição na água que se compõem de quantidades variáveis de matéria orgânica, grãos minerais, fragmentos de rochas, carbonatos e outros precipitados, como óxido de ferro, manganês e alumínio (FRANZEN, 2009). A proporção de cada componente, o tamanho das partículas e a

compreensão dos processos biogeoquímicos associados às interações com os sedimentos e a coluna de água são fundamentais para esclarecer como os sedimentos de fundo induzem à eutrofização desses sistemas aquáticos considerando a transição entre ambientes lóticos e lênticos (FONSECA *et al.*, 2006, HUPFER; RUBE, 2004, SCHENATO, 2009).

O transporte de sedimentos para os sistemas aquáticos ocorre como processos naturais a partir do solo e por arraste no fluxo de corpos hídricos afluentes. O carreamento de partículas a partir do solo previamente desagregados pelo impacto das gotas de água é dificultado pela vegetação nativa que atua diminuindo a energia cinética do fluxo de água ou ainda pelos teores de matéria orgânica na camada superficial do solo que contribuem para melhor qualidade estrutural do solo e redução dos processos erosivos (SCHENATO, 2009).

A ocupação e uso das áreas do entorno dos reservatórios por atividades antrópicas interfere diretamente no processo de transporte e na composição dos sedimentos carreados para dentro dos corpos d'água. Processos erosivos tornam-se intensos e podem causar problemas ambientais, principalmente, devido ao seu papel como carreador de poluentes.

A construção de canais de drenagem dentro de áreas com práticas intensivas de agricultura irrigada atuam como caminho preferencial do sedimento oriundo das lavouras até o sistema aquático, principalmente, quando as áreas são inclinadas e os sulcos da rede de drenagem são direcionados no sentido do declive do terreno. Além disso, em sistemas de cultivo onde são adotadas práticas inadequadas de irrigação, revolvimento e de fertilização do solo, ocorre grandes transferências de solo, água e nutrientes para os mananciais aquáticos, resultando na insustentabilidade desse sistema de manejo (SCHENATO, 2009).

O transporte de fósforo para os corpos d'água juntamente com os sedimentos ocorre em suas três formas básicas de fosfato: a forma iônica (ortofosfato), solúvel e imediatamente disponível para os produtores primários, o que constitui uma medida direta para o grau de fertilidade dos mananciais; os fosfatos condensados (polifosfatos) comumente adsorvidos às partículas do solo; e os fosfatos organicamente ligados, presentes na matéria orgânica. Estas duas últimas formas de fósforo são particuladas e só representam fonte de nutriente a médio e longo prazo. As formas adsorvidas às partículas de solo são condicionadas pelos minerais que entram na constituição, mas apenas a fração argilosa têm importância significativa na retenção e solubilidade desse elemento (FRANZEN, 2009, FONSECA *et al.*, 2006).

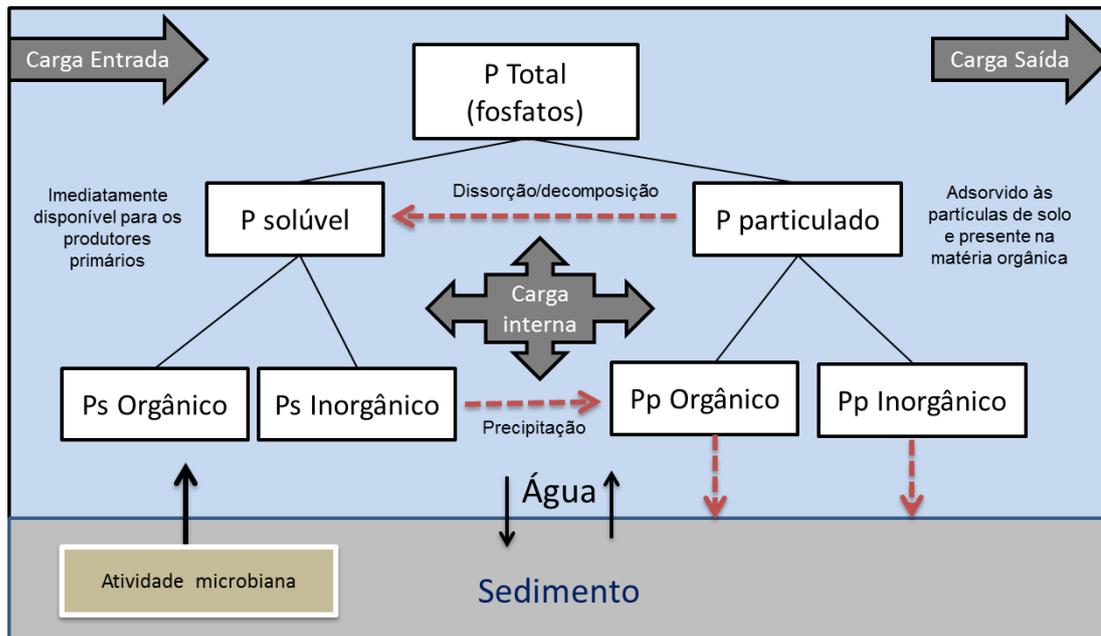
Nos esgotos sanitários, o fósforo aparece na forma de compostos orgânicos, como as proteínas e também em compostos minerais, principalmente polifosfatos e ortofosfatos, que têm origem em produtos sintetizados. Os teores de polifosfatos dos esgotos são provenientes principalmente de detergentes sintéticos (QUEVEDO; PAGANINI, 2011).

Uma vez presentes nos sedimentos de fundo dos reservatórios, as formas de fosfato adsorvido e solúvel apresentam dinâmica complexa em relação à coluna d'água e água intersticial. Os processos físicos, químicos e biológicos dominantes são dependentes das características morfométricas do reservatório que interagem com o tempo de residência do fluxo de água e com os fatores meteorológicos (FRANZEN, 2009). Além disso, a diversidade de microrganismos bentônicos dos sedimentos desempenha papel relevante para limitar o enriquecimento do meio aquático com formas de fósforo prontamente assimiláveis. Estudos conduzidos por Hupfer e Rube (2004), utilizando técnicas de ressonância magnética nuclear para identificar fosfatos biogênicos em lagos na Europa, demonstram a degradação de formas orgânicas de fósforo com síntese e acúmulo de formas mineralizadas por bactérias heterotróficas e quimiotróficas do sedimento quando submetidas a meios de transição aeróbio/anaeróbio com as condições de potencial redox variáveis.

A Figura 2.7 apresenta os fatores que influenciam na biodisponibilidade do fósforo presente na água ou ligado aos sedimentos. A carga de fósforo que entra e sai de um reservatório está condicionada pelo tempo de residência e por fatores físicos, químicos e biológicos desse ecossistema aquático (presença de óxidos de ferro, manganês, condições de pH, temperatura, teor de oxigênio dissolvido no perfil da coluna d'água, potencial redox, atividade microbiológica e de bioturbação que promovem o revolvimento das partículas sedimentadas, além da carga de fósforo interna que depende do estado trófico do reservatório).

No esquema, a carga de entrada representa o aporte de fósforo total (P Total) seja como fosfato solubilizado reativo (P solúvel), que está prontamente disponível para os produtores primários, ou na forma particulada (P particulado) que se encontra em frações adsorvidas às partículas de solo. Tanto as formas solúveis (Ps) como as particuladas (Pp), podem ter natureza química orgânica ou inorgânica. Uma vez dentro do reservatório, todas as configurações desse elemento representam a carga interna de fósforo, que está submetida à dinâmica complexa em relação à coluna d'água, aos sedimentos e a água intersticial presente nos sedimentos, bem como as inter-relações água-sedimento existentes.

Figura 2.7- Dinâmica do fósforo em reservatórios



## LEGENDA:



Representa a quantidade de fósforo, em todas as suas frações, que entra e sai do reservatório, decorrente dos diversos aportes.



Representa a possibilidade de ocorrer alterações na forma de fósforo encontrada em função de fatores químicos, físicos e biológicos interferentes e por processos de dissorção, decomposição ou precipitação.



Mobilidade do fósforo em decorrência da hidrodinâmica e interfaces água-sedimento, bem como em função de atividade biológica provenientes de organismos bentônicos.

Fonte: Elaborada pela autora, 2014.

O fósforo submetido a processos bioquímicos diferentes altera a relação entre as frações adsorvidas e solúveis, interferindo na biodisponibilidade desse nutriente. Dentre os fatores que influenciam esse processo destacam-se a concentração de fósforo, a origem do sedimento, a temperatura, a condição de pH e potencial redox, ocorrência de bioturbação, revolvimento das partículas, presença de óxidos de ferro ou manganês e a concentração de oxigênio dissolvido (FRANZEN, 2009).

### 2.2.3 Fontes pontuais e difusas de aporte de fósforo

As fontes naturais estão relacionadas com as cargas difusas, devido aos processos erosivos da bacia de contribuição, à decomposição dos organismos aquáticos e dos vegetais das matas

ciliares, do assoreamento do corpo d'água, ao intemperismo das rochas e à intensidade das trocas ocorridas entre o sedimento e a coluna d'água (QUEVEDO; PAGANINI, 2011).

Já as fontes antropogênicas de fósforo estão relacionadas com uso e ocupação do solo por atividades humanas, e o aporte desse nutriente para dentro dos corpos hídricos é proveniente principalmente:

- drenagem de cargas nutrientes superficiais especialmente em áreas agrícolas;
- descargas orgânicas de efluentes tratados ou não;
- águas percoladas de fossas sépticas;
- confinamento de animais.

O aporte de fósforo para reservatórios pode ter também outras origens: afluxos dos rios contribuintes, mineralização da vegetação remanescente inundada, atividades de piscicultura intensiva, deposição atmosférica e carga oriunda dos processos físico-químicos e biológicos que ocorrem no interior desses sistemas aquáticos.

As fontes externas que são lançadas em locais específicos do corpo d'água são classificadas como fontes pontuais. Nessa categoria está incluído o lançamento de esgoto sanitário, efluentes industriais. Por estarem em local específico são mais fáceis de serem identificadas, monitoradas e reguladas.

As fontes não pontuais resultantes de ações dispersas na bacia hidrográfica e que não podem ser identificadas em um único local de descarga são classificadas como fontes difusas. Incluem nessa categoria as correntes provenientes da drenagem das áreas urbanas e agrícolas, onde muitos poluentes são transportados do solo, da atmosfera e das águas subterrâneas são carregados para os cursos d'água com diversas origens e formas de ocorrência. As fontes difusas são difíceis de serem mensuradas e identificadas e representam aportes significativos em períodos chuvosos (ROCHA *et al.*, 2009).

Estimativas revelam que teores de carbono e nutrientes em rios de regiões com uso intensivo do solo, desmatamento e expansão demográfica, aumentaram de 4 a 10 vezes no último século e a eutrofização cultural em grande parte do mundo é resultado da fertilização de nutrientes pela descarga excessiva de efluentes sanitários e agrícolas. No entanto, não é fácil identificar as fontes das alterações em bacias sujeitas a múltiplos impactos, por vezes antagônicos, mesmo quando essas bacias de drenagem têm a origem dos impactos bem

definidos, uma vez que, fatores como a variabilidade climática, a dinâmica do reservatório e o aumento relativo da contribuição dos efluentes interferem no processo (SOUZA *et al.*, 2011).

O homem interfere no ciclo do fósforo de várias formas, podendo-se destacar: a extração de grandes quantidades de rochas fosfatadas para fabricação de detergentes e fertilizantes; a redução do fosfato disponível nos solos tropicais através dos desmatamentos de florestas tropicais; e a destruição dos ecossistemas aquáticos através do lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais. Desde 1900, as atividades humanas têm aumentado a taxa natural de liberação do fósforo no meio ambiente, em torno de 3,7 vezes (MILLER, 2007).

Em relação às fontes difusas, os fertilizantes e pesticidas advindos da agricultura, bem como a poluição das áreas urbanas, resultante do carreamento de efluentes não tratados que atingem a rede de drenagem pluvial, são as principais fontes de contribuição (MILLER, 2007).

As maiores fontes de poluição a partir dos agroecossistemas são a drenagem de nitrogênio e fósforo aplicados no solo e a entrada de resíduos orgânicos da pecuária. Os fertilizantes aplicados podem ser removidos pela água de precipitação e pelos ventos, aumentando a concentração de nitrogênio e fósforo na água (TUNDISI, 2008). Mas em geral o deflúvio superficial agrícola apresenta características que dependem muito das práticas agrícolas utilizadas em cada região e da época do ano em que se realizam a preparação do terreno para o plantio, a aplicação dos fertilizantes e defensivos agrícolas e a colheita. A contribuição representada pelo material proveniente da erosão de solos intensifica-se quando ocorrem chuvas em áreas rurais (BASSOI; GUAZELLI, 2004).

O uso de fertilizantes orgânicos a partir de detritos animais é bem frequente, mas nas práticas de agricultura intensiva é mais comum o emprego de fertilizantes inorgânicos e estes são rapidamente removidos pela água de precipitação e pela drenagem do solo. Recentemente, a utilização de fertilizantes de baixa solubilidade em água, à base de ureia-aldeído, tem sido feita com a finalidade de reduzir a drenagem. A combinação básica na fertilização por nutrientes no solo é a de nitrogênio, fósforo e potássio, cuja aplicação em larga escala produz um estoque de nutrientes em que a fração solúvel é removida. Os fertilizantes nitrogenados contêm amônia, ureia ou condensados de ureia-aldeído. Solução de nitrato de amônio e ureia. Os fertilizantes de fósforo superfosfatados, nitrofosfatados em partes solúveis em água, ou fosfatos sob forma granulada pouco solúvel, com 7% a 22% de fosfato (TUNDISI, 2008).

Levando em consideração que os reservatórios pernambucanos classificados como eutróficos por Silva *et al.* (2010), todos estão localizados em áreas de intenso desenvolvimento agrícola, supõe-se que grande parte do enriquecimento de nutrientes nestes ambientes é consequência dessa atividade, favorecendo a degradação da qualidade da água.

## 2.3 DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA POR EUTROFIZAÇÃO

A escassez de água vem se intensificando em muitas regiões do planeta, com severas consequências para as comunidades locais, para economia e para os ecossistemas de água doce (RICHTER, 2014). Mesmo que na maioria das vezes, a falta de água tenha ocorrência episódica e relacionada a fatores climáticos, estabelecendo-se durante a estação seca, o cenário previsto para regiões semiáridas é ainda mais crítico em função dos desafios impostos pela mudança climática global, apontando forte vulnerabilidade aos efeitos das alterações do clima nestas áreas com aumento da suscetibilidade à desertificação.

Com a redução da disponibilidade de água, problemas relacionados a poluição pontual e difusa causadas pelo aporte de nutrientes e a consequente eutrofização dos corpos hídricos são potencializados e podem comprometer a qualidade da água ao ponto de acarretar grandes prejuízos econômicos e ambientais, ou inviabilizar usos básicos, como o abastecimento humano, em função do nível de toxicidade decorrente de florações de cianobactérias tóxicas. No caso de reservatórios de múltiplos usos, os efeitos da eutrofização antropogênica se concentram no crescimento excessivo de macrófitas, nas florações de cianobactérias ou na invasão e crescimento de microalgas.

### 2.3.1 Crescimento de macrófitas aquáticas

Macrófitas aquáticas é a terminologia utilizada para descrever um conjunto de vegetais adaptados ao ambiente aquático, com espécies herbáceas que se desenvolvem em água, em solo cobertos por água ou saturados por esta. São também denominadas por termos como hidrófitas, heliófitas, euhidrófitas, limnófitos, plantas aquáticas, macrófitos e traqueófitos aquáticos. Contudo, a designação macrófita aquática é consagrada e adotada pelo “*International Program of Biology*” sendo a denominação mais adequada para caracterizar vegetais que habitam desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos, desta forma incluem vegetais desde macroalgas até plantas vasculares (ESTEVEZ, 1998).

Devido à heterogeneidade filogenética e taxonômica das macrófitas aquáticas, estes vegetais são preferencialmente classificados quanto ao seu biótopo, denominados genericamente de grupos ecológicos, considerando em relação à superfície da água, suas formas de vida, ou forma biológica e seus hábitos (morfologia e modo de crescer). Os grupos ecológicos comumente aceitos no Brasil são:

- emersas (plantas enraizadas no sedimento e com folhas acima da lâmina d'água);
- flutuantes (plantas que se desenvolvem flutuando livremente no espelho d'água);
- submersas enraizadas (plantas enraizadas no sedimento, que crescem submersas);
- submersas livres (plantas que apresentam raízes pouco desenvolvidas e que flutuam submersas em água de pouca turbulência);
- folhas flutuantes (plantas enraizadas no sedimento e que se desenvolvem com folhas flutuantes na lâmina da água).

Há espécies que podem apresentar mais de uma forma biológica, dependendo da condição do habitat (nível de água), passando de submersa a emergente, terrestre. Ou ainda algumas que apresentam formas biológicas distintas em relação a idade, adotando forma de vidas diferentes na fase jovem e na fase adulta (SILVA; ZICKEL, 2010).

Estudos quantitativos e qualitativos em reservatórios de múltiplos usos apontam a problemática causada pela superpopulação de macrófitas aquáticas como um transtorno na geração de energia ao paralisar as turbinas dos geradores, com a atividade de geração de energia a mais afetada (MOURA JÚNIOR *et al.*, 2010).

No Brasil, o estudo de macrófitas aquáticas para determinar espécies bioindicadoras ou problemas com uma população são os mais comuns. A região do rio São Francisco é uma das áreas do país com o maior número de estudos sobre macrófitas, principalmente, para usina hidrelétrica de Paulo Afonso, onde a planta de *Egeria densa* vem causando inúmeros problemas devido ao acúmulo de biomassa e a consequente ocorrência de retenções e obstruções (SILVA e ZICKEL, 2010). Pesquisas realizadas no reservatório de Itaparica, situado na região do Submédio do rio São Francisco, também vem registrando a ocorrência dessa espécie no reservatório de Itaparica (Foto 2.1), o que pode trazer problemas para operação da usina hidrelétrica Luiz Gonzaga, principalmente nas condições de baixo nível de água do reservatório.

Foto 2.1 – Aspecto da espécie de macrófita *Egeria densa* e o registro da ocorrência no reservatório de Itaparica



Nailza Arruda, 2012



Nailza Arruda, 2012



Nailza Arruda, 2012

O crescimento dessas populações tem influência direta na qualidade de vida humana, uma vez que, podem causar prejuízos também para outros setores do desenvolvimento, como: na irrigação, abastecimento de cidades e indústrias, navegação e recreação.

### 2.3.2 Floração de cianobactérias

As cianobactérias são em geral micro-organismos aeróbios fotoautotróficos. A fotossíntese é o principal modo de obtenção de energia para o seu metabolismo, entretanto, na organização celular são procariontes e, portanto, muito semelhantes bioquímica e estruturalmente às bactérias (GONÇALVES, 2011). Constituem um grupo de organismos encontrados nos mais variados tipos de ambientes, tais como, marinhos, estuarinos, neve, solo, aéreos, rios, lagos, reservatórios e em águas que estão em bromélias. No entanto, tais organismos se desenvolvem principalmente em águas continentais e marinhas podendo causar sérios problemas à saúde humana e animal (MOURA *et al.* 2010).

Nos últimos anos tem ocorrido uma grande incidência de florações de algas em todo o mundo o que frequentemente vem sendo associada às condições tróficas da água, sendo a eutrofização cultural, apontada como a principal causa deste fenômeno (MOURA *et al.* 2010).

No entanto, as espécies que fixam nitrogênio atmosférico, como *Anabaena spp* e *Aphanizomenon spp*, podem dominar águas pouco ricas em nutrientes (TUNDISI, 2008).

A crescente preocupação com a presença de florações de cianobactérias deve-se ao fato de que as mesmas são capazes de produzirem e liberarem para o meio líquido toxinas, denominadas também de cianotoxinas, que podem afetar a vida de humanos e de outros vertebrados. Essas toxinas somente são liberadas para o meio externo por meio do rompimento da parede celular de cianobactérias. Tal rompimento ocorre quando há morte celular natural ou pela ação de algicidas como o sulfato de cobre.

A intoxicação ocorre pela ingestão de água, pelo contato, ou ainda, pelo consumo de pescado contaminado com cianotoxinas (SANT'ANNA *et al.*, 2006). Os ambientes de água doce são os mais favoráveis ao seu desenvolvimento com pH entre 6 e 9, temperatura entre 15 e 30 °C e alta concentração de nutrientes. Quando ocorre eutrofização em um corpo hídrico, observa-se que a diversidade do fitoplâncton diminui, todavia ocorre um aumento significativo da biomassa presente. Estes fenômenos são conhecidos como florações (GONÇALVES, 2011).

Um caso conhecido com a “Tragédia de Caruaru”, onde quarenta pessoas morreram após tratamento de hemodiálise em uma clínica que utilizou água contaminada por cianotoxinas na cidade de Caruaru, em Pernambuco, no ano de 1996 (QUEVEDO; PAGANINI, 2011).

Esse grupo de organismos especialmente problemático, que pode ser responsável também pela má aparência nos corpos d'água, pode causar grande depleção de oxigênio e mortalidade de peixes e levar à morte o gado e outros animais devido à ingestão dessas toxinas. Diversos distúrbios gastrointestinais humanos podem ser atribuídos ao consumo de água na qual ocorreu florescimento de cianobactérias. Algumas pessoas, em contato com essa água ou com aerossóis emitidos durante os florescimentos de cianobactérias, têm reações alérgicas. As cianobactérias e algumas espécies de clorofitas, ou algas verdes, podem alterar o sabor e o odor da água e dos peixes, e também entopem filtros das unidades industriais ou de tratamento de águas. A biomassa oriunda das florações aumenta o teor de carbono orgânico dissolvido na água e quando essa água passa por tratamento de desinfecção por meio de cloração, podem ser formadas as trihalometanos, que são compostos com propriedades potencialmente carcinogênicas e mutagênicas (UNEP-IETC, 2001).

O fenômeno da floração de cianobactérias pode ser favorecido em função da temperatura das águas nas regiões tropicais do planeta. Baptista *et al.*, (2013), comparou dados de lagos brasileiros dominados por cianobactérias, com amostras de água de quatro lagos da Alemanha a fim de investigar o papel do clima tropical sobre a sucessão do fitoplâncton e sua diversidade. Cianobactérias tóxicas foram mais comuns em temperatura acima de 20°C. Observou-se também uma correlação positiva entre a riqueza e biovolume em lagos em função da temperatura. Ao contrário das regiões tropicais, a diversidade foi muito maior nos lagos alemães, com uma média anual de biovolume 10 a 18 mm<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup>. Já a diversidade encontrada nos lagos brasileiros foi menor, mas com ocorrência de alto biovolume de até 70 mm<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup>. As variações nas condições climáticas do país europeu foram apontadas pelos autores como explicação plausível para as mudanças em grupos de plâncton e sua diversidade.

No Estado de Pernambuco, os trabalhos que tratam sobre as cianobactérias, reportam à ocorrência de florações, sendo estas compostas principalmente por espécies potencialmente tóxicas, a exemplo das espécies encontradas por Moura *et al.*, (2010) no reservatório de Carpina na zona da mata do Estado e classificado como eutrófico, onde foram identificadas dezoito espécies, das quais cinco são comprovadamente tóxicas.

O monitoramento realizado em 2008 pelo Laboratório de Cianobactérias do Laboratório Central de Saúde Pública de Pernambuco (LACEN/PE) nos reservatórios do Estado, indicou a floração excessiva de cianobactérias, colocando em risco o abastecimento público, sendo constante a ocorrência de altas concentrações desses organismos nos reservatórios da região semiárida do Estado, o que induz a condição do risco da população ser acometida por doenças hepáticas, do sistema nervoso central e outras descritas na literatura (SAÚDE, 2011)

A soma das pesquisas realizadas sobre a evolução, história, ecofisiologia e dinâmica de cianobactérias, sugere seu crescimento sob as condições previstas para mudanças climáticas globais. Muito embora que os detalhes sobre como e quais gêneros responderão a mudança climática sejam menos claros, a causa incidirá sobre os efeitos específicos de mudanças de temperatura e concomitantes de estratificação dos corpos hídricos, bem como, do efeito do CO<sub>2</sub> e do pH da água (O'NEIL *et al.*, 2012).

O Guia da Organização Mundial da Saúde sobre as consequências para a saúde pública da floração de cianobactérias tóxicas, indica, que uma relação ótima N:P (nitrogênio:fósforo) para a floração de algas eucarióticas se encontra na faixa de 16-23, enquanto que a relação

ótima para a floração de cianobactérias se encontra na faixa de 10-16, ou seja, se houver um controle do aporte de fósforo, é possível favorecer a floração de algas eucarióticas em detrimento da floração de cianobactérias (WHO, 1999).

### **2.3.3 Invasão e floração de algas**

Ocorrência de florações de algas preferencialmente marinhas tem sido observada em reservatórios em todos os continentes. Registros indicam o estabelecimento de dinoflagelados como *Ceratium spp* em ambientes de água doce. Este gênero é comum em zonas temperadas (HEANEY; 1988). No entanto, novos trabalhos apontam florações em ambientes tropicais e subtropicais, como na Austrália, Argentina, na África do Sul e na Colômbia (GIL *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2012).

O primeiro registro do gênero para o Brasil foi realizado em 2006 no rio Paranapanema, na divisa entre os Estados do Paraná e São Paulo e desde então, tem-se observado sua expansão pelos diferentes estados do Brasil, inclusive em episódios de florações (CASSOL, 2014). Episódios de florações já foram relatados no reservatório de Billings, em São Paulo (MATSUMURA-TUNDISI, 2010) e em Furnas, Minas Gerais (SILVA *et al.*, 2012).

As florações em águas mesotróficas indicam o sucesso competitivo de *Ceratium spp*, pois estes podem proliferar em baixos níveis de fósforo devido à sua capacidade de migrar em busca de camadas mais enriquecidas. Conseguem ainda otimizar o aproveitamento da luz e reduzir sua palatabilidade pela presença de espinhos promovendo maior resistência à herbivoria (CASSOL, 2014).

Embora as florações de *Ceratium spp* não apresentem toxicidade, o florescimento destas espécies pode ser problemático para o tratamento de água devido ao consumo de oxigênio dissolvido após a decomposição, comprometendo a qualidade da água e aumentando os custos do tratamento (MATSUMURA;TUNDISI, 2010).

Em abril de 2015, foi registrada a ocorrência de uma grande mancha com cerca de 30 quilômetros de extensão, no Lago de Xingó, entre os estados de Alagoas e Sergipe. As primeiras análises identificaram a predominância de microalgas fitoplanctônicas dinoflageladas *Ceratium*, que são geralmente encontradas em cistos de sedimentos de fundos de barragens. Segundo informações do Instituto do Meio Ambiente de Alagoas (IMA, 2015),

o esvaziamento de um reservatório de Usina de Paulo Afonso, pode ter causado o problema pela liberação de grande quantidade de sedimentos que estavam parados.

O fato prejudicou o abastecimento de água para a população, uma vez que essa espécie de microalga possui coloração marrom escura, gosto amargo e cheiro de peixe ou séptico. Os danos ambientais ainda estão sendo estudados. A adoção de medidas de controle e remediação foram limitadas por diversos fatores, dentre eles: a complexidade e extensão da mancha, a altura da coluna d'água e a localização de sua ocorrência em um cânion de difícil acesso.

A ocorrência de florações de algas pode ser considerado um bom indicador de diferentes sistemas de operação em reservatórios refletindo também as condições do estado trófico desses sistemas aquáticos (CASSOL, 2014).

## 2.4 CONTROLE E PREVENÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO

### 2.4.1 Re-oligotrofização dos sistemas aquáticos impactados

Informações sobre a qualidade da água são fundamentais para o conhecimento da situação dos corpos hídricos com relação aos impactos causados por aporte de nutrientes e para que se planejem as ações de controle (BRAGA *et al.*, 2006). Além disso, é importante conhecer o grau de vulnerabilidade ou fragilidade ambiental relacionado à susceptibilidade de um reservatório a sofrer danos quando submetido à ação do aporte de nutrientes, pois quanto maior a vulnerabilidade, menor a chance de recuperação (FIGUEIRÊDO *et al.*, 2007).

O termo re-oligotrofização, tem sido empregado para definir o processo que reúne várias ações voltadas para diminuição de nutrientes em ecossistemas aquáticos, objetivando o retorno ao estado original ou de menor trofia, como estratégia corretiva e integrada para sustentabilidade de reservatórios de múltiplos usos (GUNKEL, 2012).

Segundo Gunkel (2012), as soluções implementadas em um processo de re-oligotrofização envolvem a participação de múltiplos fatores, dentre os quais, destacam-se:

- estratégias de saneamento na bacia hidrográfica, com tratamento de esgotos, redução da erosão e tratamento da água de drenagem;
- restauração (*in situ*), que contempla a restauração de faixas de vegetação nas margens do reservatório e a retirada e aproveitamento dos sedimentos orgânicos;

- estabelecimento de condições operacionais nas atividades de geração de energia (hidrelétricas) e na aquicultura.

Para Rocha *et al.* (2009), as soluções possíveis para o controle da eutrofização de lagos podem ser divididas em duas categorias: i) medidas preventivas: que visam reduzir a carga externa do nutriente; e ii) medidas corretivas: que atuam sobre os processos de circulação de nutrientes no reservatório e sobre o ecossistema. Dentre as medidas preventivas destacam-se:

- retirada de nutrientes por meio de tratamento terciário do esgoto doméstico;
- tratamento de efluentes industriais;
- redução do uso de fertilizantes agrícolas e a aplicação de ferramenta de gestão para as práticas de fertilização do solo;
- recomposição de matas ciliares e
- controle de drenagem urbana.

Como ações corretivas para controle da eutrofização em reservatório, tem-se:

- aeração da camada inferior dos lagos para manter o fósforo insolúvel;
- precipitação química do fósforo;
- redução da biomassa vegetal por meio da colheita de macrófitas; e
- remoção do sedimento do fundo.

As tecnologias envolvem a remoção de nutrientes, especialmente fósforo tem suas aplicações limitadas em função das características dos sistemas aquáticos e dos conceitos e legislações existentes sobre o seu funcionamento. Tundisi (2008) apresenta algumas dessas alternativas tecnológicas, conforme a seguir:

- remoção e isolamento químico do sedimento: onde pode ser utilizada aeração para acelerar a precipitação de fósforo no fundo do reservatório, ou ainda realizar descarga de fundo que pode reduzir o nível de sedimentos, mas que normalmente ocasiona depleção de oxigênio jusante. Outra técnica relacionada é o isolamento químico do sedimento com camadas sucessivas de sulfato de alumínio;
- inativação do fósforo: envolve a precipitação e remoção do fósforo da coluna de água e a sua subsequente deposição e imobilização no sedimento, para qual são utilizados coagulantes químicos, sendo os mais comuns o sulfato de alumínio, sulfato férrico e cloreto férrico. Aplicação desses coagulantes químicos requer técnicas especializadas e conhecimentos das doses necessárias e produtos escolhidos.

No que se refere às alternativas técnicas para mitigar os efeitos negativos da poluição difusa causada por nutrientes provenientes de atividades, Stevens & Quinton (2009) estudaram os resultados das tecnologias que vem sendo implementadas em muitos países. Esses pesquisadores concluíram que não existe uma única opção que reduza todos os poluentes e identificaram que os melhores resultados têm sido obtidos por ações que combinam duas ou mais tecnologias de controle.

A combinação das técnicas de cultura de cobertura e barreiras vegetais tem se mostrados as mais eficazes para muitos poluentes alvos, principalmente para o fósforo, não apenas para redução da carga de entrada nos corpos hídricos, mas com objetivo mantê-lo sua permanência no solo em formas assimiláveis pelas plantas cultivadas (STEVENS; QUINTON, 2009).

Ainda segundo Stevens e Quinton (2009), os métodos de controle para minimizar os riscos de eutrofização devem ser selecionados com base nas características de cada região agrícola, considerando fatores como o tipo de solo, clima, localização e características do corpo hídrico. O incentivo a instalação técnicas padronizada de mitigação sem considerar detalhes das características locais, embora possa reduzir o impacto do poluente alvo, pode resultar em aumento desnecessário de outros poluentes.

Muito embora as tecnologias combinadas apresentem eficiência na redução do aporte de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, o gerenciamento integrado é ainda o mais indicado para manutenção do ambiente em condições próximas ou quase próximas do ótimo, permitindo uma exploração racional e o desenvolvimento auto-sustentado (TUNDISI, 2008).

Para Rocha *et al.* (2009), as estratégias de redução da poluição devem ter como metas a diminuição do deflúvio superficial proveniente de atividades de natureza urbana e rural, através de práticas de manejo que garantam a qualidade do solo e da água e a proteção das zonas ripárias, uma vez que estas tem importante papel na diminuição do escoamento superficial. Neste contexto, integram-se as Boas Práticas Agrícolas (BPA) e o manejo integrado de nutrientes. Para a atividade de piscicultura em tanques-rede, que representa uma importante fonte difusa do aporte de fósforo para dentro de reservatórios, destaca-se como medida de controle, a implementação das Boas Práticas de Manejo (BPM) aplicadas à produção peixes em tanques-rede.

### 2.4.2 Boas práticas agrícolas

Boas Práticas Agrícolas (BPA) são recomendadas para agregar princípios de sustentabilidade na produção de lavouras, principalmente, na agricultura familiar, visando à proteção da saúde dos agricultores e sua família, melhorando a qualidade dos produtos e reduzindo impactos ambientais. Algumas das práticas recomendadas em BPA são: uso de rotação de cultura, uso racional da água, cuidados específicos no manuseio, estocagem e aplicação de agroquímicos, orientação para combate de pragas (EMBRAPA, 2004).

Além das BPA, muitos países com produção agrícola intensiva veem adotando o conceito de nutrição das culturas ou manejo integrado de nutrientes, baseadas em exigências estabelecidas por instituições financeiras e investidores de grandes projetos agrícolas.

A Corporação Financeira Internacional (IFC), ligada ao Banco Mundial, é uma instituição financeira que tem como missão a promoção do investimento sustentável dos países em desenvolvimento, ajudando a reduzir a pobreza e a melhorar a vida das pessoas. É uma entidade investidora e consultora global empenhada em promover projetos sustentáveis em países membros. Como premissa básica, esses projetos devem ser financeira e economicamente saudáveis, além de ambiental e socialmente sustentáveis (IFC, 2013).

A implementação estratégica do manejo integrado de nutrientes, é fortemente recomendado para projetos agrícolas financiados pelo Banco Mundial, com o intuito de melhorar a produtividade agrícola e manter a fertilidade do solo, ao mesmo tempo, reduzindo os riscos de problemas ambientais a partir da prevenção, redução e controle da contaminação das águas subterrâneas e superficiais por *runoff* e drenagem (IFC, 2007).

O conceito de manejo integrado de nutrientes, ou sistema integrado de nutrição de plantas, tem o objetivo aumentar a eficiência do uso de todas as fontes de nutrientes, seja do solo, fertilizantes minerais, adubos orgânicos, resíduos recicláveis ou biofertilizantes. Compreende desde os conhecimentos dos agricultores sobre as técnicas aplicadas para fertilização do solo, até a construção de recomendações práticas e o desenvolvimento de novas técnicas e aperfeiçoamento das já existentes com base nos resultados do campo. Aplicada como ferramenta de controle e gestão para uso de fertilizantes, essa estratégia define ações voltadas para os seguintes aspectos:

- avaliação da necessidade de aplicação de nutrientes, que destaca a sistemática de análise do solo, aplicação de acordo com as necessidades específicas da planta, uso de rotação de cultura e treinamentos para os agricultores sobre os princípios e práticas de adubação;
- uso de técnicas de fertilização mais adequadas e sustentáveis, que inclui a incorporação de matéria orgânica a partir da valorização de resíduos como fertilizantes, redução de perdas, contaminação ou risco de super dosagem de fertilizantes, implementação de controle dos produtos com data de compra, data de uso, volume utilizado por hectares, entre outros;
- utilização de técnicas adequadas para manuseio e estocagem dos produtos com objetivo de prevenir e redução riscos de contaminação do solo e recursos hídricos causados por vazamento acidentais ou durante as operações de transferência, preparação e estocagem de produtos perigosos.

Segundo Roy (2006), os fertilizantes são e continuarão a ser um componente importante para produzir altos rendimentos e boa qualidade nas plantações. A implementação do manejo adequado é fundamental para que a agricultura desenvolva em base sustentável. Algumas ações para o manejo integrado de nutrientes da quais são:

- Análise do solo como forma de pesquisa para aumentar a rentabilidade, maximizando recomendações de adubação, principalmente para as culturas frutíferas. Esta análise pode ser definida como uma análise química do solo aceitavelmente rápida e precisa para avaliar o estado nutricional disponível para fazer recomendações de adubação como uma ferramenta de diagnóstico, sendo útil quando a interpretação dos resultados do teste é baseado em correlação com a resposta da cultura e considerações econômicas para chegar a recomendações de adubação praticamente utilizáveis para uma dada situação de solo-cultura.
- Conhecimentos sobre a dinâmica solo-nutriente-planta e das propriedades e funções dos nutrientes, bem como a mobilidade dos seus componentes no solo e nas plantas e sintomas de deficiência e toxicidade para o metabolismo da planta.
- Informações sobre a propriedades físico-químicas e a estrutura do solo, o arranjo tridimensional das diferentes partículas, tamanhos e formas de agregados que

determinam a permeabilidade à água e o grau de resistência a fatores de deterioração causados por agentes molhantes e de pressão.

- Conhecimento de definição, classificação e aspectos gerais dos fertilizantes, que podem ser definidos como, produtos refinados ou fabricados extraído contendo um ou mais nutrientes essenciais de plantas em formas disponíveis ou potencialmente disponíveis e em quantidades comercialmente valiosas sem levar qualquer substância nociva acima dos limites permitidos. Cada produto comercializado no mercado de agroquímicos, tem formulação que refere-se a garantia legal do teor de nutrientes. É expresso em percentagem, em peso. Por exemplo, um fertilizante 12-32-16 NPK indica a presença de 12% de nitrogênio (N), 32% de fosfato ( $P_2O_5$ ) e 16% de potássio ( $K_2O$ ). Em um saco de fertilizante, o teor de NPK é sempre escrito na sequência.
- reciclagem de resíduos de produtos de origem vegetal e animal, humana e industrial como fontes de nutrientes para as plantas e recuperação de nutrientes a partir da rotação de culturas e plantação de leguminosas.
- emprego de bioinoculantes ou conhecidos também como biofertilizantes, que é um termo amplo utilizado para produtos que contenham vida ou dormentes de microrganismos, como bactérias, fungos e algas isoladamente ou em combinação, que promovem a fixação de N atmosférico ou solubilização ou ainda mobilização dos nutrientes do solo, além de secretar substâncias promotoras do crescimento.
- medidas preventivas para evitar a dosagem excessiva de fertilizantes, que constitui um desperdício e também pode ter impactos negativos sobre o meio ambiente e para produtividades da cultura. Por exemplo, altas doses de potássio reduzir a absorção de magnésio, mesmo quando há uma oferta de magnésio satisfatória.
- racionalização no uso da água, uma vez que o teor de água disponível no solo tem uma influência sobre vários aspectos do fornecimento de nutrientes. A eficiência na utilização da água como no caso de qualquer insumo de produção deve ser acompanhada e expressa em quilogramas de colheita por milímetro de água utilizada. A quantidade de água aplicada, principalmente nas culturas irrigadas influencia na disponibilidade dos nutrientes, na atividade biológica do solo e na perda de nutrientes devido à lixiviação.

- planejamento das culturas por região de exploração também é uma forma de racionalizar o consumo de água a partir do controle por evaporação nas áreas plantadas. Algumas culturas requerem 300-800 litros de água para produzir 1 kg de matéria seca. A quantidade de água consumida é ao mesmo tempo específica da planta e clima dependente, mas a seleção das culturas atrelada a técnicas adequadas de aplicação de nutrientes podem otimizar o aproveitamento da água e aumentar a resistência aos períodos secos. Por exemplo, o fosfato promove o crescimento da raiz cedo, o que permite um melhor acesso à água das camadas mais profundas do solo e também encurta o período de crescimento. Isto leva a maturação precoce, o que reduz a demanda de água. Em certa medida, uma escassez de água podem ser compensadas por otimização nutrição das plantas.
- incentivo às formas de agricultura biológica ou agricultura orgânica, que se referem a sistemas especiais de cultivo que excluem a aplicação de fertilizantes minerais fabricados ou pesticidas, mas o uso de minerais naturais, como esterco, compostagem e leguminosas como fontes de nutrientes. Tais sistemas têm importância considerável na ciclagem de nutrientes. Alega-se que este sistema de produção promove uma melhor qualidade dos alimentos produzidos com maior proteção ambiental e prevenção contra a poluição indesejada causada por produtos químicos agrícolas. O sistema é viável por causa dos preços mais altos realizados, que compensam os rendimentos mais baixos geralmente obtidos.

### **2.4.3 Boas práticas de manejo na piscicultura em tanques-rede**

A preocupação com a qualidade ambiental é um dos componentes fundamentais da competitividade no mercado internacional de commodities aquícolas e esse setor produtivo tem sido induzido a mover-se em direção à busca de sistemas de gestão ambiental e a adotar Boas Práticas de Manejo (BPM) com vistas a praticar uma aquicultura sustentável e competitiva que não prejudique o meio ambiente (EMBRAPA, 2003).

O conceito de “Aquicultura Sustentável” é definido como a produção lucrativa de organismos aquáticos, com integração harmônica e duradora com os ecossistemas e as comunidades locais (VALENTI, 2002) e está sendo introduzido para designar a forma desejável de se produzir pescado no meio aquático, com racionalidade ambiental, econômica e social.

Segundo Valenti (2000), dois documentos norteadores dos rumos que a aquicultura deve trilhar no século XXI foram emitidos ou coordenados pela Organização para a Alimentação e a Agricultura (FAO), são eles: o "*Code of Conduct for Responsible Fisheries*", e "*Aquaculture Development Beyond 2000: The Bangkok Declaration and Strategy*", onde as principais diretrizes para aquicultura são:

- deve produzir alimentos de qualidade para as populações humanas e gerar desenvolvimento econômico;
- deve preservar a diversidade genética;
- devem ser desenvolvidas de modo a preservar as comunidades aquáticas e a integridade dos ecossistemas adjacentes às unidades de produção;
- deve ser desenvolvida de modo a gerar renda para as comunidades locais;
- não deve causar prejuízo do meio de vida tradicional das comunidades locais;
- deve servir para atender ao homem e não ao poder econômico.

Neste contexto, a implementação de BPM fortalece o planejamento da atividade e influencia na decisão quanto à avaliação ambiental e os requisitos de monitoramento, o zoneamento ambiental adequado à legislação, o uso de espécies adequadas e a seleção do local, a capacidade local, a densidade de estocagem e regimes de alimentação e o plano de produção. Com o propósito de fomentar a adoção de BPM na atividade no Brasil, A EMBRAPA vem desenvolvendo diversas ações, dentre elas um sistema informatizado, denominado Aquisys, que visa contribuir para a gestão ambiental da aquicultura, a partir de orientação e sistemática de controle disponível compilados em um programa de computador disponível na internet para produtores de tilápia (EMBRAPA, 2012).

A produção de peixes em tanques-rede, principalmente dentro de reservatórios de múltiplos usos, deve ser manejada com métodos baseados em BPM e dentro dos preceitos da Aquicultura Sustentável (VALENTI, 2002), com o objetivo reduzir o impacto ambiental desses sistemas de produção, mesmo porque as mudanças ecológicas se tornam um fator de risco para a própria produção aquícola em função da degradação da qualidade da água.

Para a qualidade da água necessária para produção de peixe em tanques-rede, existem valores de referência bem documentados para parâmetros físico-químicos (CODEVASF, 2013; EMBRAPA, 2003). O Quadro 2.3 apresenta os parâmetros de qualidade comumente empregados, bem como a frequência recomendada para monitoramento.

Quadro 2.3 – Parâmetros físico-químicos de qualidade da água e valores indicados para produção de peixes em tanques-rede

Parâmetro	Frequência	Valores indicados
Temperatura	Diária	26-28°C
OD	Diária	5-6 mg.L <sup>-1</sup>
DBO	Semanal	< 30 mg.L <sup>-1</sup>
Ph	Diária	6-9
Alcalinidade total	Semanal	> 20 mg.L <sup>-1</sup> (CaCO <sub>3</sub> )
Dureza total	Semanal	> 10 mg (CaCO <sub>3</sub> )
Transparência	Diária	30-50 cm
Sólidos Totais Suspensos	Semanal	< 30 mg.L <sup>-1</sup>
Turbidez	Semanal	25-30 NTU
Condutividade	Mensal	< 1.000 µS/cm
Fósforo total	Mensal	< 0,5 mg.L <sup>-1</sup>
Fósforo solúvel	Mensal	< 0,05 mg.L <sup>-1</sup>
Nitrogênio total	Semanal	5-6 mg.L <sup>-1</sup>
Nitrogênio amoniacal total	Semanal	2-3 mg.L <sup>-1</sup>
Amônia	Semanal	< 0,5 mg.L <sup>-1</sup>
Nitrito	Semanal	< 0,5 mg.L <sup>-1</sup>

Fonte: EMBRAPA (2003)

Além dos fatores físico-químicos de estresse, o monitoramento ambiental dessa atividade deve considerar análises de compostos tóxicos. Entre estes destacam-se contaminantes químicos como metais pesados e organismos patogênicos, comumente relacionados ao número de coliformes termotolerantes presentes na água (AUSTRALIA; NEW ZEALAND, 2000).

#### 2.4.4 Experiência australiana no enfrentamento à condição de seca extrema

Os australianos vivenciaram condições críticas de recursos hídricos do país durante a Seca do Milênio, que começou no início dos anos 90s e durou uma década. Cidades inteiras entraram em colapso, principalmente nas regiões fortemente dependente da agricultura irrigada.

A “Grande Seca” na Austrália motivou o engajamento de todos os atores envolvidos e desencadeou a implementação de ações efetivas de enfrentamento, consolidadas em robustos planos de gestão integrada de bacias hidrográficas e na determinação de uma estratégia nacional de gestão da qualidade da água construída em conjunto com o governo da Nova Zelândia (AUSTRALIA; NEW ZEALAND, 2000). Esforços e sacrifícios foram compartilhados e os resultados foram bem sucedidos. Em 2012, com o anúncio oficial do final da Grande Seca, o governo da Austrália estava munido com um plano de gestão da água para

ter certeza de que o recurso estará disponível em tempos de seca, mesmo que não haja como prever quando virá a próxima, devido às mudanças climáticas.

Dentre as ações do plano de gestão hídrica dos australianos, foram estabelecidos padrões regionais de qualidade da água dentro do país, limitando condições de pH, turbidez e salinidade, além das concentrações de parâmetros indicadores do nível trófico nos corpos hídricos e consequentemente, do risco de eutrofização desses sistemas aquáticos (AUSTRALIA; NEW ZEALAND, 2000).

A Tabela 2.5 apresenta limites regionais de salinidade e indicadores de eutrofização nas regiões australianas e mostra também a referência brasileira de alguns desses parâmetros, determinados pela Resolução Conama 357 de 2005, para corpos hídricos classificados como de água doce, classe 2.

Os parâmetros de controle estabelecidos para controle da eutrofização nos corpos hídricos da Austrália considera a condição climática da região, a exemplo do Sul-Central, que apresenta o menor índice pluviométrico, os limites de concentração para o lançamento de nutrientes (fósforo e nitrogênio) são maiores como comparados com outras regiões do país. Enquanto que no Brasil, a determinação legal é padronizada para todas as regiões, com registro de exigências adicionais para remoção de nutrientes em alguns estados da Federação.

Tabela 2.5 – Padrões regionais estabelecidos como parâmetros físico-químicos indicadores de estado trófico dos corpos hídricos na Austrália e no Brasil

País	Região	Chlorofila-a ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Fósforo total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Fósforo reativo ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Nitrogênio total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Oxigênio dissolvido	Faixa de pH	Faixa de turbidez (NTU)
Austrália	Sudeste	5	10	5	350	90-110%	6,5-8,0	1-20
	Norte e Nordeste	3	10	5	350	90-120%	6,0-8,0	2-200
	Sudoeste	3-5	10	5	350	90%	6,5-8,0	10-100
	Sul-Central	-	25	10	1000	90%	6,5-9,0	1-100
Brasil	Água doce (classe 2)	30	30	-	-	Mínimo de 5 $\text{mg.L}^{-1}$	6,0-9,0	Até 100

Fonte: Adaptado de AUSTRALIA e NEW ZEALAND, 2000.

A experiência australianas para acelerar as melhorias na utilização da água para agricultura irrigada, em tempos de enfrentamento da Grande Seca do Milênio, representava um difícil dilema: reduzir o consumo de água e manter bons níveis de produção. A solução adotada foi não forçar as reduções por meios puramente regulatórios, mas oferecer uma compensação adequada ao titular do direito afetado. Então, em 2002, o governo da Austrália lançou uma

iniciativa ambiciosa, que comprometeu US\$ 700 milhões ao longo de 5 anos: comprar a água de volta a partir de “vendedores” dispostos e com direitos de outorga de água concedidos.

A água comprada de volta era utilizadas para fins ambientais. A reversão no uso foi baseada na necessidade de proteger pelo menos 60%, e de preferência de 80%, do fluxo natural em todos os rios e córregos na bacia hidrográfica para restaurar a saúde ecológica. Essa solução mobilizou os agricultores a investirem em eficiência dos sistemas de irrigação e a produzirem culturas que consomem menos água. O financiamento australiano na recompra de água só foi possível graças a um passo anterior e crítico adotado em 1997: a imposição de limites para o volume total consumido por cada produtor. Na ocasião, a medida enfrentou muitas resistências, mas foi justificada para evitar o esgotamento dos fluxos dos rios e minimizar a degradação ecológica (RICHTER, 2014).

## 2.5 ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS

Os problemas relacionados ao uso e manejo das águas ganham visibilidade nos discursos e nos meios de comunicação e são fortalecidos a cada catástrofe que causa poluição de mananciais, danos às pessoas e grandes prejuízos para setores econômicos. No Brasil, o aparato institucional que trata da gestão de água vem se modificando com a criação e reformulação de instituições que tratam de aspectos técnicos, políticos e legais relacionados aos recursos hídricos nas diferentes esferas da federação (CAMPOS; STUDART, 2003).

### 2.5.1 Aspectos legais relacionados aos recursos hídricos e ao controle do fósforo

O Brasil possui um extenso arcabouço legal relacionado direta ou indiretamente a gestão de reservatórios. Os mais importantes serão relatados a seguir, tanto na esfera federal, como no âmbito do Estado de Pernambuco, além de destacar os aspectos relacionados ao elemento fósforo, sempre que aplicável. Dentre os diplomas legais federais, destacam-se:

- Código Florestal: foi um dos primeiros instrumentos legais de defesa do meio ambiente, publicado em 1965 com a Lei Federal 4.771. Criou a classificação de Áreas de Preservação Permanente (APP), consideradas de extrema importância para a proteção de corpos d'água. O novo código florestal brasileiro, instituído pela Lei nº 12.651, em maio de 2012 e alterado pela Lei nº 12.727 em outubro do mesmo, definiu

as faixas de entorno de reservatórios naturais e artificiais como APP. Para os reservatórios artificiais decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, a delimitação da faixa de APP é definida na licença ambiental do empreendimento. Em reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, não é exigida APP, no entanto, para os reservatórios artificiais situados em áreas rurais com até vinte hectares de superfície, a área de preservação permanente terá, no mínimo, quinze metros.

- Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA): foi instituída em 1981 por meio da Lei Federal 6.938, tendo por finalidade a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. Dentre os principais objetivos da PNMA destacam-se: i) compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico; ii) definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico; iii) estabelecimento de critérios e padrões de qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais; iv) difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, à divulgação de dados e informações ambientais e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico; e v) imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.
  
- Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH): foi instituída em 1997, pela Lei Federal nº 9.433, que estabeleceu diretrizes gerais para gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade, adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País, integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental, articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional, articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo, integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras. A PNRH determinou a implementação de instrumentos de gestão fundamentais, tais

como: O Plano de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água, a outorga dos direitos de uso da água, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, a compensação a municípios e o sistema de informação sobre recursos hídricos.

- Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR): Elaborada em 2005 e instituída em 2007 pelo Decreto Federal 6.047, tem o objetivo de reduzir as desigualdades de nível de vida entre as regiões brasileiras e a promover a equidade no acesso a oportunidades de desenvolvimento, além de orientar programas e ações federais no Território Nacional. Define espaços sub-regionais prioritários para a ação, que foram criados com base no cruzamento de duas variáveis: rendimento domiciliar médio e crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) per capita e estabelece a elaboração de Planos Estratégicos de Desenvolvimento em escala macrorregional, com prioridade para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, cuja elaboração e implementação serão coordenadas pelas instituições responsáveis pelo desenvolvimento das respectivas áreas de abrangência, sob orientação do Ministério da Integração Nacional. O Semiárido recebe tratamento prioritário para a PNDR.
- Política Nacional de Irrigação: instituída em 2013 pela Lei Federal 12.787, considera como projeto de irrigação o sistema planejado para o suprimento ou a drenagem de água em empreendimento de agricultura irrigada, de modo programado, em quantidade e qualidade, podendo ser composto por estruturas e equipamentos de uso individual ou coletivo de captação, adução, armazenamento, distribuição e aplicação de água. Os objetivos principais desta política são: i) o incentivo a ampliação da área irrigada e o aumento da produtividade em bases ambientalmente sustentáveis; ii) a redução dos riscos climáticos inerentes à atividade agropecuária, principalmente nas regiões sujeitas a baixa ou irregular distribuição de chuvas; iii) o desenvolvimento local e regional, com prioridade para as regiões com baixos indicadores sociais e econômicos; e iv) a contribuição para o abastecimento do mercado interno de alimentos, de fibras e de energia renovável, bem como para a geração de excedentes agrícolas para exportação. Os princípios que norteiam a Política de irrigação nacional são: uso e manejo sustentável dos solos e dos recursos hídricos destinados à irrigação, integração com as políticas setoriais de recursos hídricos, de meio ambiente, de energia, de saneamento ambiental, de crédito e seguro rural e seus respectivos planos, com prioridade para projetos cujas obras possibilitem o uso múltiplo dos recursos

hídricos e a articulação entre as ações em irrigação das diferentes instâncias e esferas de governo e entre estas e as ações do setor privado, além da gestão democrática e participativa dos Projetos Públicos de Irrigação com infraestrutura de irrigação de uso comum e a prevenção de endemias rurais de veiculação hídrica.

- Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais (PNAF): Instituída em 2006 pela Lei Federal 11.326, considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural e atende simultaneamente, aos requisitos: i) não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais; ii) utiliza predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; iii) tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo; e iv) dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família. Esta política reconhece que a agricultura familiar deve ser atendida por políticas permanentes nas mais diversas áreas e destaca-se a atenção permanente aos agricultores familiares de forma que eles alcancem sua autonomia. Dentre os principais programas de apoio a agricultura familiar está o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf). Criado em 1995, o programa se propõe a fortalecer a agricultura familiar como categoria social, mediante apoio financeiro (financiamento para custeio e investimento de atividades agrícolas), capacitação e apoio à infraestrutura social e econômica dos territórios rurais fortemente caracterizados pela agricultura familiar.
- Resolução CONAMA 01, de 1986: estabelece definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente e determina a exigência da realização de Estudos de Impactos Ambientais (EIA) para concessão do licenciamento ambiental para uma série de empreendimentos, entre eles, a construção de reservatórios de acumulação de água.
- Resolução CONAMA 237, de 1997: estabelece que as atividades agropecuárias dentre as quais: projetos agrícolas, criação de animais e projetos de assentamentos e de colonização, estão sujeitas ao licenciamento ambiental.

- Resolução CONAMA 284, de 2001: dispõe sobre o licenciamento de empreendimentos de irrigação e admite um único processo de licenciamento ambiental para pequenos empreendimentos e atividades similares e vizinhos, ou para aqueles integrantes de planos de desenvolvimento aprovados, previamente, pelo órgão ambiental licenciador, desde que definida a responsabilidade legal pelo conjunto de empreendimentos. Este caso pode ser aplicado aos perímetros públicos de irrigação, que normalmente solicitam uma licença ambiental do perímetro coletiva.
- Resolução CONAMA 302, de 2002: estabelece a exigência de um Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial (PACUERA), de modo a assegurar a função ambiental das Áreas de Preservação Permanente e seu entorno e a redução dos impactos ambientais nos recursos hídricos, no solo e na biodiversidade, minimizando os riscos ao bem-estar da população residente na área e dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de APP e o regime de uso do entorno desses sistemas aquáticos artificiais.
- A Resolução CONAMA 357 de 2005: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. De acordo com esta Resolução, os reservatórios de água doce, onde a água pode ser destinada: i) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; ii) proteção das comunidades aquáticas; iii) recreação de contato primário; iv) irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e v) aquicultura e à atividade de pesca, são classificados como ambientes lênticos de águas doces de Classe 2. O teor de fósforo total estabelecido nestas águas é de até  $0,030 \text{ mg.L}^{-1}$ . Esta resolução revogou e substituiu a Resolução CONAMA 20 de 1986,
- A Resolução CONAMA 359 de 2005: regulamenta o teor de fósforo na formulação de detergentes em pó fabricados no país ou importados para uso no território nacional, visando redução e eventual eliminação do aporte de fósforo dessa fonte nos corpos de água. Os critérios definidos para redução da concentração de fósforo nos detergentes em pó devem ser cumpridos para a quantidade total de fósforo na formulação do produto e também para média ponderada máxima estabelecida para os grupos de fabricantes e importadores de detergentes em pó, conforme apresentado na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Limites de fósforo na formulação de detergentes estabelecidos na Resolução CONAMA 359 a partir de maio de 2008

Composto de fósforo	Limite máximo Por formulação do produto (%)	Média ponderada máxima por grupo de fabricantes e importadores (%)
Fósfatos (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	10,99	-
Fósforo total (P)	4,80	3,16
Tripolifosfato de sódio	-	12,5

Fonte: Elaborada pela autora, 2014.

- Resolução CONAMA 430 de 2011: que altera e complementa a Resolução 357/2005 e regulamenta novas diretrizes para o lançamento de efluentes, não estabelece padrão para limite máximo de teor de fósforo nos efluentes de quaisquer fontes poluidoras.

Seguindo as mesmas áreas temáticas apresentadas anteriormente, serão citados adiante os aspectos legais no âmbito do Estado de Pernambuco:

- Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH): Instituída em 2005 pela Lei Estadual 12.984, como os seguintes objetivos: i) assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade dos recursos hídricos; ii) assegurar que a água seja protegida, utilizada e conservada, em níveis e padrões adequados de quantidade e qualidade, por seus usuários atuais e futuros, em todo o território do Estado de Pernambuco, garantindo as condições para o desenvolvimento econômico e social, bem como para melhoria da qualidade de vida e o equilíbrio do meio ambiente; e iii) utilizar racionalmente e de forma integrada os recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável.
- Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas: instituída em 2010 pela Lei Estadual 14.090, tem como objetivo geral garantir à população que o poder público promova os esforços necessários para aumentar a resiliência da população pernambucana à variabilidade e às mudanças climáticas em curso, bem como, contribuir com a redução das concentrações dos gases de efeito estufa na atmosfera, em níveis não danosos às populações e aos ecossistemas, assegurando o desenvolvimento sustentável. Esta política foi determinante para a criação do Plano Estadual de Mudanças Climáticas, em 2011.
- Política Estadual de Convivência com o Semiárido (PECS): Instituída em 2013, a partir da publicação da Lei Estadual 14.922 e tem como objetivo estabelecer diretrizes

básicas para a implementação de políticas públicas permanentes no meio rural de Pernambuco, na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável, assegurando às populações locais os meios necessários à convivência com as condições adversas do clima Semiárido, especialmente nos períodos de longas estiagens. Estimula os municípios, por meio de parcerias com o Governo do Estado, à criação e à implementação de Políticas Municipais de Convivência com o Semiárido e estabelece a universalização do acesso à água a toda família residente no meio rural assegurando uma fonte de água para consumo humano, notadamente para beber e cozinhar, priorizando o aproveitamento dos recursos hídricos locais como forma de potencializar o uso dos mananciais e águas subterrâneas existentes.

- Normas Técnicas CPRH 2.001: na abrangência do Estado de Pernambuco, as normas regulamentadoras estabelecidas pela Agência Pernambucana de Meio Ambiente (CPRH) são aplicadas como requisito legal do Estado. Apesar de não fixar valores quanto à concentração máxima de fósforo, esta norma técnica determina o controle de carga orgânica em efluentes líquidos industriais e determina que para as fontes de efluentes localizadas nas bacias contribuintes ou à margem de lagos, lagoas, lagunas e reservatórios, serão exigidos tratamentos adequados para remoção de nutrientes.
- Normas Técnicas CPRH 2.002: este requisito determina padrões para o controle do aporte de carga orgânica não industrial no corpos hídricos pernambucanos e prevê a possibilidade de exigência de tratamento complementar para remoção de nutrientes, a fim de evitar a eutrofização das águas interiores e costeiras.

### **2.5.2 Aspectos institucionais relacionados à gestão de reservatórios**

A seguir são apresentadas de forma breve, as principais instituições, relacionadas à gestão da qualidade da água na região do estudo. No âmbito nacional destacam-se:

- Agência Nacional de Águas (ANA): tem como missão regular o uso da água dos rios e lagos de domínio da União, assegurando quantidade e qualidade para usos múltiplos, e implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, um conjunto de mecanismos, jurídicos e administrativos que visam o planejamento racional da água com a participação de governos municipais, estaduais e sociedade civil. Além de criar condições técnicas para implantação da Política Nacional de

Recursos Hídricos, a ANA contribui na busca de solução para dois graves problemas do país: as secas prolongadas, especialmente, no Nordeste, e a poluição dos rios.

- Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH): atua na promoção e articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regionais, estaduais e dos setores usuários, delibera sobre projetos de aproveitamento de recursos hídricos, cujas repercussões extrapolem o âmbito dos Estados, analisa propostas de alteração da legislação sobre recursos hídricos e à PNRH e estabelece diretrizes complementares para sua implementação e aplicação de seus instrumentos, acompanhar a execução e aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos.
- Secretaria Nacional de Irrigação (SENIR), do Ministério da Integração Nacional, tem como principal objetivo configurar um sistema de gestão para a agricultura irrigada, articulando os vários órgãos que interagem no setor, apoiando a iniciativa privada e otimizando áreas públicas como instrumentos de desenvolvimento de regiões menos favorecidas. Além disso, busca promover a irrigação como instrumento de eficiência na produção agrícola e erradicar a pobreza com a geração de emprego e renda.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa): é vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), tem como objetivo o desenvolvimento de tecnologias, conhecimentos e informações técnico-científicas voltadas para a agricultura e a pecuária brasileira.
- Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA): é uma autarquia federal vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, na área de estudo, atua principalmente no licenciamento e controle ambiental da Usina Hidrelétrica de Luiz Gonzaga e nas Unidades de Conservação do entorno do reservatório de Itaparica.
- Ministério da Integração Nacional (MI), que dentre outras responsabilidades, conduz a Política Nacional de Desenvolvimento Regional – PNDR e é responsável inclusive pela condução da política nacional de irrigação e obras contra as secas e de infraestrutura hídrica. Neste contexto o MI, em parceria com a ANA, apresentou em agosto de 2014 o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), focado nas intervenções estratégicas do país na garantia da oferta de água para o abastecimento humano e para o uso em atividades produtivas e reduzir os riscos associados a eventos críticos (secas e inundações).

No âmbito nacional, regional, estadual e local, destacam-se as seguintes instituições:

- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF): é um órgão colegiado, com a finalidade de realizar a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos da bacia, na perspectiva de proteger os seus mananciais e contribuir para o seu desenvolvimento sustentável. Os membros integrantes do CBHSF no período 2013-2016 tem a seguinte representação: poder público (32,2%), sociedade civil (25,8%), usuários (38,7%) e comunidade indígena (3,3%). Dentre os Estados com maior representação no Comitê destacam-se a Bahia, Minas Gerais e Pernambuco.
- Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf): empresa pública brasileira vinculada ao Ministério da Integração Nacional, com o papel de promover o desenvolvimento e a revitalização das bacias dos rios São Francisco, Parnaíba, Itapecuru e Mearim com a utilização sustentável dos recursos naturais e estruturação de atividades produtivas para a inclusão econômica e social. A empresa mobiliza investimentos públicos para a construção, a implantação e gestão de projetos de irrigação e de aproveitamento racional dos recursos hídricos.
- Secretaria Estadual de Recursos Hídricos: criada em 2007, passou a ser denominada de Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos, que possui como funções principais: i) formular e executar as políticas estaduais de recursos hídricos, saneamento e de Energia; ii) coordenar o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco – SIGRH; iii) implantar e consolidar os instrumentos da política estadual de recursos hídricos; iv) promover a gestão integrada, racional e participativa dos recursos hídricos no Estado; v) promover a universalização dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e energia no Estado; e vi) propor, coordenar, gerenciar e executar estudos, pesquisas, programas, projetos, obras e serviços atinentes aos recursos hídricos, energéticos e saneamento.
- Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (SECTEC) - órgão da administração direta do poder executivo estadual tem por finalidade e competência: formular, fomentar e executar as ações de política estadual de desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação; planejar, coordenar e implementar a política estadual de proteção do meio ambiente e dos recursos hídricos; promover e apoiar ações e atividades de incentivo à ciência, às ações de ensino superior, pesquisa

científica e extensão bem como apoiar as ações de polícia científica e medicina legal; instituir e gerir centros tecnológicos; e gerir os fundos estaduais pertinentes, respeitadas as legislações específicas.

- Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária (SARA): tem como missão formular, implementar e monitorar as políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável da agricultura e da pecuária do Estado de Pernambuco. Dentre as competências da SARA destacam-se: i) implementação e execução de ações de abastecimento d'água, assistência técnica e extensão rural; ii) implementação de programas de irrigação; iii) execução de obras, produtos e serviços tocantes a recursos hídricos relacionados com a infraestrutura rural, em articulação com órgãos e entidades estaduais. Atualmente os órgãos vinculados à SARA são: a Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária de Pernambuco (Adagro), o Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco (CEASA/PE), o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), o Instituto de Terras e Reforma Agrária de Pernambuco (Iterpe).
- Secretaria Executiva de Agricultura Familiar (SEAF): tem como objetivo organizar e controlar as atividades relacionadas à execução das ações de produção, organização, comercialização, capacitação, associativismo e cooperativismo solidário, segurança alimentar e nutricional, convivência com o Semiárido, assistência técnica e articulação para o desenvolvimento territorial assegurando um desenvolvimento sustentável e a participação igualitária de mulheres, jovens e população quilombola e indígena. Além disso, existe também a Gerência de Convivência com o Semiárido com para coordenar, organizar e controlar atividades de promoção da convivência dos agricultores com o semiárido.
- Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC): criada em 2010 com a finalidade de executar a Política Estadual de Recursos Hídricos, planejar e disciplinar os usos múltiplos da água em âmbito estadual, realizar monitoramento hidrometeorológico e previsões de tempo e clima no Estado de Pernambuco e também é responsável por regular o uso da água, tendo o processo de análise dos projetos de captação apresentados pelos interessados de uso da água, com a possível emissão de outorga, o elemento balizador para a regulação de seu uso.

- Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH): tem como objetivo exercer a função de órgão ambiental do Estado, responsável pela execução da Política Estadual de Meio Ambiente, atuando no controle da poluição urbano-industrial e rural, na proteção do uso do solo e dos recursos hídricos e florestais.
- Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA): tem como missão prestar, com efetividade, serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado de Pernambuco, de forma sustentável, conservando o meio ambiente e contribuindo para a qualidade de vida da população.
- Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF): é uma sociedade anônima de capital fechado que atua na geração e transmissão de energia em alta e extra-alta tensão, explorando a bacia hidrográfica do rio São Francisco, dentre os empreendimentos está o sistema Itaparica.
- Prefeituras: são as sedes do poder público municipal, no lado pernambucano do reservatório, os municípios estão inseridos na região de desenvolvimento, denominada Sertão de Itaparica e que é composta pelos seguintes municípios: Belém de São Francisco, Carnaubeiras da Penha, Floresta, Itacuruba, Jatobá, Petrolândia e Tacaratu.
- Organizações Não Governamentais (ONGs): são todas as organizações, sem fins lucrativos, criadas por pessoas em defesa de uma causa. Na região do Sertão de Itaparica as ONGs tem papel de destaque, principalmente, pela atuação dos sindicatos e das associações de agricultores, pescadores, apicultores, produtores de peixes em tanques-rede, etc. No Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes, a Associação dos Produtores Rurais de Icó-Mandantes (ASPRIM), incentiva a adoção de Boas Práticas Agrícolas, mas com atuação pouco expressiva.

O Brasil dispõe de ampla estrutura institucional e vasto arcabouço legal envolvido na melhoria da gestão ambiental. No entanto, no âmbito nacional, é observada uma lacuna quanto ao estabelecimento de limites para o lançamento de fósforo nos corpos hídricos. Esse fato tem destacada relevância no caso dos reservatórios de múltiplos usos, principalmente, os distribuídos nas regiões semiáridas do país, onde estes sistemas aquáticos têm papel fundamental no desenvolvimento econômico e na qualidade de vida da população.

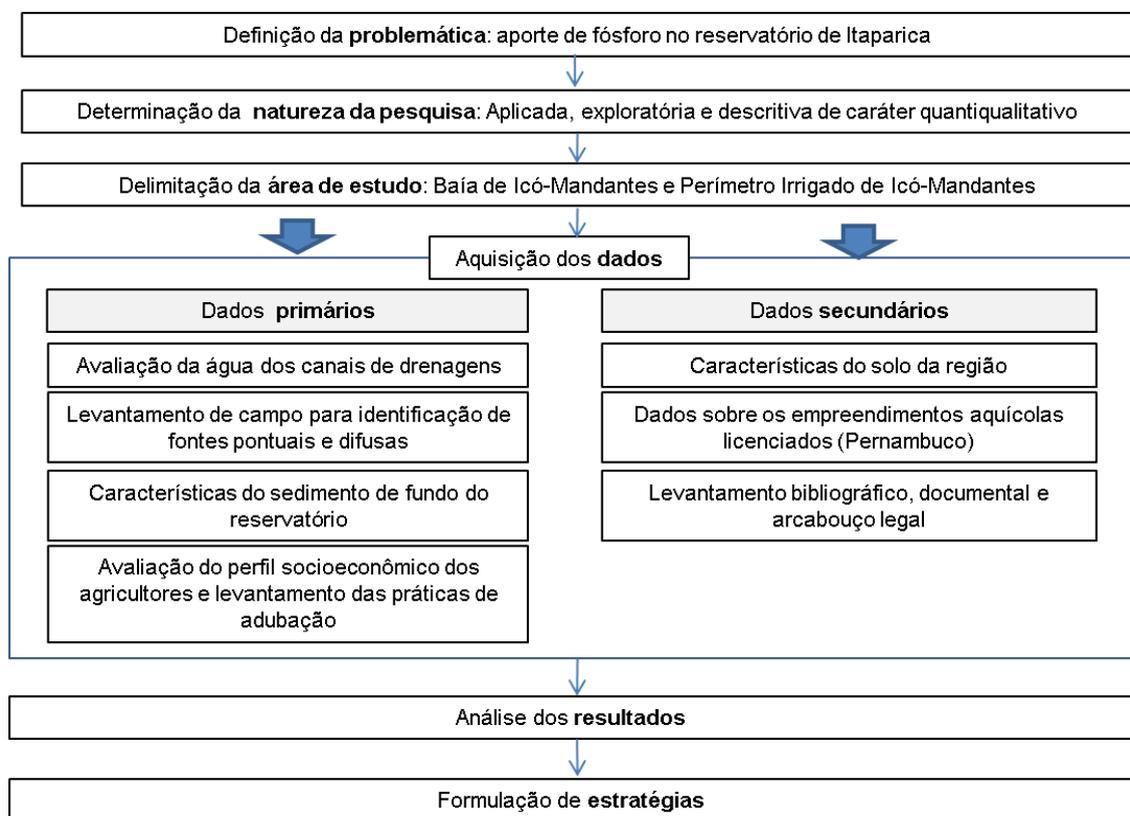
### 3 METODOLOGIA

Este capítulo consiste na apresentação dos critérios de escolha da problemática de estudo da pesquisa, a determinação da natureza da pesquisa e delimitação da área de estudo. Em seguida descreve os métodos empregados para aquisição de dados primários e secundários, finalizando com a análise integrada dos resultados para subsidiar as conclusões e proposições.

#### 3.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento desta tese, inicialmente foi definida a problemática a ser estudada, delimitada a área de estudo e estabelecida a abordagem e a natureza da pesquisa. Em seguida partiu-se para obtenção dos dados de diversos tipos e formato, sendo suas origens de fontes primárias ou secundárias. As informações foram tratadas e analisadas de forma integrada para subsidiar os resultados, conclusões e a proposição de estratégias de controle. A Figura 3.1 apresenta o fluxograma com as etapas da pesquisa quanto aos aspectos metodológicos.

Figura 3.1 – Diagrama representativo das etapas da pesquisa



Fonte: Elaborada pela autora, 2014.

A entrada de fósforo, decorrente de atividades antrópicas, para dentro de reservatórios de múltiplos usos, foi definida como problemática de estudo da pesquisa em função de sua importância como fator determinante para estabelecer o estado trófico e aumentar o risco de eutrofização na maioria desses importantes ecossistemas, o que torna seu controle muito importante para a gestão ambiental.

### 3.2 NATUREZA DA PESQUISA

As ciências exatas e da natureza, apresentam, de forma geral, procedimentos metodológicos amplamente aceitáveis. Entretanto, em sua nova determinação, a ciência ambiental, recente, porém complexa, ainda não apresenta uma práxis abalizada e, muito menos, uma conformidade referente às práticas metodológicas, uma vez que sua análise decorre de vários campos do conhecimento (CARVALHO, 2009). Dessa forma, a presente pesquisa, defronta-se com a inter-relação entre as ciências da natureza e a ciência ambiental, uma vez que decorre de estudos sobre o aporte de fósforo quanto e seus impactos ambientais.

A classificação das pesquisas científicas, segundo Gil (1999) distribui-se em três grupos:

- Exploratórias – que visa maior familiaridade como o problema e envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiverem experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimule a compreensão.
- Descritivas: descreve as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis e envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados e observação sistemática como forma de levantamento.
- Explicativas: visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos e aprofunda o conhecimento da realidade porque explica a razão da ocorrência do problema.

Na perspectiva da finalidade, a pesquisa aplicada, parte da necessidade do conhecimento para resolver problemas concretos, de solução imediata ou não (VERGARA, 1998).

Em relação aos procedimentos técnicos, essa pesquisa é exploratória e descritiva e tem caráter quantitativo, pois estuda a complexidade do aporte fósforo e seus efeitos dentro de reservatórios de usos múltiplos no semiárido, com utilização de recursos estatísticos para

responder ao problema em estudo. Esse tipo de pesquisa integra dados qualitativos e quantitativos em um único estudo, permitindo que cada método ofereça o que tem de melhor e evitando as limitações de cada abordagem.

### 3.3 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

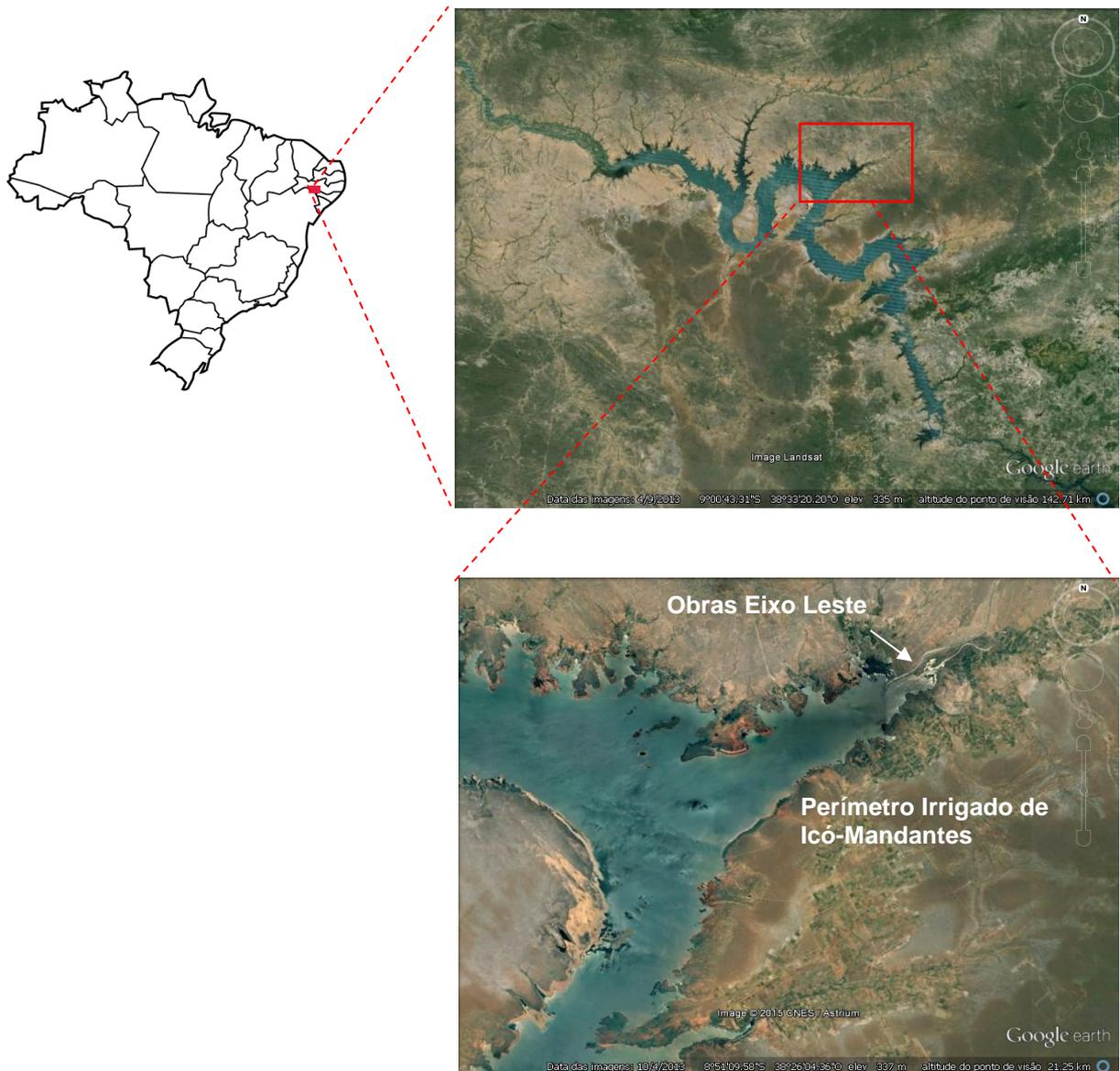
A área de estudo foi delimitada a partir de uma análise integrada, considerando diferentes aspectos ambientais e sociais, direta ou indiretamente relacionados ao aporte de fósforo, sendo o reservatório de Itaparica escolhido em função dos seguintes critérios:

- Integra a bacia hidrográfica do rio São Francisco e está localizado na região semiárida do nordeste brasileiro, considerada como Área Susceptível à Desertificação (ASD). Em termos de disponibilidade de recursos hídricos apresenta duas condições bem distintas: a margem do reservatório, com oferta de água permanente e as áreas adjuntas, com déficit hídrico e poucas oportunidades de desenvolvimento.
- Apresenta múltiplos usos (ambiental, abastecimento doméstico e industrial, geração de energia elétrica, irrigação, lançamento de efluentes, recreação, turismo, navegação, pesca e piscicultura), que podem causar sérios problemas de qualidade de água e intensificar conflitos de uso.
- Existe um grande acervo de informações ambientais, em sua maioria decorrentes de exigências de licenciamento ambiental para operação do reservatório e da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, que é gerenciado pela CHESF.
- A área de estudo localiza-se nas proximidades do ponto de captação da água no eixo leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco, no município de Floresta, sendo fundamental assegurar que a água a ser bombeada seja de boa qualidade, uma vez que o Projeto de Integração do Rio São Francisco tem como objetivo garantir a oferta de água para abastecimento em outras cidades da região semiárida.
- O aprofundamento de estudos sobre o aporte de fósforo no reservatório de Itaparica é importante para as pesquisas desenvolvidas no âmbito do Projeto de Innovate, ao qual a autora está vinculada e participa da equipe de pesquisadores.

Considerando o cenário em que o reservatório de Itaparica está localizado em uma região com escassez de água e muito vulnerável aos impactos negativos decorrentes das mudanças do clima, e considerando ainda que suas águas são utilizadas para diversos usos, que são

estratégicos para o desenvolvimento da região, é de suma importância a implantação de estratégias de controle para minimizar impactos ambientais decorrentes do aporte de nutrientes, principalmente a elevação do seu nível trófico e a eutrofização de suas águas. Neste contexto, a área de estudo delimitada abrange o Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes inserido nos limites dos municípios de Petrolândia e Floresta, Estado de Pernambuco e a Baía de Icó-Mandantes, localizada no reservatório de Itaparica, nas proximidades das obras de construção do Eixo Leste do Projeto de Integração da bacia do rio São Francisco (Figura 3.2).

Figura 3.2 – Delimitação da área de estudo



Fonte: Elaborada pela autora, 2014.

### 3.4 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.4.1 Levantamento bibliográfico e coleta de dados primários

Com foco nos objetivos da pesquisa, foi realizado levantamento bibliográfico sobre o tema em nível nacional e internacional, considerando diversos documentos técnicos, tais como livros, artigos científicos, relatórios técnicos, dissertações e teses, mapas. A autora também participou de seminários e workshops relacionados ao tema.

Outro recurso utilizado para levantamento de dados secundários foi a rede mundial de computadores (internet), a partir de consulta nos sites oficiais de instituições nacionais, estaduais, municipais ou privadas que atuam na área de estudo ou que desenvolvem o papel de órgão de controle.

De forma complementar, foram realizadas também reuniões e entrevistas com representantes e técnicos de organizações relacionadas direta ou indiretamente com o tema da pesquisa e que mantêm instalações ou representações situadas nas cidades próximas ao reservatório de Itaparica. Dentre as quais destacam-se:

- CODESVASF: Reuniões com equipe de coordenação das ações nos Perímetros de Icó-Mandantes e Apolônio Sales.
- Prefeitura de Petrolândia: Reuniões com equipe da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente para conhecer ações e projetos em envolvam o tema da pesquisa.
- CHESF: Visita às instalações da Barragem da Usina Hidrelétrica de Luiz Gonzaga
- COMPESA: Reunião com técnicos do escritório de Petrolândia sobre a operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário na área rural.
- Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER): Reuniões com equipe técnica responsáveis pelos Perímetros Irrigados de Icó-Mandantes e Apolônio Sales.
- Empresas de Operação e Manutenção: Reunião com equipe técnica da Hidrosondas sobre o funcionamento do sistema de irrigação no Perímetro de Icó-Mandantes.
- Sindicato dos pescadores de Petrolândia: Reunião com presidente do sindicato para conhecer as posições da categoria quanto o desenvolvimento da aquicultura na região.
- Associação dos Produtores Rurais de Icó-Mandantes (ASPRIM): Entrevista gravada (áudio) com a Presidente, Sra. Valderiza Alves Lins, sobre água de drenagem e uso de agroquímicos.

- Escola Estadual de Icó-Mandantes: Reunião com equipe de direção e professores.

O levantamento de informações em fontes bibliográficas e documentais foi um procedimento utilizado em todas as etapas de elaboração da tese. Já a coleta de dados primários, ocorreu entre os anos de 2012 a 2014, quando foram realizadas 7 visitas técnicas em campo, sendo a primeira realizada em agosto de 2012 para reconhecimento da área de estudo. Ainda em 2012 foi realizada outra visita, desta vez para amostragem dos sedimentos da baía de Icó-Mandantes no reservatório de Itaparica.

Em 2013, foram realizadas quatro campanhas, onde foram visitados diversos pontos de interesse e realizadas novas amostragem de sedimento e água dos canais de drenagem agrícola. Em 2014 foi realizada 01 visita de campo, que serviu para concluir a amostragem da água dos canais de drenagem e aplicação dos questionários com os agricultores locais.

Como estratégia para examinar a qualidade da água de drenagem dos lotes irrigados e sua influência no processo de eutrofização, foi considerado o teor de fósforo como fator relevante na análise. Esse critério foi adotado com base em Tundisi (2008), que aponta que em grande parte das pesquisas relacionadas à eutrofização em ecossistemas de água doce, apontam o fósforo como elemento que desempenha o papel de nutriente limitante.

A água dos canais de drenagem agrícola foi analisada em duas campanhas de coleta, sendo a primeira em outubro de 2013, no final da estação seca e a segunda em janeiro de 2014 na estação chuvosa. Foram determinados 32 pontos de coleta, selecionados com base no mapa do sistema integrante do Projeto de Irrigação de Icó-Mandantes (CHESF, 2011).

O total de pontos de coleta foi distribuído entre os dois Blocos do Perímetro, sendo 15 pontos de amostra para o Bloco-3 e 17 pontos de coleta para o Bloco-4. O Quadro 3.1 apresenta os métodos analíticos empregados para os parâmetros de pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, potencial redox e concentração de fósforo total e fósforo.

Quadro 3.1 - Métodos analíticos empregados para análises da água de drenagem

Parâmetro	Unidade	Método analítico
Potencial de hidrogênio (pH)	-	Eletrométrico
Temperatura	°C	Eletrométrico
Oxigênio dissolvido	mg.L <sup>-1</sup>	Eletrométrico
Condutividade elétrica	µS.cm <sup>-1</sup>	Eletrométrico
Potencial redox	mV	Eletrométrico
Fósforo total	mg.L <sup>-1</sup>	Espectrometria: molibdato de amônio (DIN EM ISO 6878:2004)
Fósforo reativo (biodisponível)	mg.L <sup>-1</sup>	Espectrometria: molibdato de amônio (DIN EM ISO 6878:2004)

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

A leitura dos parâmetros determinados por meio eletrométrico, foi efetuada no momento da coleta, com a utilização de sonda multiparâmetro, YSI-sonda (Foto 3.1).

Foto 3.1 - Medição de campo para parâmetros físico-químicos na água de drenagem



Nailza Arruda, 2012

Nailza Arruda, 2012

Já as concentrações de fósforo total (PT) e fósforo solúvel reativo (PSR), foram determinadas no Laboratório de Águas do Departamento de Engenharia Química da UFPE a partir da quantificação por espectrometria, com adição dos reagentes molibdato de amônio, conforme procedimentos descritos no método DIN EN ISO 6878:2004. Essa técnica analítica é adotada para a faixa de medição entre 0,005 a 0,8 mg.L<sup>-1</sup> de ortofosfato. O método foi escolhido por compatibilizar os ensaios praticáveis entre os padrões alemães e brasileiros.

### 3.4.2 Caracterização das fontes pontuais e difusas de fósforo

A identificação e caracterização de fontes pontuais e difusas, potencialmente poluidoras quanto ao aporte de fósforo para dentro do reservatório de Itaparica, foi realizada durante 7 visitas exploratórias na área de estudo, sendo duas no ano de 2012 nos meses de agosto e setembro, quatro visitas em 2013, durante os meses de janeiro, março, outubro, dezembro e uma visita em 2014 no início do mês de janeiro. Foram utilizadas observações sistemáticas (diretas e indiretas), entrevistas com técnicos agrícolas, engenheiros, funcionários de organizações públicas e privadas que atuam na região, registros fotográficos e anotações de georreferenciamento obtidos por meio de instrumento *Global Positioning System* (GPS).

A verificação de campo buscou a presença das atividades impactantes e o uso e ocupação do solo no entorno do reservatório e foi complementada com o levantamento de dados

secundários, através de informações em documentos institucionais, cartográficos, diplomas legais, artigos científicos, dentre outros, que foram analisados e sistematizados.

Para estimar a carga de fósforo oriunda do esgoto sanitário proveniente do núcleo urbano da cidade de Petrolândia, foram considerados o número 23.621 habitantes residentes na área urbana do município (IBGE, 2010). Para área rural, dentro de Perímetro de Icó-Mandantes, foi utilizado o quantitativo de 657 famílias, estimando-se o número de 5 pessoas por família. Para base de cálculo, adotou-se como vazão per capita de esgoto 100L/hab.dia (ABES, 2009) e concentração de fósforo total de 8 mg.L<sup>-1</sup> (OLIVEIRA; SPERLING, 2005). A carga anual de fósforo foi estimada com base na equação a seguir:

$$CP = \frac{Q \times C}{1000} \quad (5)$$

Onde:

CP é a carga de fósforo total expressa em kg;

Q é a vazão de esgoto; e

C é a concentração de fósforo total estabelecida para a corrente de esgoto.

Para determinar o aporte desse nutriente dentro do reservatório, proveniente da piscicultura desenvolvida em tanques-rede, foram consideradas as contribuições dos resíduos de ração, perdas, práticas inadequadas de manejo e fezes, de 10 a 20 kg de fósforo por tonelada de tilápia produzida em tanques-rede (FERREIRA JUNIOR, 2011). Como base de cálculo foi adotada a quantidade de 15 kg de fósforo por tonelada de tilápia produzida neste sistema de produção. Como fator de produtividade foi adotado 100 kg por m<sup>3</sup> de tanque-rede em dois ciclos de produção por ano (CODEVASF, 2013).

O volume instalado por tanques-rede utilizado no cálculo foi obtido do texto das licenças ambientais concedidas pela Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH) para os empreendimentos aquícolas licenciados até setembro de 2014 e instalados dentro do reservatório e nos limites do município de Petrolândia, totalizando um volume de 11.015,5m<sup>3</sup>. A consulta às licenças ambientais foi feita no sítio da CPRH na internet. A carga anual de fósforo foi estimada com base na equação a seguir.

$$CP = V \times P \times nc / 1000 \times 15 \quad (6)$$

Onde:

CP é a carga de fósforo total expressa em kg;

V é o volume total dos tanques-rede nos empreendimentos licenciados em Petrolândia

P produtividade de 100 kg de tilápia por m<sup>3</sup> de tanque-rede

nc é o número de ciclos de produção por ano.

### 3.4.3 Análise da ocorrência de fósforo no sedimento de fundo

A investigação quanto à concentração de fósforo nos sedimentos de fundo do reservatório de Itaparica foi desenvolvida em parceria com o pesquisador Jonas Keitel, integrante do Projeto Innovate, que estuda a ocorrência e inter-relações das diferentes formas de fósforo no sedimento de fundo da baía de Icó-Mandantes. Para essa pesquisa foram utilizados dados que constituem resultados parciais de quatro pontos de amostragem obtidos em três campanhas de amostragem realizadas durante o período de doze meses, entre os anos de 2012 e 2013.

Para determinar os pontos de amostragem de sedimentos na margem e dentro de reservatório, foi adotado o critério de profundidade em relação à coluna d'água, em quatro locais da Baía de Icó-Mandante, nas seguintes profundidades: 0m (margem), 5m, 10m e 20m. As campanhas de amostragem foram realizadas nos meses de outubro/2012, março/2013 e outubro/2013, sendo registradas alterações nas coordenadas geográficas de localização dos pontos de amostragem para manutenção do critério de profundidade na coleta dos sedimentos em função da variação de nível do reservatório. A Tabela 3.1 e a Figura 3.3 apresentam, respectivamente, a identificação e localização dos pontos de amostragem.

Tabela 3.1 - Identificação e localização dos pontos de amostragem de sedimentos

Ponto de amostra	Profundidade (m)	Campanha out/2012 (01 e 02/10/2012)	Campanha mar/2013 (28/03/2013)	Campanha out/2013 (21/10/2013)
Sed-0m	0	Não disponível	Latitude: 8°49'24.70"S Longitude: 38°24'21.70"W	Não disponível
Sed-5m	5	Não disponível	Latitude: 8°48'33.50"S Longitude: 38°24'8.10"W	Latitude: 8°49'18.8"S Longitude: 38°24'8.40"W
Sed-10m	10	Latitude: 8°49'4.50"S Longitude: 38°24'54.54"W	Latitude: 8°50'26.80"S Longitude: 38°26'36.10"W	Latitude: 8°49'19.68"S Longitude: 38°25'23.11"W
Sed-20m	20	Latitude: 8°50'17.90"S Longitude: 38°27'21.30"W	Latitude: 8°50'18.90"S Longitude: 38°27'21.40"W	Latitude: 8°50'18.78"S Longitude: 38°27'20.76"W

Fonte: Elaborada pela autora, 2014.

Os pontos foram demarcados com instrumento de GPS e a coleta do sedimento foi realizada utilizando-se um amostrador de sedimento tubular de gravidade com tubo de acrílico, diâmetro de 60 mm, modelo Uwitec, Mondsee, Áustria (Figura 3.5).

Figura 3.3 - Baía de Icó-Mandantes e localização dos pontos de amostragem de sedimentos

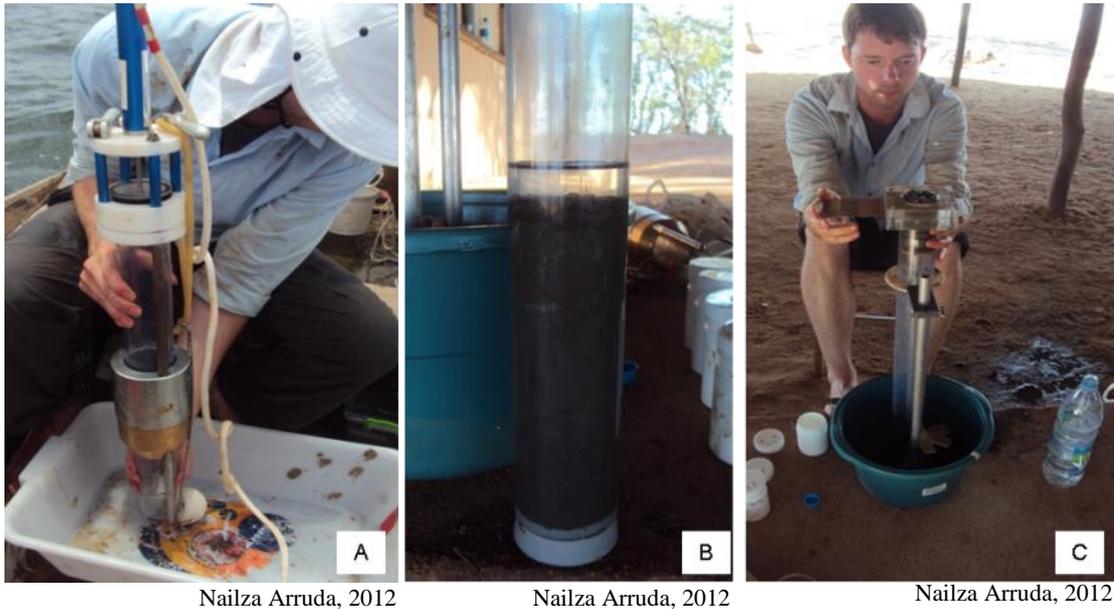


Fonte: Elaborada pela autora, 2014 (Base: Google Earth).

Ainda em campo, as amostras de sedimento fresco foram cortadas em camadas de 2 cm de espessura, segregando-se o sedimento a partir da superfície em cinco camadas, sendo estabelecidos os seguintes perfis: 0–2cm, 2–4cm, 4–6cm, 6–8cm, e 8–10cm. Cada camada foi acondicionada em recipiente plástico devidamente identificado.

As amostras foram transportadas para o laboratório do Instituto Leibniz de Ecologia de Água Doce e Pesca Interior, em Berlin, na Alemanha, onde foram realizadas as análises físico-químicas. A Foto 3.2 apresenta imagem da coleta com amostrador tubular na foto A e a preparação e corte dos sedimentos em camadas, nas fotos B e C.

Foto 3.2 – Imagens da coleta e preparação das amostras de sedimento



A concentração de fósforo total (PT) no sedimento foi determinada após a digestão de 5-10mg sedimento seco em 2 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a  $5 \text{ mol.L}^{-1}$ , 2 ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$  a 30% e 20 ml de água destilada à temperatura de  $150^\circ\text{C}$  durante 16 horas. O teor de fósforo disponível na água intersticial (PSR) foi fotometricamente quantificado pelo método de molibdênio - azul na  $\lambda = 880\text{nm}$  (Murphy & Riley, 1962) e o fracionamento sequencial do fósforo foi feito de acordo com o esquema de Psenner *et al.*, (1984) com a aplicação de modificações por Hupfer *et al.*, (1995).

Em função da interface entre os sedimentos e a coluna d'água de um reservatório, os resultados obtidos quanto ao teor de fósforo total nos sedimentos de fundo do lago de Itaparica, foram analisados de forma integrada com dados secundários relacionados ao monitoramento da qualidade da água na baía e no rio São Francisco.

#### 3.4.4 Avaliação das práticas agrícolas e a percepção dos agricultores

O principal instrumento utilizado no levantamento de informações socioeconômicas e percepções dos agricultores de Icó-Mandantes, bem como sobre as técnicas de irrigação, drenagem e práticas de adubação empregadas pelos agricultores, foi realizado um questionário (Apêndice 1) com perguntas, em sua grande maioria fechadas, adotando-se o formato de escala para as respostas. Como perguntas fechadas podem limitar as opções de resposta, algumas questões apresentam a opção aberta para possibilitar resposta mais abrangente ao respondente.

O questionário foi dividido em 34 perguntas no que diz respeito às características socioeconômicas, aspectos técnicos da produção agrícola e percepções ambientais dos agricultores. A seguir uma breve descrição dos grupos de perguntas:

- Perguntas 1 a 8: busca identificar informações socioeconômicas do agricultor, como sexo, idade, escolaridade, origem, renda familiar e em que condição trabalha como agricultor dentro do Perímetro de Icó-Mandantes.
- Perguntas 9 a 27: busca identificar atributos das características dos lotes agrícolas, tipos de culturas costumeiramente plantadas, tipo de sistema de irrigação e drenagem utilizados e práticas de adubação e controle para o uso dos fertilizantes químicos. Essas perguntas favorecem a construção dos objetivos específicos da pesquisa.
- Perguntas 28 a 34: busca identificar atributos pertinentes às percepções sobre problemas ambientais relacionados ao emprego de agroquímicos e sobre a qualidade da água utilizada para consumo humano, bem como levanta a opinião do agricultor sobre as principais dificuldades enfrentadas dentro do Perímetro de Icó-Mandantes.

A aplicação dos questionários foi realizada no período de 07 a 11 de janeiro de 2014 para 80 agricultores, que responderam às perguntas durante o período de intervalo do trabalho, enquanto estavam em suas residências, nas agrovilas, ou diretamente nos lotes agrícolas.

O público pesquisado foram agricultores em atividade dentro do Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes, que integra o sistema de projetos de irrigação implantados no entorno do reservatório de Itaparica. Segundo Carvalho (2009), o perfil dos reassentados desse Perímetro é semelhante ao da maioria dos beneficiários dos Perímetros do Sistema Itaparica, ou seja, antes da inundação da represa eram pequenos produtores sem terra ou com pouca terra, os quais praticavam uma incipiente agricultura de vazante na margem do rio São Francisco e mantinham pequenos rebanhos de caprinos na caatinga.

Para a obtenção da amostra utilizou-se o universo de 621 de agricultores assistidos pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) por meio dos serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER).

Optou-se pelo método de amostragem aleatória simples, amostragem básica suposta pelos cálculos estatísticos, em que cada elemento do cadastro possui a mesma chance de ser sorteado. O número de agricultores assistidos pela ATER, foi considerado como o universo total da pesquisa. Aplicou-se uma margem de erro de 5%, e consequentemente 95% de nível

de confiança. Para cálculo de amostras para populações finitas foi aplicada a equação apresentada por Coelho (2013), conforme a seguir:

$$n = \frac{N \times z^2 \times 0,25}{z^2 \times 0,25 + (N - 1) \times E^2} \quad (7)$$

No detalhamento da equação, N é o tamanho da população, z o nível de confiança e E representa a margem de erro. Como resultado obteve-se uma amostra de 80 agricultores a serem pesquisados. Este número foi distribuído ao número de agrovilas existentes dentro do Perímetro Irrigado, sendo o total de dezesseis agrovilas (dez no Bloco-3 e seis no Bloco-4). Ressalta-se que as entrevistas foram realizadas com agricultores adultos, que desenvolvem suas atividades dentro dos lotes irrigados ou nas chamadas áreas de extensão.

Foi realizada uma seleção dos dados mais relevantes, certificando-se de que os mesmos estavam completos e coerentes, o que permitiu uma descrição completa e uma abordagem de forma qualitativa e quantitativa e para tratamento das respostas os questionários foram numerados, foi realizada uma verificação da adequação das respostas no que diz respeito à coerência, eliminando aquelas que não estavam adequadas. Em seguida, as perguntas dos questionários foram agrupadas de acordo com as variáveis de interesse.

As respostas às perguntas fechadas foram tabuladas e tratadas de forma quantitativa, utilizando o Excel como ferramenta para os procedimentos estatísticos descritivos simples, tais como somatório, média aritmética simples e aplicação de percentuais para identificar padrões de comportamento e tendências. Foi elaborada também uma listagem com a transcrição das respostas, exceto o nome dos agricultores (Apêndice 2).

## 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo encontra-se a caracterização da área de estudo, situada na porção do Submédio São Francisco, o reservatório de Itaparica, o município de Petrolândia, a Baía de Icó-Mandantes e o Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes, sua localização e descrição geral.

### 4.1 RESERVATÓRIO DE ITAPARICA

O reservatório de Itaparica, denominado também reservatório Luiz Gonzaga, localiza-se na região do Submédio da Bacia do Rio São Francisco. Está compreendido entre os municípios de Petrolândia, Tacaratu, Floresta, Itacuruba e Belém do São Francisco, em Pernambuco. E os municípios de Glória, Rodelas e Chorrochó, no estado da Bahia (CANDEIAS, *et al.*, 2015). O reservatório é operado pela CHESF para regularização das vazões afluentes da Usina Hidrelétrica de Luiz Gonzaga (SILVA, *et al.*, 2007).

Construído pela CHESF para geração de energia elétrica, o sistema Itaparica, como também se designa o conjunto de ações atinentes à geração de energia elétrica, bem como ao reassentamento populacional, teve uma fase de instalação que durou dez anos, entre 1975 e 1985. Para formação do lago, foram atingidas famílias residentes nos municípios de Petrolândia, Rodelas e Itacuruba, além do povoado de Barra do Tarrachil. O número de atingidos e de reassentados divulgado no relatório elaborado para o Banco Mundial, instituição que financiou o projeto, considera o total de 4.900 famílias rurais reassentadas, 3.500 famílias urbanas deslocadas e mais 1.000 famílias que receberam compensação em dinheiro e deixaram a área (ARAÚJO, 2001).

De acordo com a Divisão Hidrográfica do Estado de Pernambuco, todos os rios e riachos que deságuam no reservatório de Itaparica, são integrantes do chamado Grupo de Pequenos Rios Interiores (GI3). O Riacho dos Mandantes é um importante integrante deste grupo, pois apresenta maior área de drenagem, com cerca de 54 km de extensão, além disso, serve de marco limitante entre os municípios de Petrolândia e Floresta (APAC, 2013). Esse corpo hídrico deságua no reservatório de Itaparica no trecho situado na Baía de Icó-Mandantes.

As bacias hidrográficas adjuntas ao reservatório de Itaparica apresentam déficit hídrico e a maioria dos corpos hídricos é intermitente, sendo os contribuintes mais importantes o rio Pajeú, em Pernambuco e o Macururé, na Bahia (CHESF, 2010; 2013).

No Sistema Itaparica, o reservatório, que entrou em operação em 13/06/1988, ocupa área de 828 km<sup>2</sup> e tem capacidade de acumulação de 10,7 bilhões de m<sup>3</sup>. A Tabela 4.1 apresenta as principais características desse reservatório. Quanto à qualidade da água, as condições físico-químicas variam em função de fatores ambientais e climatológicos e principalmente, em função da variação do nível do reservatório. Na Tabela 4.2 são mostradas condições pontuais de qualidade da água no reservatório de Itaparica registradas por Gunkel (2012).

Tabela 4.1- Principais características de dimensão e vazão do Reservatório de Itaparica

Características	Condição no reservatório
Comprimento	148 km
Área superficial	828 km <sup>2</sup>
Área da bacia do rio São Francisco	630.000 km <sup>2</sup>
Subárea de captação	93.040 km <sup>2</sup>
Vazão regularizada (em função de Reservatório de Sobradinho)	2.060 m <sup>3</sup> /s
Profundidade média	13m
Profundidade máxima	101m
Flutuação do nível de operação	299 – 304 m
Volume máximo	10,78 km <sup>3</sup>
Tempo de residência médio	63 dias

Fonte: Adaptado de GUNKEL, 2012.

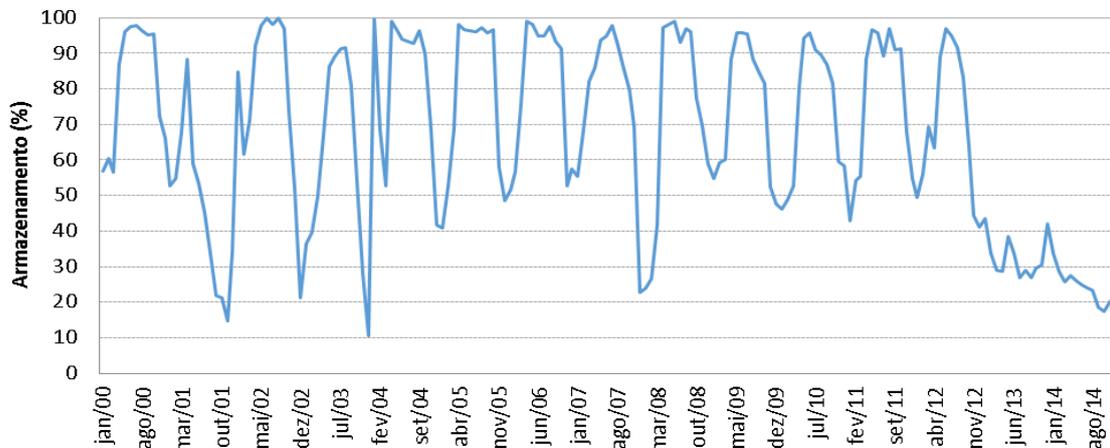
Tabela 4.2 – Condição pontual de qualidade da água do Reservatório de Itaparica

Parâmetro	Média
Condutividade (µS.cm)	78
pH	7,3
Cloreto (mg.L <sup>-1</sup> )	16,6
Oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	7,3
Nitrogênio total (µg.L <sup>-1</sup> )	244
Fósforo total (µg.L <sup>-1</sup> )	19,6

Fonte: Adaptado de GUNKEL, 2012.

De acordo com o acompanhamento dos níveis e das vazões afluentes desse reservatório (ANA, 2008 e ONS, 2015), nos últimos dez anos, o reservatório de Itaparica registrou variação de nível nos períodos seco e chuvoso (Figura 4.1). Nos anos de 2001 a 2004 foram observados níveis baixos críticos por curtos períodos, seguidos de recuperação. No entanto, a partir de 2012, com evento da seca registrada na região, o sistema não apresenta os mesmos episódios de recuperação de nível registrados nos anos anteriores.

Figura 4.1 - Variação de nível no Reservatório de Itaparica de janeiro/2000 a dezembro/2014



Fonte: Adaptado de ONS, 2015.

Antonello *et al.* (2010) avaliou a correlação entre as características limnológicas do reservatório do reservatório de Itaparica, com o uso de sensoriamento remoto por meio de informações digitais extraídas de imagens orbitais de alta resolução e obteve respostas relacionadas a observações pontuais quanto a influência do rio Pajeú para o risco de degradação por erosão hídrica, bem como valores indicadores de eutrofização, nas proximidades de Petrolândia, que apresenta maiores fontes de *input* de fósforo para o reservatório, decorrente da descarga de resíduos humanos e do carreamento de compostos oriundos da fertilização nos perímetros irrigados próximos desta localidade.

Considerando as condições morfométricas do reservatório e os fatores meteorológicos, foi adotada uma concentração crítica para fósforo total em  $10 \mu\text{g.L}^{-1}$ , que representa uma biomassa de fitoplâncton de cerca de  $5\mu\text{g.L}^{-1}$  de clorofila a, o que significa uma condição mesotrófica para o sistema. Com base na concentração crítica foi calculada também a carga crítica de fósforo total com base no modelo Vollenweider e estimada, mesmo que de forma pontual, em  $1,2 \text{ g de fósforo por m}^2/\text{ano}$  (GUNKEL, 2012).

Sobre a carga de sedimentos, Reis *et al.* (2003) identificou o rio São Francisco como a principal fonte alóctone de material em suspensão no reservatório de Itaparica e apresentou a variação das partículas em suspensão, utilizando imagem de satélites *Landsat*. Foram identificadas baixas concentrações na coluna d'água, mesmo no período chuvoso. Os valores ficaram na ordem de  $0,4$  a  $11,0 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo os maiores concentrações registradas na porção superior do reservatório, decrescendo no sentido rio-barragem.

#### **4.1.1 Desenvolvimento regional no entorno do reservatório**

Para os municípios inseridos na porção pernambucana do reservatório de Itaparica há uma regionalização administrativa para fins de planejamento estratégico e de gerenciamento descentralizado das ações do governo do Estado e desde 2003, passou a representar uma das doze Regiões de Desenvolvimento do Estado de Pernambuco, denominada Sertão de Itaparica, composta pelos seguintes municípios: Belém de São Francisco, Carnaubeiras da Penha, Floresta, Itacuruba, Jatobá, Petrolândia e Tacaratu (CONDEPE-FIDEM, 2011).

A Região de Desenvolvimento do Sertão de Itaparica tem uma área de 9.589,8 km<sup>2</sup> (9,69% do território estadual). Os municípios mais populosos são Petrolândia (32.485 habitantes) e Floresta com 29.284 habitantes (IBGE, 2010). A economia do Sertão de Itaparica está baseada na agricultura irrigada (principalmente melão, melancia, tomate e cebola), na piscicultura e na caprinocultura, sendo a região responsável por 33% da criação de caprinos do Estado (CONDEPE-FIDEM, 2011). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Sertão do Itaparica é de 0,657, inferior ao de Pernambuco que é de 0,692. Entre os maiores índices estão Floresta com 0,698 e Petrolândia com 0,688 (PERNAMBUCO, 2011).

O governo pernambucano vem adotando estratégias de desenvolvimento econômico, construídas a partir dos Arranjos Produtivos Locais (APL), que são aglomerações de empreendimentos com a mesma especialização produtiva, que se localizam em um mesmo espaço geográfico e que mantêm vínculos de articulação, interação, cooperação e aprendizagem entre si, contando também com apoio de instituições locais como: Governo, associações empresariais, instituições de crédito, ensino e pesquisa (PERNAMBUCO, 2011).

Para a Região de Desenvolvimento do Sertão de Itaparica foram identificadas quatro APLs: agricultura irrigada, atividades voltadas à caprinovinocultura, tecelagem artesanal pela fabricação de redes localizada no município de Tacaratu e atividade de piscicultura nos municípios de Petrolândia, Floresta, Itacuruba e Jatobá, principalmente pela produção de peixe em tanques-rede (PERNAMBUCO, 2011).

A agricultura irrigada e a piscicultura destacam-se por sua importância econômica na região. Todavia, são também as mais vulneráveis quanto aos aspectos de quantidade e qualidade da água do reservatório de Itaparica e ao mesmo tempo, representam as principais fontes antropogênicas difusas de aporte de nutrientes para dentro do reservatório.

#### 4.1.2 A agricultura irrigada

De acordo com a Política Nacional de Irrigação, instituída pela Lei Federal 12.787 em janeiro de 2013, agricultura irrigada é a atividade econômica que explora culturas agrícolas, florestais e ornamentais e pastagens, bem como atividades agropecuárias afins, com o uso de técnicas de irrigação ou drenagem e projetos de irrigação são sistemas planejados para o suprimento ou a drenagem de água em empreendimento de agricultura irrigada, de modo programado, em quantidade e qualidade, podendo ser composto por estruturas e equipamentos de uso individual ou coletivo de captação, adução, armazenamento, distribuição e aplicação de água.

Na região do Submédio São Francisco, desde a década de 40, têm-se experiências de irrigação, entretanto, a dinamização e intensificação dessa atividade, ocorreu a partir de 1970, quando se intensificaram os investimentos na área e principalmente nas décadas de 1970 e 1980, nos municípios atingidos pela construção do Reservatório de Itaparica, quando houve a relocação de cerca de 10.000 famílias que moravam na área inundada, para tanto novas cidades, como para 126 agrovilas dentro de Perímetros de Irrigação (CARVALHO, 2009).

Os perímetros de irrigação de Itaparica localizados à margem pernambucana do reservatório, são: Barreiras, Apolônio Sales, Icó-Mandantes, Manga de Baixo, Brígida e Caraíbas. No Estado da Bahia, encontram-se os perímetros de Rodelas, Glória e Pedra Branca (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Perímetros de irrigação instalados nas margens do reservatório de Itaparica

Perímetro de irrigação	Área total (ha)	Área Irrigável (ha)	Famílias (nº)	Município	Agrovilas (nº)
Barreiras	3.297	316	70	Petrolândia-PE	2
Apolônio Sales	3.845	808	91	Petrolândia-PE	-
Icó-Mandantes	23.875	2.187	650	Petrolândia e Floresta – PE	16
Manga de Baixo	737	93	26	Belém do São Francisco-PE	1
Brígida	8.340	1.435	428	Orocó –PE	10
Caraíbas	31.323	5.230	1.554	Santa Maria da Boa Vista – PE	47
Rodelas	13.614	1.210	401	Rodelas – BA	2
Glória	4.163	367	126	Glória – BA	4
Pedra Branca	15.232	2.385	693	Abaré e Curaça – BA	19

Fonte: Adaptado de CARVALHO, 2009.

Dentro da Região de Desenvolvimento do Sertão de Itaparica a agricultura irrigada desempenha papel fundamental para econômica, para o qual destacam-se as culturas irrigadas de melão (representando 48% do total produzido no Estado), melancia (que representa 49% do total produzido no Estado), com destaque para a cidade de Petrolândia que é o município maior produtor de Pernambuco. No caso do tomate, a produção é de 14.300 toneladas/ano

(representando 35% da produção estadual), com destaque para os municípios de Floresta, Itacuruba, Jatobá e Petrolândia. A produção de cebola representa 35% da produção estadual, sendo a segunda maior produtora no Estado (PERNAMBUCO, 2011).

#### **4.1.3 Expansão da atividade de piscicultura**

No final dos anos 90, estudos identificaram que os reservatórios do Complexo Moxotó/Paulo Afonso e o Reservatório de Itaparica, ofereciam excelentes condições ambientais estratégicas para a prática da aquicultura. Em 2001, foi implantada a primeira unidade de cultivo de tilápias em regime superintensivo (*raceways*) na unidade de Moxotó, localizada a jusante da barragem de Moxotó, no município de Paulo Afonso na Bahia (AURELIANO *et al.*, 2007).

Desde então, o número de empreendimentos aquícolas vem crescendo e atualmente a espécie Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é cultivada na região de duas maneiras distintas: através de cultivos superintensivos (*raceways*) e em cultivo intensivo de tanques-rede, que são estruturas de tela ou rede, fechadas de todos os lados, que retêm os peixes e permitem a troca de água, na forma de fluxo contínuo, removendo metabólitos e fornecendo oxigênio.

Quatro municípios que integra a Região de Desenvolvimento do Sertão de Itaparica vêm desenvolvendo a atividade. São eles: Belém de São Francisco, Itacuruba, Petrolândia e Jatobá. No reservatório de Itaparica os municípios de Itacuruba e Petrolândia se destacam, sendo que em Petrolândia a atividade está predominantemente vinculada a associações de pequenos pescadores, enquanto que em Itacuruba, a organização econômica é indefinida, podendo ou não resultar em vinculação a associações (AURELIANO *et al.*, 2007).

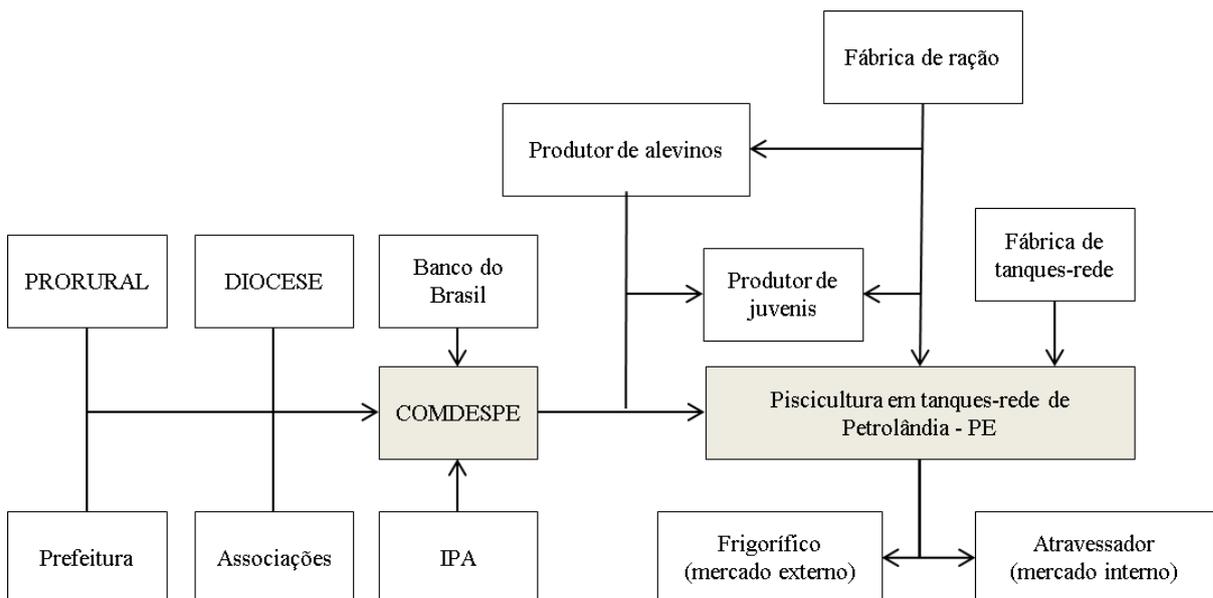
Em Petrolândia, a piscicultura em tanques-rede vem se consolidando como um APL em destaque no Estado, não por sua relevância econômica, mas pela importância e complexidade das inter-relações com os atores envolvidos, pela criação de um canal de discussão denominado COMDESPE (Figura 4.2) e pelo comprometimento das instituições envolvidas que orientam nas decisões e fortalecem esse APL para a inovação tecnológica e atuação no mercado, principalmente, quanto aos fabricantes de rações, produtores de alevinos e fabricantes de tanques-rede (ROCHA; VITAL, 2012).

Apesar da estrutura democrática e participativa no Arranjo Produtivo Local da piscicultura em Petrolândia, princípios de proteção ambiental não são fortemente demonstrados nos manuais e

orientações técnicas fornecidas sobre o manejo adequado. Um bom exemplo é o Manual de Criação de Peixes em Tanques-Rede, publicado pela Codevasf (CODEVASF, 2013) e que tem uma abordagem clara e direcionada para os aspectos técnicos, de monitoramento da qualidade da água e do arraçoamento adequado para minimizar perdas, mas não explora Boas Práticas de Manejo (BPMs) visando à qualidade ambiental.

Grande parte dos resíduos de rações sedimenta e se acumula no fundo dos reservatórios. Em torno de 80 a 85% dos nutrientes das rações são eliminados pelos peixes em forma de fezes ou de outros compostos metabólicos. Além dos nutrientes, muitas rações comerciais têm altas concentrações de proteínas e estimuladores de crescimento como o cobre e o zinco, usados nas formulações, mas que em concentrações maiores que  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$  são tóxicos para muitas espécies (EMBRAPA, 2003).

Figura 4.2 - Esquema do APL da piscicultura em Petrolândia



Fonte: ROCHA; VITAL, 2012.

Os efeitos dos problemas ambientais podem ser minimizados com a aplicação de BPMs para produção de peixes em tanques-rede. Boas práticas de manejo foram descritas em manual específico desenvolvido pela Embrapa (EMBRAPA, 2003), das quais se destacam:

- adotar densidades e taxas de alimentação razoáveis de acordo com a capacidade suporte dos ambientes aquáticos, ou dos sistemas de produção onde estão sendo criados os peixes em tanques-rede;

- utilizar um sistema de avaliação de consumo de ração efetivo, a fim de alimentar os peixes somente com o estritamente necessário;
- respeitar a capacidade de suporte do reservatório em função das taxas de alimentação expressa em kg de ração/ha/dia. Em reservatórios onde não existe renovação de água e aeração, o consumo máximo de ração deverá ser entre 10 e 30 kg/ha/dia;
- avaliar os possíveis impactos ambientais das atividades agropecuárias, industriais, urbanas e desenvolvidas nas áreas adjacentes aos reservatórios onde está sendo realizada a produção de peixes em tanques-rede;
- evitar colocar os tanques-rede em áreas com alta densidade de fitoplâncton, e também em locais onde a turbidez é muito elevada, a fim de evitar que as concentrações de oxigênio dissolvido variem drasticamente em curtos intervalos de tempo;
- evitar a obstrução da abertura da malha (colmatação) dos tanques-rede devido ao acúmulo de algas ou outros organismos, que prejudicam a troca de água entre o ambiente e o interior dos tanques-rede, prejudicando dessa forma o desenvolvimento dos peixes por promover uma redução na concentração de oxigênio dissolvido no seu interior e um acúmulo de metabólitos indesejáveis.

Além do Manual de BPMs aplicado à produção de peixe em tanques-rede, a Embrapa desenvolveu um sistema informatizado, denominado Aquisys, para a gestão ambiental da aquicultura, com foco no cultivo de tilápia e para apoiar às Boas Práticas de Manejo (BPM). O sistema, que foi concebido para ser acessado via *web*, reúne informações e estimativas importantes para o produtor de forma clara e simplificada e considera três temas principais: boas práticas de manejo da aquicultura; leis, órgãos e serviços relacionados à aquicultura e apoio à gestão ambiental da aquicultura, onde cada um oferece diversos módulos para obtenção de diagnósticos, estimativas e informações.

É certo que a aplicação de qualquer sistema de gestão, via *web*, está muito longe da realidade dos produtores do APL de Petrolândia, que tem baixa escolaridade e dificuldades de acessos à rede mundial de computadores. No entanto, essa condição também representa uma oportunidade de profissionalizar a atividade, com o envolvimento dos jovens filhos dos produtores ou dos futuros técnicos em aquicultura que serão formados no Centro de Referência do IF Sertão-PE em Petrolândia inaugurado recentemente.

De toda forma, a preocupação com a qualidade ambiental é um dos componentes fundamentais da competitividade no mercado internacional de commodities aquícolas e esse setor produtivo tem sido induzido a mover-se em direção à busca de sistemas de gestão ambiental e a adotar BPMs com vistas a praticar uma aquicultura sustentável e competitiva que não prejudique o meio ambiente (EMBRAPA, 2003).

#### 4.2 MUNICÍPIO DE PETROLÂNDIA

Entre os anos de 1987 e 1988, ao final da construção Hidrelétrica Luiz Gonzaga, a antiga cidade de Petrolândia teve que ser inundada. Como umas das medidas compensadoras, a CHESF construiu de forma planejada, a cidade de Nova Petrolândia, em níveis altimétricos superiores ao do lago, para relocar a população e os serviços básicos que ela demandava. A nova cidade foi dotada de uma série de equipamentos urbanos, como escolas, postos de saúde, um elevado percentual de ruas pavimentadas, abastecimento d'água e tratamento de esgoto. Nas proximidades da nova cidade foram implantados também alguns projetos de irrigação. O topônimo Nova Petrolândia não foi aceito pela população, que passou a chama-la apenas de Petrolândia, nome que ficou oficialmente adotado (CONDEPE-FIDEM, 2008).

Segundo dados do IBGE (2010), Petrolândia tem uma população de 32.492 habitantes, desse total, 73% dos moradores estão concentrados área urbana e 27% na área rural. Cerca de 90% dos domicílios no núcleo urbano dispõem de sistema de coleta e tratamento de esgotos. O município registrou uma taxa de crescimento da população de 1,71 no período de 2000 a 2007. A Tabela 4.4 apresenta o aumento no número de habitantes nos últimos 40 anos.

Tabela 4.4 – Evolução no número de habitantes em Petrolândia

Ano	População registrados pelo IBGE
1970	14.499
1980	23.709
1991	21.784
1996 (Contagem)	22.309
2000	27.320
2007 (Contagem)	30.597
2008	32.105
2010	32.492
2015 (Estimada)	35.342

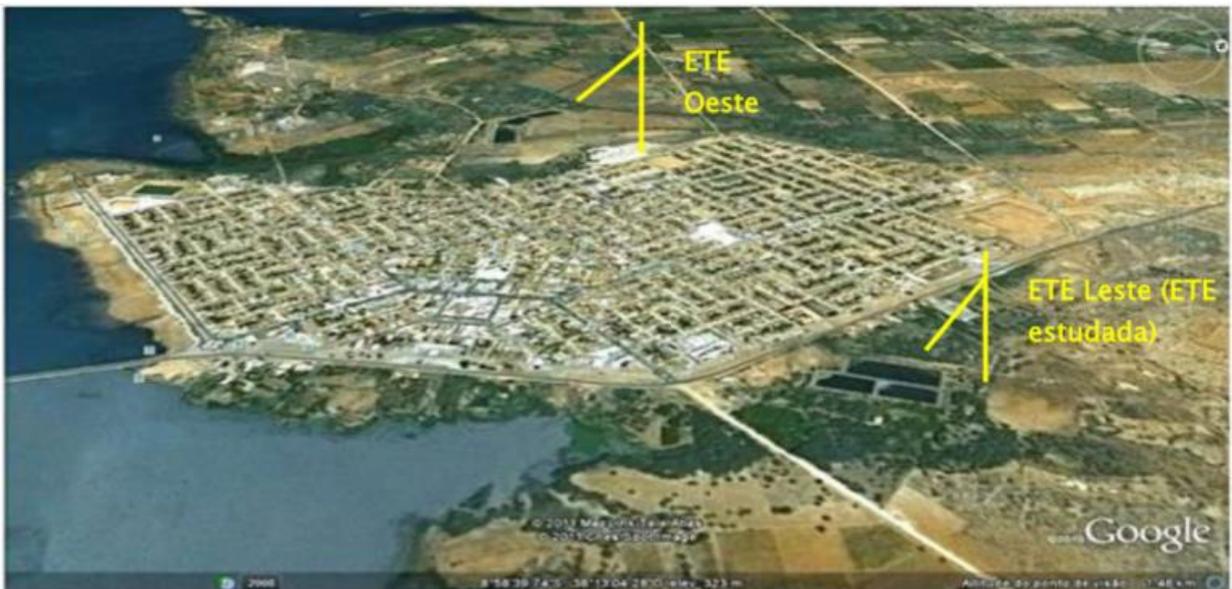
Fonte: Adaptado de CONDEPE-FIDEM, 2008 e IBGE, 2015.

Petrolândia está localizada a 430 km de Recife. O clima da região é o semi-árido, tipo Bsh na classificação de Köppen (PEEL, et al., 2007), com médias anuais terminais superiores a 25°C e pluviosidade média anual inferior a 1.000 mm/ano e com chuvas irregulares.

No município, as classes de relevo e de declividade predominante são de suave ondulado (45,6%), plano (34,6%), seguidos de moderadamente ondulado (15,6%), ondulado (3,0%), fortemente ondulado (1,1%) e montanhoso (0,1%) (SILVA *et al.*, 2009). Nas regiões onde situam-se grandes reservatórios de múltiplos usos, a condição de relevo da região pode influenciar no aporte de sedimentos para estes corpos hídricos.

O esgoto sanitário gerado pelos habitantes da cidade é direcionado para tratamento em duas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), sendo uma situada na área leste e outra na área oeste da cidade, por essa razão denominadas de ETE-Leste e ETE-Oeste (Figura 4.3).

Figura 4.3 - Localização das estações de tratamento de esgotos de Petrolândia



Fonte: GONÇALVES (2011).

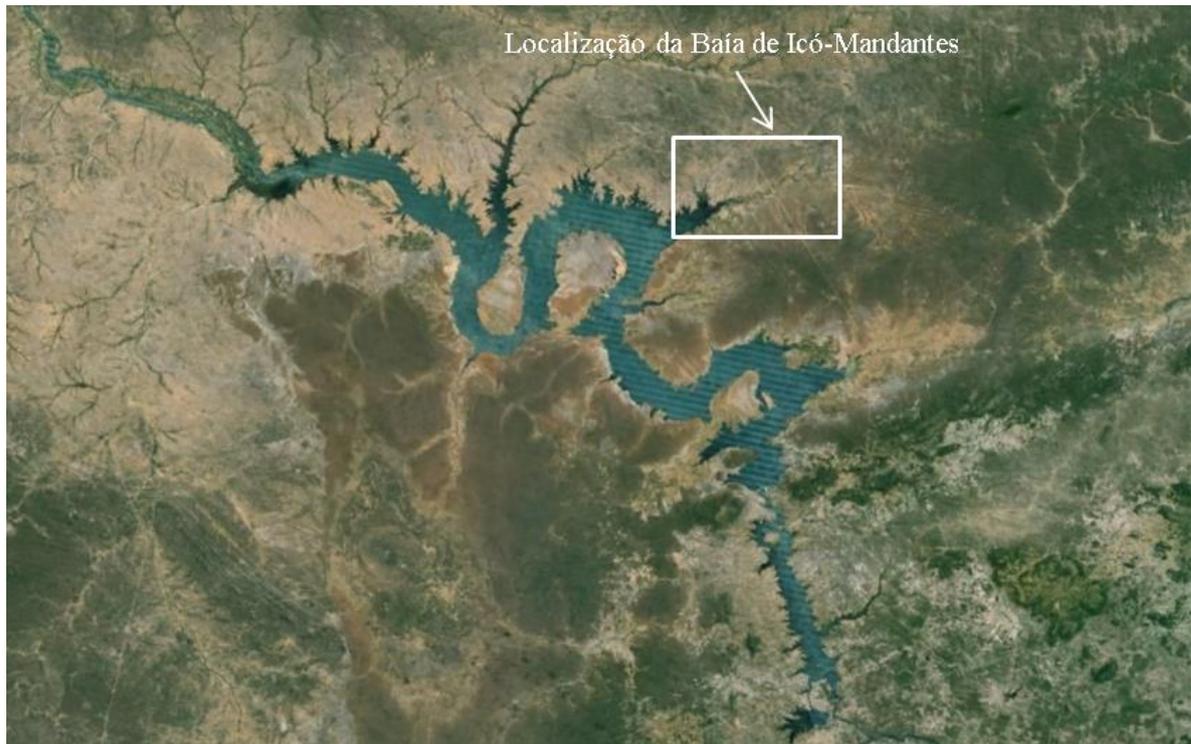
O projeto das ETE's foi elaborado em 1985 pela empresa Acquaplan por solicitação da CHESF e consiste em rede coletora com duas estações elevatórias e bombas submersas. A tecnologia de tratamento dos esgotos utiliza lagoas de estabilização, configuradas em uma lagoa facultativa, seguida por duas lagoas de maturação. No dimensionamento dos sistemas foi considerada uma população de 13.805 habitantes e uma vazão média de contribuição de 29,69 L/s para cada ETE. A operação foi iniciada em junho de 1998 (GONÇALVES, 2011). O corpo receptor dos efluentes tratados é o lago do reservatório de Itaparica.

De acordo com Gonçalves (2011), as condições de operação da estação de tratamento de esgoto de Petrolândia, favoreceram o aumento da densidade específica de cianobactérias e a presença de elevadas densidades de espécies potencialmente produtoras de toxinas no efluente do sistema de tratamento com potencial de causar danos à saúde pública dependendo das condições do corpo receptor que é o reservatório de Itaparica.

#### 4.3 BAÍA DE ICÓ-MANDANTES

A configuração do lago no trecho localizado na porção central da margem pernambucana do reservatório de Itaparica, entre os municípios de Petrolândia e Floresta, é denominada de baía porque forma uma concavidade cercada de terra por quase todos os lados, meus um. Como está situada por terras do Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes, tem sido designada de Baía de Icó Mandantes (Figura 4.4).

Figura 4.4 – Imagem do reservatório de Itaparica com destaque para localização da Baía de Icó-Mandantes



Fonte: Elaborada pela autora, 2014 (Base: Google Earth).

Na Baía de Icó-Mandantes ocorre a desembocadura do riacho Mandantes, que tem cerca de 54 km de extensão e serve de limite entre os municípios de Petrolândia e Floresta. Seus principais afluentes são o riacho do Poço e o riacho do Mandacaru (APAC, 2013).

Outro fato que destaca a importância da desta baía é a construção do Eixo Leste, uma das obras do Projeto de Integração do rio São Francisco, que será utilizado para levar água por cerca de 220 km até o rio Paraíba, na Paraíba (Figura 4.5).

Figura 4.5 – Imagem da Baía de Icó-Mandantes e localização da obra do Eixo Leste



Fonte: Elaborada pela autora, 2014 (Base: Google Earth).

Cargas difusas de poluentes e sedimentos provenientes do uso e ocupação do entorno são recebidas nessa baía através da drenagem natural e de sistemas construídos de drenos agrícolas, principalmente, do Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes e decorrentes das práticas agrícolas e utilização de agrotóxicos e fertilizantes químicos.

Özgen et al (2013), utilizou simulações em modelagem para estudar a hidrodinâmica da interação hidráulica entre a baía e do rio São Francisco e obter uma compreensão de todo o sistema de água. Os resultados indicaram que, exceto em eventos de enchentes, as condições do fluxo principal da Baía de Icó-Mandantes são diferentes das condições do fluxo principal do rio São Francisco, a interação entre a baía e rio é desprezível, ou seja, a água da baía é quase estagnada e a troca de água ocorre com pequena velocidade.

Nas áreas rasas da baía, com profundidade de 2 a 7 m, foram observadas massas representativas de macrófitas imersas ou emersas, principalmente na confluência com

córregos das margens (LOPES *et al.*, 2013), com impacto sobre comunidade de fito plâncton, a qualidade da água e ciclagem de nutrientes na água e sedimentos (SELGE *et al.*, 2013).

#### 4.4 PERÍMETRO IRRIGADO DE ICÓ-MANDANTES

O Perímetro está inserido nos municípios de Petrolândia e Floresta, ambos em Pernambuco, com área de 22.914 ha, constituído por lotes de tamanhos diferenciados e dividido em duas áreas: Bloco-3 com 14.981 há; e Bloco-4 com 7.933 ha. Cada Bloco consiste de lotes irrigados, agrovilas, área de sequeiro e reserva legal, além da infraestrutura de estradas e equipamentos urbanos. No perímetro existem 16 agrovilas, onde foram reassentadas 657 famílias, sendo dez agrovilas no Bloco 03 e seis agrovilas no Bloco 04 (CARVALHO, 2009).

De acordo com o projeto do perímetro, do total, 2.127 ha são áreas destinadas às parcelas irrigáveis; 187 ha de área das agrovilas; 20.406 ha destinados à área de sequeiro, reserva técnica, reserva legal e núcleo principal; e 194 ha são áreas incorporadas ao patrimônio público para estradas e equipamentos comunitários. As famílias reassentadas, receberam lotes agrícolas de tamanhos diferenciados (1,5 a 6,0 hectares) para desenvolver agricultura irrigada.

Em 21 anos de projeto, houve mudanças quanto à distribuição das famílias e ocupação do perímetro. Segundo levantamentos da empresa responsável pela operação e manutenção dos sistemas de irrigação, em dezembro de 2011, existiam 749 lotes cadastrados, distribuídos entre os dois blocos do perímetro (464 lotes no Bloco-03 e 285 lotes no Bloco-04). Esse número representa um aumento de 14% no número de unidades cadastradas e é denominado de área de expansão (HIDRO SONDAS, 2012). Além da área de expansão cadastrada, muitos produtores ocupam irregularmente as áreas de sequeiro e reserva legal e implantam sistemas de irrigação próprios derivados das tubulações que abastecem os lotes regulares.

A agricultura irrigada dentro do perímetro irrigado de Icó-Mandantes foi implementada em etapas, a partir do início de operação das Estações de Bombeamentos (EB).

- Ano de 1993, EB-02 e EB-03 com atual capacidade de bombeamento de 949m<sup>3</sup>/h;
- Ano de 1995, EB-04 e EB-05 com atual capacidade de bombeamento de 1.419m<sup>3</sup>/h;
- Ano de 1998, EB-01 com atual capacidade de bombeamento de 1.827m<sup>3</sup>/h.

A captação é feita através de estação de bombeamento, a partir de um canal de aproximação, localizada na margem esquerda do reservatório de Itaparica, a qual alimenta um reservatório,

cujo volume é de aproximadamente 54.000 m<sup>3</sup>. O reservatório por sua vez alimenta por gravidade as adutoras principais, redes de distribuição e parcelares (HIDRO SONDAS, 2012).

As principais culturas produzidas em Icó Mandantes estão classificadas em dois grupos: as culturas permanentes representadas por fruteiras como banana, coco, manga, goiaba, maracujá e mamão; e as culturas temporárias ou de ciclo curto como abóbora, feijão, jerimum, melancia, milho, amendoim e coentro (PLANTEC, 2012). O Bloco 04 começou a produzir em dezembro de 1994 com 8.937 ha, dos quais 812 irrigáveis. Já o Bloco 03 começou a produzir em março de 1998, com 14.981 há, sendo 1.315 há irrigáveis (CARVALHO, 2009).

A rede de drenagem natural é formada principalmente pelo Riacho dos Mandantes e Baixa do Limão Bravo, ambos integram o Terceiro Grupo de Bacias (GI3), Grupo de Pequenos Rios Interiores, que é composto por uma grande quantidade de pequenos rios e riachos que deságuam no lago formado pelo reservatório de Itaparica (APAC, 2013).

Quanto ao sistema de drenagem coletora dos lotes irrigados, a instalação da rede aconteceu após a implantação de projeto. Na ocasião, alguns agricultores reassentados optaram por não permitir a instalação de dutos enterrados dentro de seus lotes. Por essa razão, muitas parcelas irrigáveis não dispõem de rede formada por dutos enterrados.

De acordo com o relatório da empresa de manutenção (HIDRO SONDAS, 2012), em dezembro de 2011 a rede de drenagem coletora de Perímetro Irrigado Icó-Mandantes tem 235 quilômetros, distribuídas conforme abaixo:

- Bloco-3: 137 km, sendo 21, 46 km de drenagem coletora aberta e 115,649 km de drenagem coletora entubada e dreno subterrâneo;
- Bloco-4: 98 km, sendo 22,76 km de drenagem coletora aberta e 75,488 km de drenagem coletora entubada e dreno subterrâneo.

O sistema de drenagem agrícola é configurado por uma rede de drenos superficiais e subterrâneos externos aos lotes agrícolas. Os drenos superficiais são abertos e apresentam dois tipos de estruturas construtivas: canais de concreto-alvenaria ou são simplesmente escavados no solo aproveitando o relevo e declividade natural do terreno (Foto 4.1). Em função do destino do fluxo da água, os drenos são classificados em:

- primários: conduzem a água direto para o reservatório de Itaparica;
- secundários: direcionam o fluxo de água até um dreno primário e
- terciários: direcionam o fluxo de água até um dreno secundário.

Foto 4.1- Tubos coletores e drenos escavados integrantes do sistema de drenagem agrícola



(Nailza Arruda, 2014)

(Mara Lilith Shöpert, 2014)

De modo geral, os solos que ocorrem são arenosos, derivados de sedimentos da Bacia do Jatobá. Estes sedimentos são pobres em nutrientes, e conseqüentemente, geram solos de baixa fertilidade natural, profundos a muito profundos, excessivamente drenados devido a sua textura arenosa (EMBRAPA, 2004).

Silva (2011), realizou o mapeamento dos solos do município de Petrolândia na escala 1:100.0000 utilizando tecnologias da geoinformação. A ocorrência solos argilosos, que incluem Luvisolos, Cambissolos e Vertissolos ocorrem em posições de cotas mais baixas. Por outro lado, onde ocorrem coberturas arenosas, o predomínio é de Neossolos Quartzarênicos. Esses solos predominam em locais de cotas mais elevadas. O relevo é uma das características analisadas nos mapeamentos de solos, principalmente no que diz respeito à declividade, por sua influência na mecanização e nos riscos de erosão hídrica do solo e é de grande relevância para as práticas de uso, manejo e conservação das terras.

Segundo Santos *et al.* (2005), são empregadas as seguintes classes para descrição do relevo:

- Plano: superfícies de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividade menores que 3%.
- Suave ondulado: superfícies de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e, ou, outeiros (elevações de altitudes relativas da ordem de 50 a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves, de 3 a 8%.
- Ondulado: superfícies de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e, ou, outeiros, apresentando declives acentuados, entre 8 a 20%.
- Forte ondulado: superfícies de topografia movimentada, formada por outeiros e, ou, morros (100 a 200 m de altitude relativa) com declives fortes, entre 20 a 45%.

- Montanhoso: superfícies de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas e maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muitos fortes, de 45 a 75%.
- Escarpado: regiões ou áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo escarpamentos, como: aparado, itambé, falésias, flancos de serras alcantiladas, vertentes com declives muito fortes de vales encaixados, maiores que 75%.

Correia *et al.*(2009) realizou levantamento dos usos e da qualidade de todos os lotes do Bloco-3 do Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes, dentre os parâmetros pesquisados, o teor de fósforo foi avaliado como um indicativo de fertilidade do solo (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 - Teores de fósforo encontrados no solo dos lotes do Bloco-3

Identificação	Uso dos lotes	Movimentação de solo	Teores de Fósforo nas camadas do solo (mg.dm <sup>-3</sup> )		
			0-10 cm	10-30 cm	30-60 cm
Área com Culturas de ciclo curto	Culturas anuais, principalmente, abóbora, melancia, coentro, milho e feijão.	Uma aração e duas gradagens no preparo do solo, no início de cada cultivo, duas a três vezes ao ano, caracterizando este sistema como de grande movimentação de solo.	42,1	39,7	7,3
Área com Fruticultura	Cultivadas predominantemente com bananeira, coqueiro, goiabeira e mangueira.	Aração e gradagem apenas na implantação das culturas, sem uso de máquinas nas operações de colheita e tratos fitossanitários	28,5	15,2	5,9
Área de Pastagem	Utilizadas como pastagem nativa continuamente, em alguns casos, e, em outros, entre períodos de cultivo de espécies de ciclo curto mais espaçado.	Movimentação do solo intermediária entre os usos culturas de ciclo curto e fruticultura, em que, de modo geral, para a manutenção da pastagem, pratica-se uma superirrigação, com reduzido manejo da irrigação.	35,2	13,8	9,7
Área descartada	Classificadas como impróprias ao cultivo (observada a presença dos usos descritos anteriormente, bem como de áreas abandonadas com regeneração de vegetação nativa).	-	39,7	23,9	13,2
<b>MÉDIA</b>			<b>36,4</b>	<b>23,2</b>	<b>9,0</b>
Áreas de Vegetação nativa (solo controle)	Originalmente de Caatinga, sem intervenção humana, nem histórico de cultivo agrícola.		7,4	4,6	4,1

Fonte: Adaptado de CORREIA *et al.*, 2009.

As camadas superficiais das áreas cultivadas apresentam teores de fósforo cerca de cinco vezes maiores que as concentrações encontradas nas áreas de vegetação nativa, indicando a baixa fertilidade natural dos solos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos através da metodologia descrita no Capítulo 3. Inicialmente, mostra a avaliação da qualidade da água dos canais de drenagem agrícola. Depois apresenta as fontes pontuais e difusas de fósforos identificadas durante a pesquisa. Em seguida, aborda a ocorrência de fósforo no sedimento de fundo do reservatório no trecho situado na baía de Icó-Mandantes. Por fim, faz uma análise sobre o perfil dos agricultores e suas práticas agrícolas para fertilização do solo e aponta medidas de controle para minimizar os impactos associados.

### 5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE DRENAGEM AGRÍCOLA

A instalação do sistema de drenagem agrícola, no Perímetro de Icó-Mandantes foi realizada em etapas e depois que as famílias já estavam trabalhando em seus lotes irrigados. Esse fato impediu que os drenos internos dos lotes fossem instalados em todas as parcelas irrigáveis, uma vez que, alguns agricultores reassentados não permitiram a instalação ou condicionaram a implantação do sistema de drenos dentro do lote à resolução de outras questões, envolvendo indenizações ou a regularização de posse da terra junto à CHESF. A condição natural do solo, com baixa fertilidade natural junto com problemas na drenagem interna, ocasionou o descarte de muitos lotes agrícolas dentro desse Perímetro.

A última ampliação desse sistema foi concluída em 2010. A rede de drenagem ficou com 235 km de extensão, sendo 137 km no Bloco-3 e 98 km no Bloco-4. Do total da rede de drenos instalada, 191 km são tubos enterrados ou coletores subterrâneos e 44 km são drenos superficiais abertos (HIDRO SONDAS, 2012).

A manutenção e limpeza anual dos drenos são realizadas pela mesma empresa contratada pela CODESVASF, para operação e manutenção do sistema de irrigação. A limpeza dos drenos entubados dentro dos lotes é feita com água pressurizada em contra fluxo. Externamente aos lotes, os drenos superficiais são limpos com a utilização de maquinário, como retroescavadeiras, mas a frequência de limpeza nem sempre é cumprida, o que dificulta a drenagem em alguns trechos pelo acúmulo de lixo ou crescimento de vegetação. Os motivos deste atraso variam desde a indisponibilidade dos maquinários até a descontinuidade na contratação desses serviços.

### 5.1.1 Qualidade da água de drenagem agrícola no Bloco-3

O Bloco-3 é o maior do Perímetro, com 38 quadras e 464 lotes irrigáveis, totalizando 1.315 hectares. Também é o mais desenvolvido quanto à aplicação de técnicas agrícolas e ao padrão construtivo das residências das agrovilas e condição econômica dos agricultores. No arranjo do sistema de drenagem deste Bloco, existem nove troncos de drenagens superficiais, sendo três deles classificados como primários, onde o lançamento da água é feito diretamente no Reservatório de Itaparica (CHESF, 2011). O Quadro 5.1, Tabela 5.1 e Figuras 5.1 e 5.2, apresentam a identificação da rede, bem como, a condição dos 15 pontos de amostras da qualidade de água utilizados nas campanhas de amostragem no final da estação seca em outubro de 2013 e na estação chuvosa em janeiro de 2014.

Quadro 5.1 – Condição do fluxo da água de drenagem agrícola do Bloco-03 durante as campanhas de amostragem

Ponto Amostra	Identificação Drenagem	Principais quadras drenadas	Campanhas de amostragem	
			Outubro/2013	Janeiro/2014
P1	D-3	Q2, Q3, Q4	-	Fluxo
P2	D-4-4	Q10	-	-
P3	D-4-4	Q5, Q6, Q9, Agrovila-7	-	Estagnado
P4	D-4-4	Q13, Q8	Fluxo	Estagnado
P5	D-4-4-6	Q11, Q12	Seco	Seco
P6	D-4-4	Q12	Estagnado	Fluxo
P7	D-5	Q14	-	Estagnado
P8	D-4	Q1, Q8	Seco	Seco
P9	D-4-1	Q1, Q8	Estagnado	Estagnado
P10	D-4-7-4	Q35, Q36	Estagnado	-
P11	D-4-7	Q15, Q19, Q31	Seco	Seco
P12	D-4-7-4	Q19, Q29, Q30, Q32	Seco	Seco
P13	D-6	Q16, Q17	Fluxo	Estagnado
P14	D-9	Q38	Seco	Seco
P15	D-9	Q37	Fluxo	Estagnado

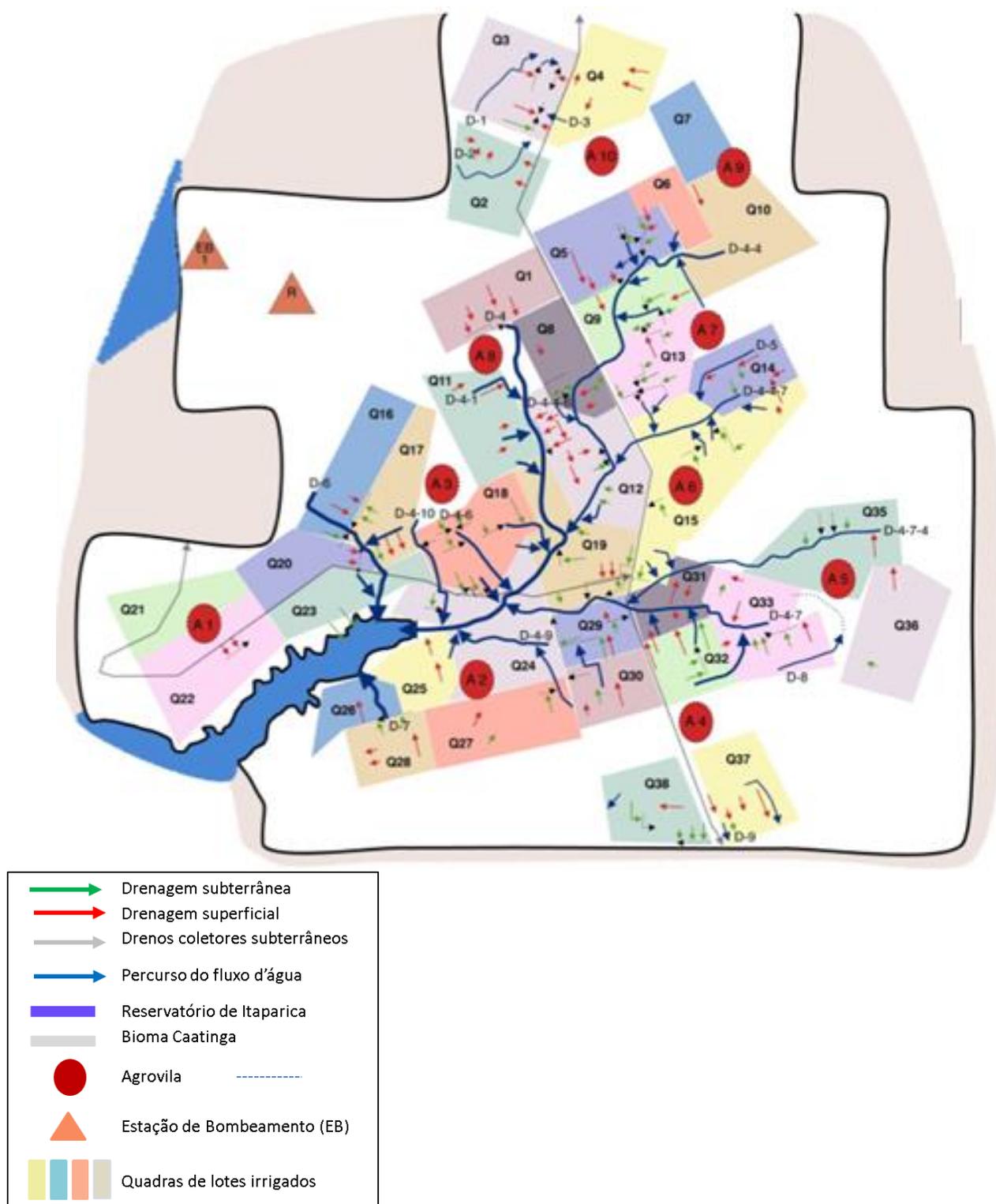
Fonte: Adaptado de SCHÖPERT, 2014.

Os teores de fósforo total e fósforo reativo (biodisponível) na água de drenagem dos lotes agrícolas, registrados nas duas campanhas de amostragem do sistema de drenagem do Bloco-3, resultaram em uma concentração média de 0,33 mg.L<sup>-1</sup> de fósforo total e 0,07 mg.L<sup>-1</sup> de fósforo disponível.

A temperatura da água não variou nas duas campanhas e registrou média de 29,5°C. A mobilização do fósforo é um processo lento e acelera com aumento da temperatura. Segundo

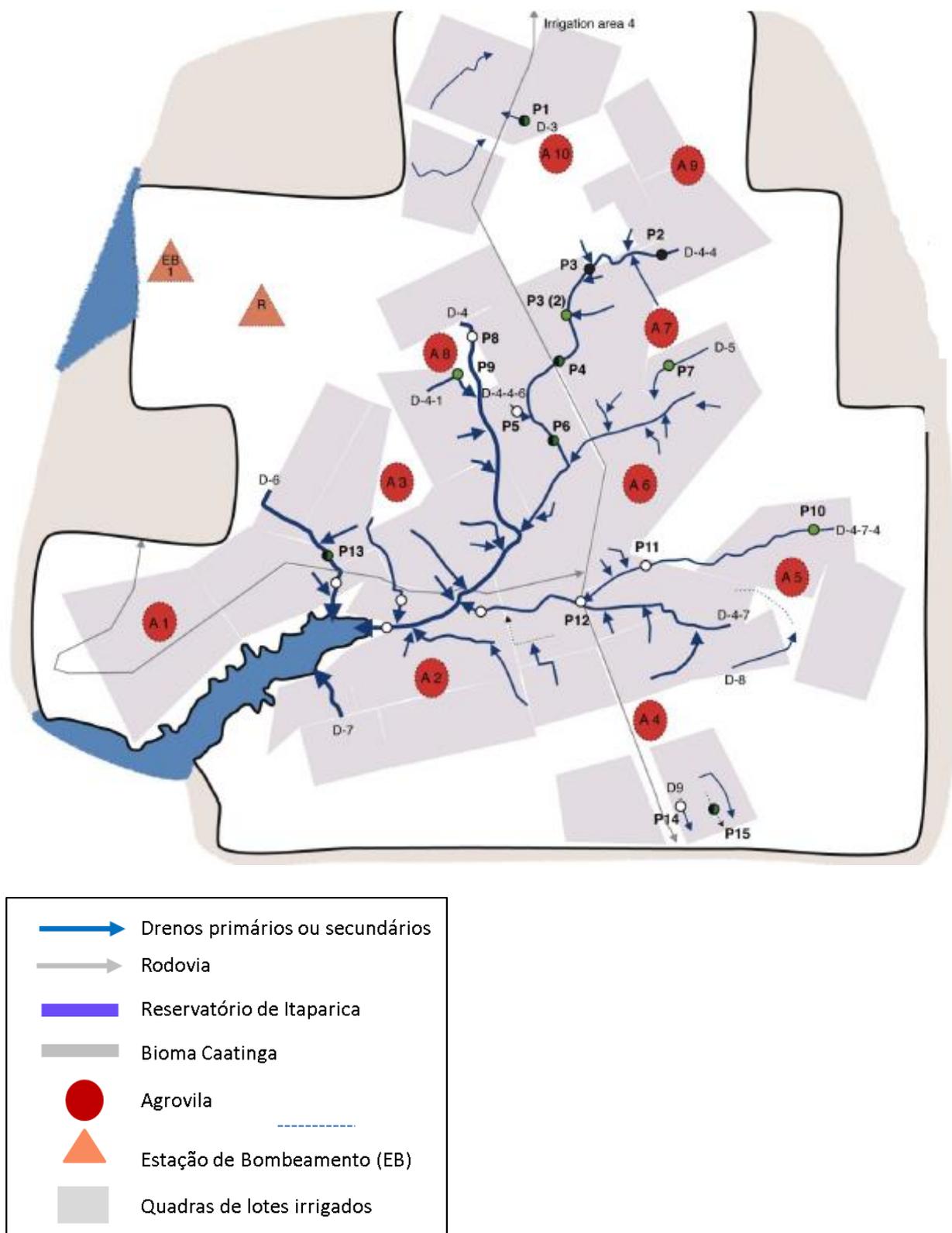
Roy (2006), as temperaturas mais elevadas típicas das áreas tropicais resultam em maiores transformações químicas, que podem aumentar de 4 a 6 vezes a taxa de mobilidade dos nutrientes quando comparado às condições de temperatura de áreas temperadas do planeta.

Figura 5.1 - Esquema da rede de drenagem do Bloco-3



Fonte: Adaptado de SCHÖPERT, 2014.

Figura 5.2 - Esquema da rede de drenagem do Bloco-3 com destaque para a localização dos pontos de coleta de amostras



Fonte: Adaptado de SCHÖPERT, 2014.

Tabela 5.1 - Parâmetros físico-químicos e concentração de fósforo na água de drenagem agrícola do Bloco-3

Amostra	Temperatura (°C)		pH		OD (mg.L <sup>-1</sup> )		Condutividade (UScm <sup>-1</sup> )		Potencial Redox (mV)		PTotal (mg.L <sup>-1</sup> )		PDisponível (mg.L <sup>-1</sup> )	
	out/13	jan/14	out/13	jan/14	out/13	jan/14	out/13	jan/14	out/13	jan/14	out/13	jan/14	out/13	jan/14
P1	28,2	28,8	7,2	6,8	2,6	7,0	802	1880	-2,7	-49,6	1,50	0,20	0,05	0,04
P2	25,6	-	6,8	-	6,8	-	2902	-	2,3	-	0,10	-	0,02	-
P3	29,7	26,7	7,8	7,0	7,4	3,8	142	2282	-5,7	-60,2	0,10	0,20	0,00	0,06
P4	29,0	33,3	6,3	5,5	5,7	8,3	1201	3224	-5,3	-18,9	0,30	0,30	0,03	0,12
P5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P6	33,4	29,6	7,1	4,9	5,6	8,2	952	50	-16	60,5	0,10	0,20	0,02	0,05
P7	29,2	27,9	5,9	6,6	5,2	7,4	69	262	100,4	-34,8	0,09	0,30	0,01	0,08
P8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P9	27,8	29,2	7,2	6,9	4,3	5,0	954	312	-6,6	-46,6	0,30	0,40	0,02	0,09
P10	29,4	-	7,9	-	6,8	-	118	-	-14,7	-	0,30	-	0,01	-
P11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P13	31,3	28,1	7,0	7,4	7,1	14,3	849	666	-4,8	-58,8	0,40	0,70	0,02	0,04
P14	29,5	-	7,8	-	5,2	-	108	-	-5,3	-	0,40	-	0,06	-
P15	31,7	32,4	5,4	6,4	8,0	5,8	273	360	197,2	48,8	0,70	0,30	0,39	0,05
<b>MÉDIA</b>	<b>29,53</b>	<b>29,50</b>	<b>6,9</b>	<b>6,4</b>	<b>5,9</b>	<b>7,5</b>	<b>761</b>	<b>1.130</b>	<b>21,7</b>	<b>20,0</b>	<b>0,39</b>	<b>0,33</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>

Fonte: Elaborada pela autora, 2014.

O pH ficou na faixa da neutralidade, com média de 6,9 em outubro de 2013 e 6,4 em janeiro de 2014. O fosfato se torna menos disponível em condições ácidas. Condições de pH ácidos influenciam a solubilidade de metais, aumentando a adsorção do fósforo com óxidos de ferro e manganês e tornando o fósforo indisponível a curto prazo (FRANZEN, 2009).

O potencial redox do meio influencia o estado de oxidação-redução e interfere na dinâmica dos nutrientes. Quanto maior for o potencial redox, maior é o poder oxidante do sistema. No caso da água de drenagem do Bloco-3, os valores de média registrada para o potencial redox foram de +21,7 mV em outubro/2013 e -20,0 mV em janeiro/2014. Essa variação pode estar relacionada a ocorrência de chuvas durante o mês de janeiro e o arraste de matéria orgânica para dentro dos canais de drenagem.

A concentração de Oxigênio Dissolvido também relaciona-se à presença de compostos oxidados (ROY, 2006). No caso da água de drenagem do Bloco-3, a concentração de oxigênio dissolvido ficou acima de 4,0 mg.L<sup>-1</sup> na maioria dos pontos de coleta.

Os valores de condutividade elétrica variaram de 50 a 3.224  $\mu\text{Scm}^{-1}$  e registraram médias de 761  $\mu\text{Scm}^{-1}$  em outubro de 2013 e 1.130  $\mu\text{Scm}^{-1}$  em janeiro de 2014. Altos valores da condutividade elétrica estão relacionados com a concentração total de eletrólitos dissolvidos na água, o que é comumente usado como uma expressão da concentração total de sais dissolvidos de uma amostra aquosa. Icó-Mandantes tem grande número de lotes descartados por problemas de salinização do solo em decorrência das características do solo da região, como também em função de irrigação inadequada e uso de fertilizantes mal dosados.

### 5.1.2 Qualidade da água de drenagem agrícola no Bloco-4

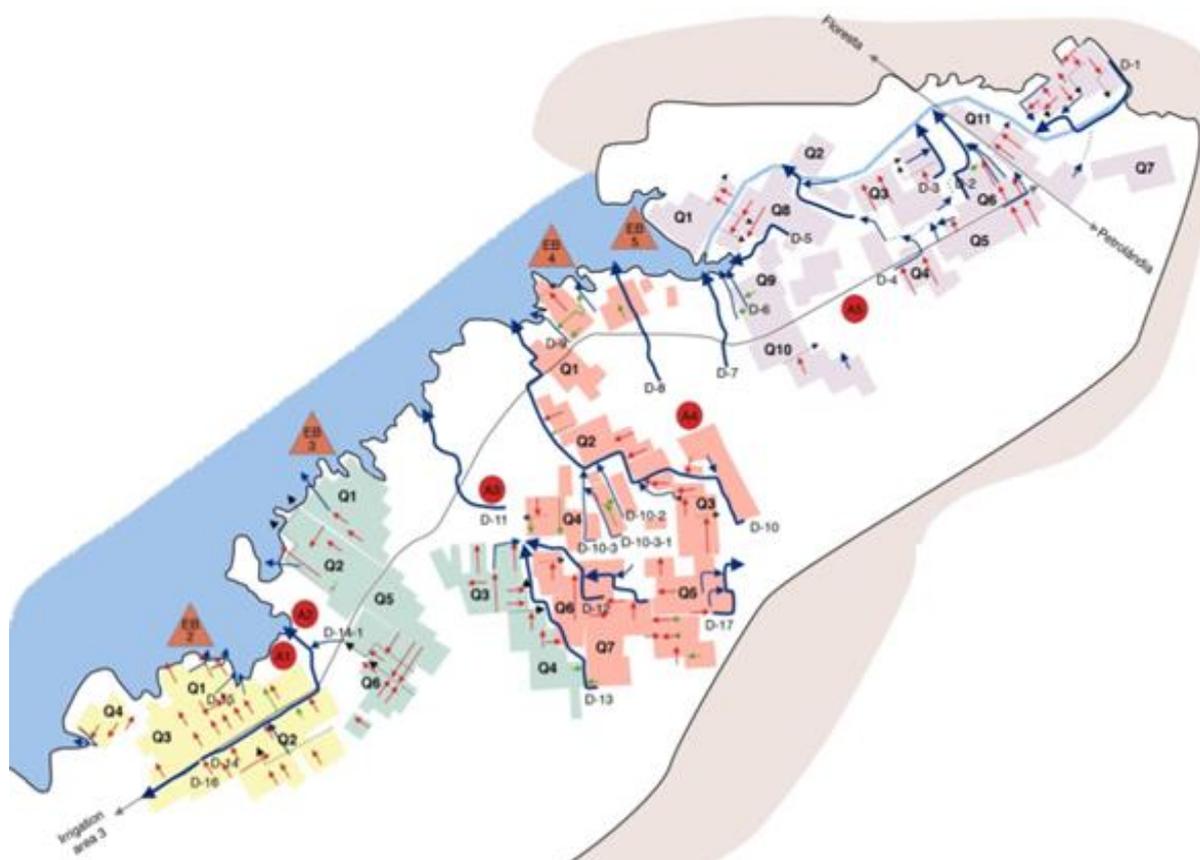
O Bloco-4 abrange uma área com 28 quadras e 285 lotes irrigáveis, totalizando 812 hectares. A rede de drenagem foi amostrada em 17 pontos, avaliados duas vezes na ocasião nas campanhas de campo realizadas durante os meses de outubro de 2013 e janeiro de 2014. O Quadro 5.2 apresenta as condições do fluxo de água de drenagem durante a amostragem, as Figuras 5.3 e 5.4 são apresentados mapas esquemáticos do sistema de drenagem do Bloco-4. Na Tabela 5.2 estão os resultados das análises físico-químicas realizadas para determinar a qualidade de drenagem e da mesma forma que ocorreu no Bloco-3, partes dos drenos estavam secos ou com água estagnada durante as campanhas de amostragem.

Quadro 5.2 – Condição de fluxo da água nos drenos do Bloco-04 durante as campanhas de amostragem da água dos drenos agrícolas

Ponto amostra	Identificação Drenagem	Campanhas de amostragem	
		Outubro/2013	Janeiro/2014
P1	D-4	-	Estagnado
P2	D-7	-	Fluxo
P3	D-8	Seco	Seco
P4	D-9	-	Fluxo
P5, P6	D-10	- / Fluxo	Fluxo / Seco
P7	D-10-2	Fluxo	Fluxo
P9	D-10-3	Seco	Seco
P8	D-10-3-1	Fluxo	Fluxo
P12	D-11	-	Fluxo
P10	D-12	Fluxo	Estagnado
P11	D-13	Estagnado	Estagnado
P14, P15	D-14	- / Estagnado	Fluxo- Estagnado
P13	D-14-1	-	Fluxo
P16	D-15	-	Estagnado

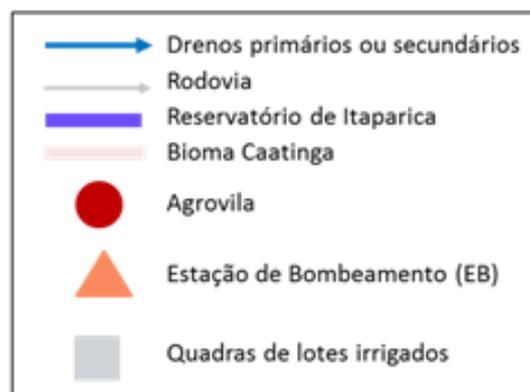
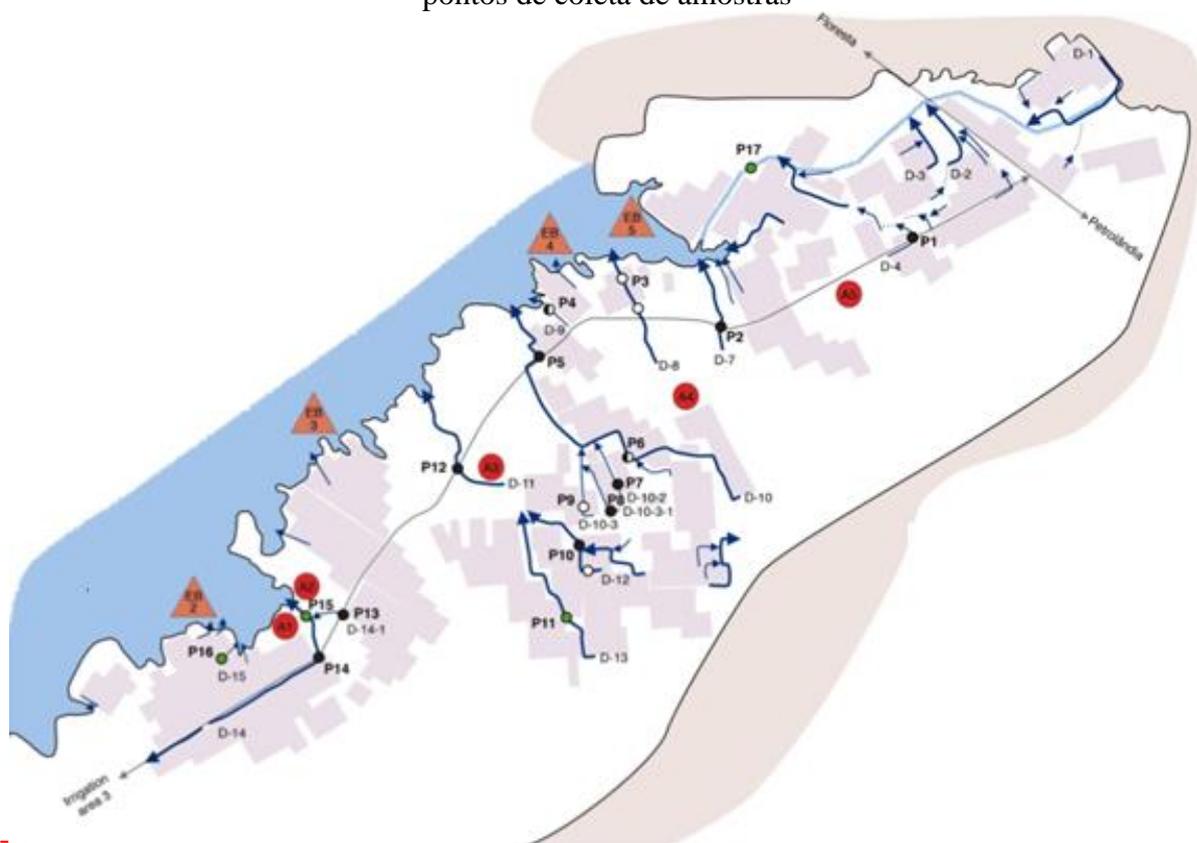
Fonte: Adaptado de SCHÖPERT, 2014.

Figura 5.3 - Esquema da rede de drenagem do Bloco-4



Fonte: Adaptado de SCHÖPERT, 2014.

Figura 5.4 - Esquema da rede de drenagem do Bloco-4 com destaque para a localização dos pontos de coleta de amostras



Fonte: Adaptado de SCHÖPERT, 2014.

Tabela 5.2 - Parâmetros físico-químicos e concentração de fósforo na água de drenagem agrícola do Bloco-4

Amostra	Temperatura (°C)		pH		OD (mg.L <sup>-1</sup> )		Condutividade (UScm <sup>-1</sup> )		Redox (mV)		PTotal (mg.L <sup>-1</sup> )		Pdisponível (mg.L <sup>-1</sup> )	
	out/13	jan/14	out/13	jan/14	out/13	jan/14	out/13	jan/14	out/13	jan/14	out/13	jan/14	out/13	jan/14
P1	27,1	28,9	7,7	8,0	1,6	2,3	130,0	405,0	-150,6	-208,2	0,7	1,6	0,0	0,1
P2A	24,9	25,4	8,0	6,9	6,6	4,3	4105,0	1281,0	-27,1	-37,8	0,2	0,2	0,0	0,0
P2B	30,0	24,6	8,2	6,9	6,5	2,3	1160,0	1282,0	-23,6	-36,7	0,3	0,3	0,0	0,0
P3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	-	28,3	-	6,5	-	9,9	-	284,0	-	-43,4	-	1,0	-	0,5
P5	30,3	28,4	7,6	7,6	4,9	9,0	402,0	165,0	-9,7	-47,1	0,6	0,2	0,2	0,1
P6	26,0	-	8,0	-	7,4	-	1424,0	-	-9,6	-	0,6	-	0,4	-
P7	29,8	30,2	8,4	7,7	6,4	7,8	220,0	110,0	-21,3	-58,4	0,6	0,2	0,2	0,0
P8	32,1	32,1	8,4	8,0	6,9	5,7	543,0	111,0	-15,0	-63,7	0,3	0,2	0,0	0,0
P9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P10	32,0	-	8,5	-	5,8	-	279,0	-	-16,5	-	0,1	-	0,1	-
P11	34,7	30,6	8,3	7,1	10,6	2,4	297,0	960,0	-9,3	-150,0	0,3	0,9	0,1	0,1
P12	33,5	28,2	7,9	7,1	6,6	-	664,0	865,0	-8,0	-41,8	0,4	0,5	0,1	0,1
P13	29,6	27,1	6,7	6,3	5,4	5,8	186,0	401,0	-9,5	-28,5	1,0	0,3	0,0	0,1
P14	28,1	28,6	6,5	7,4	3,1	6,7	181,7	446,0	98,2	25,5	0,3	0,3	0,0	0,1
P15	26,4	39,1	7,4	7,3	4,9	7,1	348,0	259,5	1,4	-30,3	0,7	0,0	0,0	0,0
P16	32,8	26,7	6,9	6,3	5,7	6,0	343,4	395,3	23,3	-47,3	0,2	6,8	0,0	0,1
<b>MÉDIA</b>	<b>29,6</b>	<b>29,3</b>	<b>7,8</b>	<b>7,2</b>	<b>5,9</b>	<b>6,1</b>	<b>764,6</b>	<b>547,5</b>	<b>15,4</b>	<b>60,0</b>	<b>0,46</b>	<b>0,47</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>

Fonte: Elaborada pela autora, 2014.

Os teores de fósforo total e fósforo disponível na água de drenagem dos lotes agrícolas, registrados nas duas campanhas de amostragem do sistema de drenagem do Bloco-4, resultaram em uma concentração média de 0,47 mg.L<sup>-1</sup> de fósforo total e 0,09 mg.L<sup>-1</sup> de fósforo disponível.

Igualmente aos resultados do Bloco-3, a temperatura registrou média de 29,5°C e não variou nas duas campanhas. O pH ficou na faixa da neutralidade a alcalino, com média de 7,8 em outubro/2013 e 7,2 em janeiro de 2014. Já os valores de potencial redox foram de -15,4mV em outubro/2013 e -60,0 mV em janeiro/2014, sendo a variação registrada no mês de janeiro, decorrente da ocorrência de chuvas na região.

A concentração de oxigênio dissolvido variou entre 1,6 a 10,6 mg.L<sup>-1</sup> e a condutividade elétrica foi praticamente igual a que a registrada no Bloco-3 na campanha de outubro/2013, 76 µScm<sup>-1</sup> e menor em janeiro/2014, 547,5 µScm<sup>-1</sup>.

Em síntese, a qualidade da água de drenagem agrícola nos dois Blocos do Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes não apresentou variações significativas quanto aos parâmetros físico-químicos e quanto ao teor de fósforo total e disponível (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 - Resultados comparativos da água de drenagem agrícola nos Blocos 3 e 4

Parâmetro	Mês coleta	Bloco-3	Bloco-4	Avaliação sintética dos resultados (média)
Temperatura (°C)	out/13	29,5	29,6	Não há variação de temperatura da água. Média de 29,5°C
	jan/14	29,5	29,3	
pH	out/13	6,9	7,8	Bloco-3: levemente ácido (pH 6,7); Bloco-4: levemente alcalino (pH 7,5)
	jan/14	6,4	7,2	
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	out/13	5,9	5,9	Alta concentração de OD
	jan/14	7,5	6,1	
Condutividade (µScm <sup>-1</sup> )	out/13	760,9	764,6	Condutividade elétrica > 800 µScm <sup>-1</sup> .
	jan/14	1.129,5	547,5	
Potencial Redox (mV)	out/13	21,7	-15,4	Condição levemente redutora.
	jan/14	-20,0	-60,0	
PTotal (mg.L <sup>-1</sup> )	out/13	0,39	0,46	Maior teor de fósforo total e reativo (disponível) na água de drenagem do lotes do Bloco-4, onde as técnicas agrícolas são mais rudimentares
	jan/14	0,33	0,47	
PDisponível (mg.L <sup>-1</sup> )	out/13	0,06	0,09	
	jan/14	0,07	0,09	

Fonte: Elaborada pela autora, 2014.

Segundo Roy (2006), os íons de fósforo reativo, ou disponíveis, estão presentes na água de drenagem de áreas agrícolas bem manejadas, em quantidades muito pequenas, ou seja, em concentrações que variam de 0,01-0,50 mg.L<sup>-1</sup>. Os teores dessa forma de fósforo nas correntes da água de drenagem dos Blocos 3 e 4 do Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes, durante o período das campanhas de amostragem, variaram de 0,001 a 0,5 mg.L<sup>-1</sup>, valores compatíveis com padrões de referência adotados pelo Banco Mundial (IFC, 2007). Sabendo-se que as práticas agrícolas adotadas pelos agricultores desse perímetro não são as mais adequadas quanto ao manejo visando a conservação do solo, esse fato pode estar relacionado mais a baixa fertilidade natural do solo e adsorção de fósforo durante o percurso da água de drenagem realiza até chegar ao reservatório.

### 5.1.3 Influência do tipo de solo na qualidade da água de drenagem

A transferência de fósforo dos lotes irrigáveis para água de drenagem é decorrente de uma série de processos complexos, provenientes de interfaces solo-água influenciados por fatores tais como: i) características do solo da região; ii) práticas agrícolas adotadas para fertilização e irrigação das plantações e iii) mobilidade desse nutriente, depende também dos mecanismos físicos, químicos e biológicos que ocorrem por associações entre as formas do elemento e os substratos e que favorecem a adsorção, precipitação, ligações e outras reações de natureza biogeoquímicas (FRAZEN, 2009). Todavia, o teor de fósforo na água de drenagem de regiões onde é desenvolvida a agricultura intensiva, é fortemente representado pelo tipo de manejo

adotado na fertilização, considerado uma das principais fontes difusas que contamina mananciais e reservatórios em todo o mundo (TUNDISI, 2008).

Nos anos de 2011 e 2012, a análise de solo de alguns lotes agrícolas, indicou que a média na concentração de fósforo foi de 34,5 mg.dm<sup>3</sup> no Bloco-3 e de 37,74 mg.dm<sup>3</sup> no Bloco-4 (Tabela 5.4), sem variação significativa dos valores no trabalho de Correia *et al.* (2009).

Tabela 5.4 - Características agrônômicas do solo nos anos de 2011 e 2012

Data	Quadra	Lote	Cultura	Profundida (cm)	P (mg/dm <sup>3</sup> )	pH (1:2,5 H <sub>2</sub> O)	H+Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> /TFSA)	Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> /TFSA)	C (%)	Mat. Org. (%)	Sat. Ca <sup>2+</sup> (%)	Sat. Mg <sup>2+</sup> (%)	Sat. Na <sup>+</sup> (%)	Sat. K <sup>+</sup> (%)	
<b>B L O C O - 3</b>	27/06/12	22	3	Melancia Crismson Sweet Implantação 3,0x0,50	0-30	5,86	5,0	3,14	0,20	0,35	0,60	31,4	15,7	0,9	2,6
	20/07/12	32	8	Cebola IPA 11 Implantar Espaço: 0,10x0,10	0-20	43,80	7,6	0,00	0,00	0,89	1,54	87,1	10,0	1,2	1,7
	13/08/12	32	2	Melancia Crismson Sweet Implantar 3,0x0,50	0-20	33,34	4,9	2,48	0,15	0,55	0,95	32,5	16,3	2,1	8,9
	12/05/12	18	15	Melão 10-00 Implantar 1,60x,30	0-20	34,82	8,0	0,00	0,00	0,85	1,46	74,3	23,5	0,8	1,3
	22/09/12	10	1	Melancia Crismson Sweet Implantar	0-20	42,61	4,9	2,15	0,20	0,75	1,30	28,9	16,5	1,4	9,0
	27/06/11	06	3	Banana Pacovan 5Meses 3,0x0,3	0-30	72,54	5,1	2,97	0,15	0,59	1,01	31,9	18,2	0,5	4,2
	04/06/11	10	7	Melancia Crimson Syeet Implantação 3,0x0,50	0-20	8,53	4,9	1,32	0,20	0,40	0,70	22,2	13,3	0,8	5,2
<b>Média</b>					<b>34,50</b>	<b>5,8</b>	<b>1,72</b>	<b>0,13</b>	<b>0,63</b>	<b>1,08</b>	<b>44,0</b>	<b>16,2</b>	<b>1,1</b>	<b>4,7</b>	
<b>B L O C O - 4</b>	27/06/11	08	4-04	Cebola IPA 11 / Tomate Y/ Abóbora Jacartezinho. Implantar	0-20	25,28	8,5	0,00	0,00	0,78	1,35	81,1	12,2	5,9	0,7
	27/06/11	08	5-10	Coco Anão 11 anos 7,5x7,5	0-30	71,56	6,5	0,66	0,00	0,39	0,68	42,8	15,6	3,0	13,0
	27/06/11	031	5-04	Coco Anão 2,5 anos 7,5x7,5	0-30	25,14	6,5	0,99	0,00	0,55	0,95	41,4	23,7	1,7	3,9
	27/06/11	09	2-02	Coco Anão 11 anos 7,5x7,5	0-30	34,82	4,6	1,98	0,25	0,37	0,63	30,2	11,0	0,7	3,8
	09/07/11	10	2-03	Coco Anão verde 11 Anos 7,5x7,5	0-20	31,91	4,8	1,49	0,25	0,34	0,58	23,3	11,7	1,0	6,0
<b>Média</b>					<b>37,74</b>	<b>6,2</b>	<b>1,02</b>	<b>0,10</b>	<b>0,47</b>	<b>0,84</b>	<b>43,8</b>	<b>14,8</b>	<b>2,5</b>	<b>5,5</b>	

Fonte: Elaborada pela autora, 2014 (Base: Boletins de análises de solo Soloagri nos anos de 2011 e 2012).

O tipo predominante de solo na área do Perímetro é arenoso e com baixa fertilidade natural (EMPRAPA, 2004). Considerando o relevo da região, a ocorrência de solos argilosos está localizada nas cotas mais baixas, enquanto que nas cotas mais elevadas ocorre cobertura arenosa (SILVA, *et al.* 2011).

A Tabela 5.5 apresenta os teores de fósforo no solo do Bloco-3 do Perímetro de Icó-Mandantes, quantificados por Correia *et al.* (2009), que identificou a maior concentração desse nutriente nas camadas mais superficiais dos lotes onde estavam sendo desenvolvidas culturas de ciclo curto. As concentrações encontradas nas áreas de vegetação nativa, indica a condição natural de baixa fertilidade do solo da região.

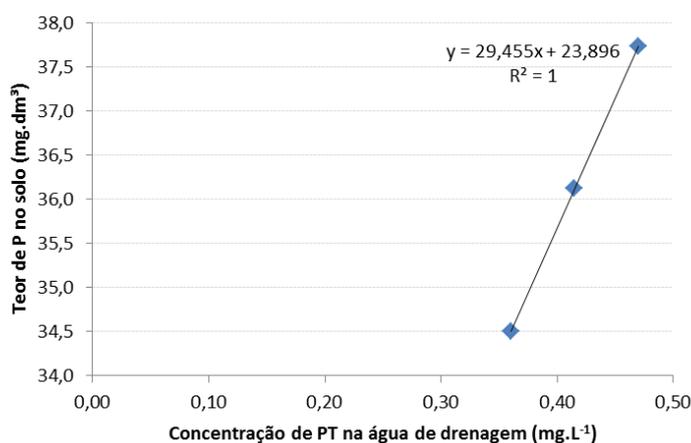
Tabela 5.5 - Teores de fósforo encontrados no solo do Bloco-3

Identificação de uso do solo	Teores de Fósforo nas camadas do solo (mg.dm <sup>-3</sup> )		
	0-10 cm	10-30 cm	30-60 cm
Área com Culturas de ciclo curto	42,1	39,7	7,3
Área com Fruticultura	28,5	15,2	5,9
Área de Pastagem	35,2	13,8	9,7
Área descartada	39,7	23,9	13,2
Média	36,4	23,2	9,0
Áreas de vegetação nativa (solo controle)	7,4	4,6	4,1

Fonte: Adaptado de CORREIA *et al.*, 2009.

A concentração de fósforo no solo e na água de drenagem agrícola apresentaram maiores valores para o Bloco-4. A Figura 5.5 apresenta o diagrama de correlação para o teor de fósforo nessas duas matrizes.

Figura 5.5 - Correlação entre as concentrações de fósforo no solo e na água de drenagem agrícola



Os incrementos observados nos teores de fósforo no solo e na água de drenagem agrícola apresentaram correlação positiva, ou seja, quando a concentração de fósforo no solo foi maior a concentração desse nutriente na água de drenagem também aumentou, indicando uma inter-relação entre essas duas matrizes. Muito embora, a quantidade de dados avaliados tenha sido pequena para avaliação de correlação mais consistente, o resultado é compatível com as condições de concentração de fósforo no solo levantadas por Correia *et al.* (2009).

#### 5.1.4 Aporte de fósforo na água de drenagem

A demanda de água para irrigação é influenciada por fatores como precipitação, evapotranspiração e o tipo de cultivo. Para os projetos de Perímetros Irrigados do sistema Itaparica, com solo predominantemente arenoso e que utilizam aspersão convencional para

irrigação, foi adotado a base de consumo de água em 16.500 m<sup>3</sup>/ha cultivado por ano. Esse valor é excessivo, quando comparado com outros perfis semelhantes de outras regiões e pode ser reduzido com a implementação de medidas de racionalização de uso da água ou substituição do sistema de irrigação para micro aspersão ou gotejamento.

No perímetro Irrigado de Icó-Mandantes, onde o solo também é predominantemente arenoso e o sistema de irrigação adotado inicialmente foi aspersão convencional, o volume médio anual de água aplicada nos lotes é de 23.800 m<sup>3</sup>/ha para o Bloco-3 e de 45.400m<sup>3</sup>/ha para o Bloco-4, registrando uma média geral para o Perímetro de 34.600m<sup>3</sup>/ha/ano. (SHÖPERT, 2014), valor muito superior ao consumo registrado em Apolônio Sales.

Considerando os valores de média da concentração de fósforo total na corrente de água de drenagem agrícola, do consumo anual de água para irrigação no Perímetro de Icó-Mandantes e do número de hectares cultivados anualmente, que em 2011, foi de 1.045ha, sendo 535 ha no Blocos-3 e de 510 ha no Bloco-4 (SHÖPERT, 2014), a quantidade estimada de fósforo total na água de drenagem é de 15 ton/ano.

Essa quantidade não representa o aporte direto no trecho do reservatório localizado na bacia de Icó-Mandantes, uma vez que, parte da água de drenagem evapora ou se infiltra no solo dos drenos escavado durante o percurso. No entanto, indica um potencial de reutilização desse elemento a partir de técnicas de reuso da água dos canais de drenagem.

De acordo com Tanji *et al.* (2002), a reutilização de água de drenagem traz muitas vantagens: a redução do uso de fertilizantes e defensivos e consequentemente redução de custos, bem como, redução do consumo de água. Existem duas opções para a reutilização da água de drenagem: em primeiro lugar, pode ser possível usar a água diretamente para a irrigação. Em segundo lugar, a água tem de ser tratada por processos simples de filtração ou diluída antes de utilizada para a irrigação. A reutilização direta depende da salinidade da água de drenagem.

Em campo foram observadas poucas iniciativas de reuso da água de drenagem, realizadas de forma rudimentar, por iniciativa dos agricultores e sem qualquer acompanhamento sistemático da qualidade da água. Dois casos estão ilustrados na Foto 5.1, ambos no Bloco-4.

No primeiro exemplo, os agricultores construíram, em 2013, um barramento no dreno D-14, localizado entre as Agrovilas 1 e 2 com o objetivo de reuso da água para irrigação dos lotes

próximos. De acordo com relatos dos agricultores locais, realizados durante aplicação dos questionários em janeiro de 2014, a reutilização da água é realizada com frequência.

Foto 5.1 – Técnicas adotadas para reuso da água de drenagem no Bloco-4



Mara Shöpert, 2013

Nailza Arruda, 2014

A segunda iniciativa observada foi realizada para um lote situado próximo a uma drenagem primária. Neste caso, o agricultor realizou um desvio no dreno para transferir a água até uma lagoa escavada construída dentro da propriedade, com objetivo de armazenar a água de drenagem e fazer o reuso para irrigação, mesmo sem ter maiores informações quanto à qualidade da água de drenagem iria prejudicar ou não a lavoura.

Porém, essa aplicação mostrou-se inviável em decorrência das manobras operacionais para bombeamento e irrigação, o tempo utilizado na operação e os custos com manutenção da bomba utilizada na transferência da água da lagoa até as culturas. Sendo assim, o agricultor decidiu utilizar o pequeno represamento para criação de peixe (tilápia) destinado a consumo próprio. Essa aplicação é mantida pelo agricultor e sua família.

## 5.2 LEVANTAMENTO DAS FONTES PONTUAIS

A identificação das principais fontes de fósforo para dentro de reservatório de Itaparica está baseada em aspectos das contribuições internas e externas descrita por Gunkel (2012) e foi concentrada no Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes e no núcleo urbano da cidade de Petrolândia, considerando a maneira de como ocorre seu lançamento nas águas represadas do reservatório de Itaparica, em fontes pontuais e difusas.

O lançamento de efluente tratado proveniente da geração de esgoto sanitário do núcleo urbano de Petrolândia foi à fonte pontual identificada no trecho estudado do reservatório.

Desde o início da operação das ETEs, houve um aumento no número de habitantes residentes na área urbana da cidade. Em 1996 o município tinha 22.309 habitantes e em 2014 esse número passou para 34.939 pessoas (CONDEPE-FIDEM, 2008; IBGE, 2014). No entanto, de acordo com informações dos técnicos da área de saneamento da Prefeitura de Petrolândia, ainda não foram instaladas ampliações no sistema de tratamento.

Além disso, é comum a descontinuidade operação da ETE-Oeste. Nas ocasiões das visitas de campo a ETE-Leste estava em funcionamento, mas o sistema ETE-Oeste foi observado fora de operação durante três ocasiões. Segundo técnicos da Prefeitura de Petrolândia, as paralizações foram devido a problemas no sistema de bombeamento da estação elevatória. Também para ETE-Oeste, não foi possível obter dados de monitoramento dos efluentes. Os efluentes tratados ou não, são lançados no reservatório de Itaparica e representam as duas principais fontes pontuais de aporte de fósforo no núcleo urbano da cidade de Petrolândia.

Para ETE-Leste, em 2010, foram levantadas informações quanto ao volume e teor de fósforo nos efluentes. A concentração média de fósforo total no esgoto bruto foi de  $5,3 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo que o teor desse nutriente aumentou para  $6,0 \text{ mg.L}^{-1}$  na corrente de efluente tratado, esse incremento na concentração de fósforo do efluente tratado foi atribuído a fatores como a condição de operação e ao acúmulo de sedimentos dentro das lagoas utilizadas para o tratamento (GONÇALVES, 2011).

A partir do número de habitantes na área urbana do município, e a geração “per capita” de 100L/dia com concentração de  $8 \text{ mg.L}^{-1}$ , que é o teor típico na corrente de esgoto sanitário e considerando que as estações de tratamento de esgotos em operação não fazem a remoção de fósforo, conforme indicado nos valores de concentração de fósforo total levantados por Gonçalves (2011). A contribuição do aporte de fósforo para dentro do reservatório de Itaparica é de 6.897 quilogramas por ano.

O aporte de fósforo proveniente do esgoto sanitário da cidade não é, necessariamente, suficiente para elevar o teor de fósforo nas águas do reservatório de Itaparica, mas em conjunto com a drenagem natural do terreno, contribui para o aumento da produção primária no trecho do reservatório mais próximo dessa estação de tratamento. Tal indicação é observada, visualmente, no trecho onde está situado o lançamento do efluente tratado da ETE-Leste, em função da diferença na coloração mais esverdeada da água, que fica numa condição

mais estagnada devido à estrutura e localização da ponte de acesso à cidade, e que é mais esverdeada (Figura 5.6).

O ponto de lançamento dos efluentes provenientes da ETE-Leste está localizado em uma das baías do reservatório, além disso, a ponte de acesso à cidade representa um obstáculo a mais para promoção da mistura dos fluxos da água. A água estagnada e rica em nutrientes favorece o crescimento de algas.

Figura 5.6 – Imagem da coloração da água do reservatório no trecho onde ocorre o lançamento dos efluentes tratados a ETE Leste, na cidade de Petrolândia



FONTE: Elaborado pela autora, 2013 (Base: Google Earth).

As alternativas para reduzir o aporte de fósforo proveniente do esgoto sanitário na cidade de Petrolândia passam por adaptações na rede coletora e melhorias tecnológicas e operacionais e das estações de tratamento de efluentes. A aplicação do efluente tratado para uso da agricultura irrigada também se apresenta como uma solução, já que a agricultura irrigada é uma atividade consolidada dentro do município. Porém, ações voltadas para reuso dos efluentes, ocorrem de forma incipiente e carácter apenas experimental.

### 5.3 LEVANTAMENTO DAS FONTES DIFUSAS

Formas difusas de poluição são resultantes de ações dispersas de diversas origens e podem ser provenientes do solo, das águas subterrâneas, da atmosfera e do escoamento superficial em áreas agrícolas ou urbanas e estão relacionadas ao uso e ocupação do solo (TOMAZ, 2006).

A maioria das fontes identificadas na área de estudo e que representam aporte de fósforo no reservatório de Itaparica, ocorrem de forma difusa e está relacionada à ocorrência de fatores internos ao reservatório como: i) o afluxo de nutrientes do rio São Francisco; ii) a mineralização da vegetação remanescente do reservatório; e iii) a produção extensiva e intensiva de peixes; bem como, a fatores externo, tais como: i) a exportação da agricultura irrigada; ii) ao arraste por escoamento superficial e de solo por processos erosivos e nos eventos de chuvas; e iii) em decorrência o esgotamento sanitário das áreas rurais.

Os dados obtidos do levantamento sobre as fontes difusas de fósforo para o reservatório de Itaparica no trecho estudado foram concentrados em um fator interno: a produção intensiva de peixe em tanques-rede; e nos seguintes fatores externos: drenagem na agricultura irrigada, esgotamento sanitário na área rural e na indicação de processos erosivos em função da expansão irregular das áreas cultivadas dentro do Perímetro de Icó-Mandantes.

#### 5.3.1 Agricultura irrigada

O aporte de fósforo para o reservatório de Itaparica decorrente do sistema de drenagem dos lotes agrícolas de Icó-Mandantes foi estimado, com base na média de consumo de água de  $34.600\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ , no número de hectares cultivados anualmente de 1.045 ha e na concentração de fósforo total encontrado na corrente de água de drenagem de  $0,4\text{mg.L}^{-1}$ , resultando numa contribuição teórica de 15 toneladas por ano, sendo que parte da água de drenagem evapora ou se infiltra no solo.

Da mesma forma que nos outros projetos de agricultura irrigada instalados no entorno do reservatório de Itaparica, Icó-Mandantes nasceu com a concepção de sistema de agricultura familiar para produzir no mínimo as necessidades de subsistência para as famílias reassentadas, e uma produção excedente que poderia ser comercializada. Dessa forma, foram indicadas, primeiramente, as lavouras temporárias, principalmente as que faziam parte da

“cultura” dos reassentados, tais com feijão de corda, feijão de arranca, amendoim, melancia, cebola, melão, tomate industrial e mandioca (CARVALHO *et al*, 2007).

Após cerca de vinte anos de implantação, uma parcela das famílias reassentadas continua vivendo sob os mesmos preceitos iniciais do projeto, mas como era de se esperar, muitos agricultores procuram aumentar a renda familiar intensificando os trabalhos no incremento de produção para comercialização. O uso de agroquímicos representava uma dificuldade para o agricultor, pois eram adquiridos em lojas especializadas nos centros comerciais de Petrolândia ou Floresta, mas nos últimos anos o uso desses produtos vem se intensificando na região em função da implantação do comércio de agroquímicos dentro das Agrovilas do Perímetro (Foto 5.2). As lojas de fertilizantes químicos e defensivos agrícolas existentes em Icó-Mandantes oferecem várias facilidades, desde a relação mais próxima com o agricultor, que em muitos casos é seu vizinho, até a prestação de serviço de assistência técnica e facilitam de crédito para pagamento dos produtos.

Técnicas rudimentares de aplicação de fertilizantes ainda são adotadas pelos agricultores, no entanto, outros métodos começam a serem utilizados, a exemplo da fertirrigação por gotejamento, onde os adubos minerais e defensivos são injetados na água de irrigação e os nutrientes diluídos são aplicados de forma a infiltrar no solo, predominando a absorção radicular e não foliar.

Foto 5.2 – Estabelecimentos comerciais nas agrovilas para venda de agroquímicos



Nessa técnica, o conhecimento do comportamento da mobilidade dos nutrientes no solo, a solubilidade do fertilizante e a incompatibilidade entre produtos, bem como a exigência da cultura durante o ciclo são fatores importantes a considerar no manejo, no entanto, observou-se que agricultores que adotam a técnica, não conhecem alguns desses aspectos básicos envolvidos, seguem as recomendações técnica, mas por iniciativa própria alteram produtos e concentrações das preparações. De forma geral, não é comum em Icó-Mandantes o uso de estratégias de controle e gestão quanto ao uso de fertilizantes.

A baixa escolaridade e deficiência e descontinuidades no serviço oferecido de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), contribuem para que o agricultor continue usando as mesmas práticas de adubação adotadas pelos seus antecedentes, não questionem as recomendações de aplicação dos produtos fornecidas pelas lojas de agroquímicos ou que não adotem estratégias de gestão do uso desses produtos. São comuns as observações de práticas de manuseio e estocagem inadequadas, que aumenta os riscos de perda dos produtos ou contaminações por derramamentos acidentais.

A educação dos jovens de Icó-Mandantes poderia estimulá-los e prepara-los para o desenvolvimento de práticas agrícolas adequadas à agricultura irrigada ou de sequeiro na região, no entanto, o projeto pedagógico da Escola Estadual de Icó-Mandantes, que oferece ensinios fundamental e médio, segue conteúdos programáticos padronizados estabelecidos pela rede estadual de ensino. Os temas que envolvem a agricultura local são trabalhados de forma transversal ou contextualizados dentro de cada disciplina em função da abordagem empregada por cada professor.

No contexto do aumento das áreas cultivadas no Perímetro Icó-Mandantes e com aumento na oferta e melhores condições de créditos para compra de agroquímicos, pode-se esperar um aumento na concentração de fósforo na água de drenagem agrícola se não forem implementadas melhorias de gestão quanto ao uso, manuseio e estocagem desses produtos.

### **5.3.2 Abastecimento de água e esgotamento sanitário na zona rural**

Na ocupação do Perímetro de Icó-Mandantes, norteadada pela ação de reassentamento de famílias, a distribuição da população em agrovilas planejadas, contribuiu para que a oferta dos serviços de abastecimento de água e tratamento de esgotos ficasse muito acima da média nacional, onde apenas 20% da população residente em áreas rurais são atendidas por tais serviços (SAIANI; TONETO JÚNIOR, 2010).

No perímetro estudado, o saneamento foi concebido com base em sistemas simplificados e descentralizados (SOBRAL, 2011) e 100% das famílias reassentadas dispõem de abastecimento de água. São 16 agrovilas e a água bruta é proveniente exclusivamente do lago de Itaparica em 14 delas. Apenas nas agrovilas 4 e 6 do Bloco-4, o abastecimento é complementado ou realizado com água subterrânea. Sendo a agrovila 6, a única situada no município de Floresta e nela a captação, tratamento e distribuição da água ocorre a partir de

poços profundos, que são mantidos e geridos por militares da base temporária do Exército Brasileiro que funciona na agrovila.

Nas demais agrovilas inseridas nos limites do município de Petrolândia, o tratamento e distribuição da água, o esgotamento sanitário e a coleta e disposição final dos resíduos sólidos são responsabilidades do governo municipal.

Cada agrovila tem uma Estação de Tratamento de Água (Foto 5.3), todas inicialmente instaladas pela CHESF durante a construção das agrovilas. O tratamento adotado consiste em etapas de filtração seguida de desinfecção com hipoclorito de sódio. Depois a água tratada é bombeada para reservatórios elevados (caixas d'água) para que a distribuição para residência seja feita por gravidade. Na maioria dos casos o operador responsável pela estação é um morador da agrovila, contratado pela Prefeitura.

Foto 5.3 – Estações de Tratamento de Água instaladas nas Agrovilas



Nailza Arruda, 2013



Nailza Arruda, 2013

Originalmente, as instalações hidrossanitárias ficavam do lado externo da casa e em cada residência havia uma torneira para distribuição da água tratada proveniente da ETA. Com o crescimento da população e expansão das moradias, esse padrão construtivo foi sendo modificado (Foto 5.4). Houve o aumento da área construída das residências para acomodar melhor os membros da família ou novas residências foram construídas no terreno contíguo às casas originais para abrigar a família de filhos e netos dos reassentados.

Em relação às condições de uso da água: i) 16% das casas mantêm a estrutura original, onde os moradores não têm água encanada dentro de casa e usam a torneira externa para abastecer depósitos para armazenagem; ii) 84% dos moradores fizeram reformas ou ampliaram as residências e instalaram água canalizada em pelo menos um cômodo no interior da casa; e iii)

em 6% dos domicílios foi observado a utilização da água desviada do sistema de irrigação dos lotes agrícolas. Na Foto 5.5 são apresentadas algumas dessas condições.

Foto 5.4 – Estrutura construtiva e hidrossanitárias das casas nas Agrovilas



Nailza Arruda, 2013



Nailza Arruda, 2013

Foto 5.5 – Estrutura construtiva e hidrossanitárias das casas nas Agrovilas



Nailza Arruda, 2013



Nailza Arruda, 2013

Foi observado que começam a se intensificar conflitos em relação à disponibilidade de água tratada, na maioria devido à redução na vazão ocasionada por desvios na rede de distribuição realizada de forma clandestina para atender ao aumento no número de ocupações irregulares que veem se instalando nos terrenos das agrovilas como processo de invasão habitacional (Foto 5.6). Além disso, alguns moradores utilizam água para a criação de animais em pocilgas ou estábulos e cultivam hortas e pequenas plantações no entorno das residências.

Quanto à conscientização para o uso racional da água, é possível observar em uma mesma agrovila, o paradoxo: problemas de falta de água tratada em parte das residências e cenas de desperdício, principalmente nas casas, onde os moradores, irregularmente, instalaram sistema de tubulações e utilizam água bruta proveniente dos lotes agrícolas.

Foto 5.6 – Ocupações irregulares no entorno da Agrovila 2 no Bloco-4



Fonte: Elaborada pela autora, 2014 (Base: Google Earth)

Nailza Arruda, 2013

O volume de esgoto sanitário gerado por domicílio está relacionado com a maneira como é realizada a distribuição interna da água para os cômodos da casa. Quando não há canalização da água para dentro da residência, observa-se um menor volume de águas residuárias, ou águas cinzas, que é lançado em valas no solo, direcionado para fruteiras plantadas no quintal ou que alcançam os canais de drenagem instalados nas proximidades das agrovilas.

Após 20 anos de implantação do projeto, foi observado em cerca de 70% das casas mantêm as mesmas estruturas de fossas construídas pela CHESF em 1994, onde o banheiro na parte externa da casa está interligado a um sistema rudimentar para disposição de esgoto constituído de uma fossa absorvente. Em 27% dos domicílios pesquisados, os moradores construíram novas fossas rudimentares por motivos de deterioração dos sistemas antigos, reformas nos domicílios, divisão do imóvel para abrigar família de seus filhos e parentes, ou ainda, pela construção de novas casas nos terrenos ou em áreas irregulares. Em 3% dos domicílios não existe fossas e a corrente de esgotos é direcionada para valas no solo. Tal condição foi observada principalmente, nas construções irregulares construídas no entorno das agrovilas (ARRUDA *et al.*, 2013). A Foto 5.7 ilustra a) a condição original de instalação das fossas rudimentares; b) o desvio das águas cinzas para o terreno nas casas; e c) nossas construções de fossas rudimentares construídas pelos moradores.

Para as 208 famílias pesquisadas, o número de pessoas por residência está distribuído da seguinte forma: i) em 55% das casas moram até 7 pessoas; ii) 31% abrigam até 3 pessoas; e iii) apenas em 14% dos domicílio o número é maior que 7 pessoas por residência.

Foto 5.7 – Fossas rudimentares instaladas nas casas das agrovilas



Nailza Arruda, 2013

Nailza Arruda, 2013

Nailza Arruda, 2013

Considerando o número inicial de 657 famílias assentadas em Icó-Mandantes, a média de 5 pessoas por domicílio e adotando-se a geração “per capita” de 100 litros de esgoto/dia (ABES, 2009) e concentração típica de fósforo total no esgoto sanitário de  $8 \text{ mg.L}^{-1}$  (OLIVEIRA; SPERLING, 2005), a carga difusa de fósforo proveniente do esgoto da população das agrovilas é de 0,96 toneladas por ano, podendo chegar a 1,5 toneladas para um número estimado de 1.000 famílias, que retrata melhor a atual realidade populacional desse Perímetro.

Tendo em vista a disposição dos esgotos no solo e a baixa mobilidade do fósforo, apenas uma parcela muito reduzida dessa contribuição chega ao reservatório de Itaparica. No entanto, de acordo com relatos dos moradores, nos casos de entupimentos e transbordos das fossas, o esgotamento e limpeza dos sistemas é realizado através de caminhões limpa-fossas, que comumente descarregam nos canais de drenagem.

Não foi possível observar a ocorrência dessa situação durante as visitas de campo. O descarte de esgoto sanitário nos sistema de drenagem agrícola, aumenta o potencial de aporte de fósforo no reservatório de Itaparica.

### 5.3.3 Processos erosivos

As práticas de aração e gradagem empregadas na agricultura para o preparo do solo implicam desagregação das camadas superficiais e aumento do risco de erosão hídrica do solo com consequente transporte dos nutrientes.

A necessidade de movimentação do solo está relacionada ao tipo de espécies plantadas. No Perímetro de Icó-Mandantes, para as culturas denominadas de ciclo curto, tais como abóbora, melancia e feijão, são realizadas uma aração e duas gradagens no preparo do solo, no início de cada cultivo, duas a três vezes ao ano, caracterizando este sistema como de grande

movimentação de solo. Para as áreas de fruticultura, cultivadas predominantemente com bananeira, coqueiro, goiabeira e mangueira, a aração e gradagem ocorrem apenas para implantação das culturas (CORREIA, *et al.*, 2009).

Além das técnicas agrícolas de manejo, outros fatores interferem nos processos erosivos, tais como, o tipo de solo e as características do relevo da região, principalmente no que diz respeito à declividade. Em Petrolândia, as classes de relevo e declividade predominante são de suave ondulado (SILVA *et al.*, 2009) e a ocorrência de solos argilosos é localizada nas cotas mais baixas, enquanto que nas cotas mais elevadas ocorre cobertura arenosa (SILVA, 2011).

A determinação da carga difusa de fósforo para o reservatório de Itaparica decorrente de processos erosivos não é uma tarefa fácil. É preciso considerar além das condições que ocorrem as chuvas na região, a interferência de muitas variáveis associadas ao teor e as formas de fósforo no solo e recorrer a métodos de modelagem matemática. No entanto, avaliações comparativas quanto à concentração desse nutriente no solo pode representar uma indicação importante quanto ao potencial de impacto nos corpos hídricos.

Partindo desse princípio, foram avaliados laudos de análises agronômicas do solo dos lotes de Icó-Mandantes realizadas nos anos de 2011 e 2012 para camadas do solo de 0-20 cm e 0-30 cm. Os resultados identificaram média nos teores de fósforo de  $34,5 \text{ mg.dm}^{-3}$  nos lotes do Bloco-3 e  $37,7 \text{ mg.dm}^{-3}$  para os lotes do Bloco-4. Essas concentrações são compatíveis com os teores identificados por Correia *et al.* (2009) na camada mais superficial (0-10 cm) no solo dos lotes agrícolas do Bloco-03, sendo: i)  $42,1 \text{ mg.dm}^{-3}$  nos lotes destinados às culturas de ciclo curto;  $28,5 \text{ mg.dm}^{-3}$  nos lotes cultivados com fruticultura; e iii)  $7,4 \text{ mg.dm}^{-3}$  nas áreas de vegetação nativa (caatinga), sem intervenção humana nem histórico de cultivo agrícola.

Observações realizadas em campo, identificaram que os processos erosivos podem se intensificar em Icó-Mandantes devido da expansão irregular das áreas cultivadas com irrigação, sobretudo nas faixas destinadas às áreas de agricultura de sequeiro e reservas legais, especificamente na áreas de reserva legal próxima de lotes agrícolas a vegetação de caatinga é retirada para dar espaço ao cultivo irrigado (Foto 5.8).

As justificativas mais apontadas pelos agricultores para a expansão irregular da agricultura irrigada nas áreas de sequeiro e reservas legais é a insuficiência de área agrícola para viabilizar os custos de produção com insumos e mão de obra ou para garantir o sustento das famílias dos filhos e netos dos reassentados.

Foto 5.8 – Expansão irregular da agricultura irrigada nas áreas de sequeiro e reserva legal



Nailza Arruda, 2013



Nailza Arruda, 2014

Neste contexto, fica evidenciado que no perímetro estudado, os teores de fósforo nos solos cultivados são mais elevados que nos solos ocupados por vegetação nativa na região e que a expansão da agricultura irrigada para as áreas de sequeiro e de reserva legal representam aumento do aporte de fósforo para dentro do reservatório de Itaparica em decorrência de processos erosivos no cenário de médio a longo prazo.

#### 5.3.4 Piscicultura em tanques-rede

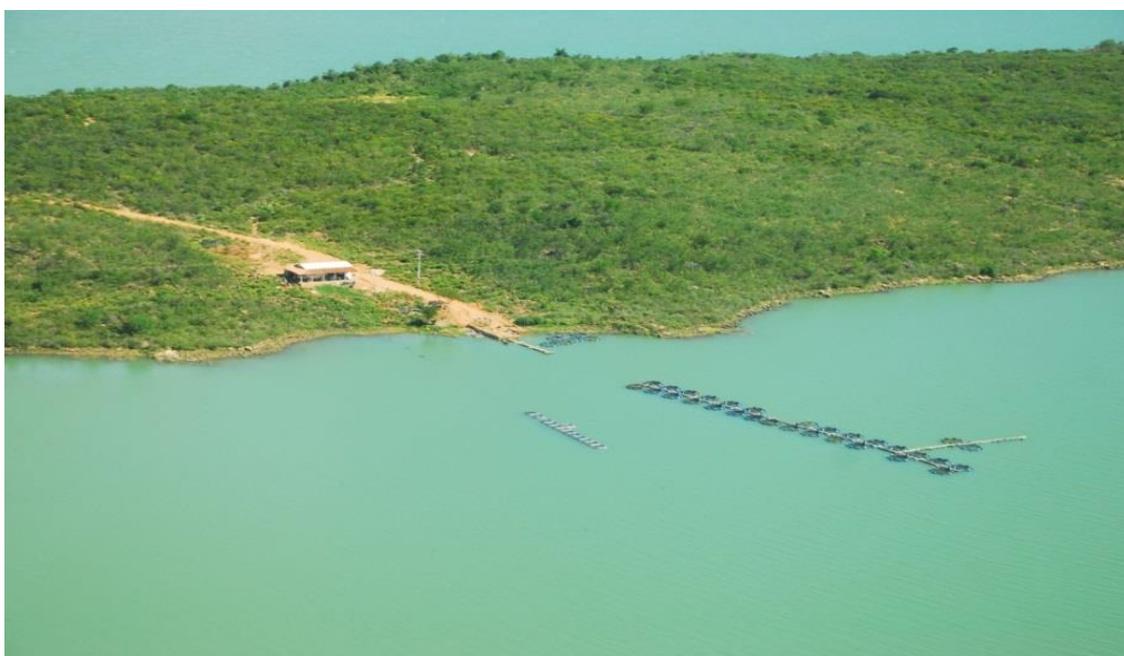
Outra fonte difusa de fósforo para o reservatório é proveniente da atividade de aquicultura, mais concentrada nos trechos a montante (Itacuruba) e a jusante (reservatório de Moxotó) do local estudado. No entanto, a piscicultura intensiva com a utilização de tanques-rede flutuantes instalados dentro do reservatório no trecho inserido no município de Petrolândia vem aumentando nos últimos cinco anos como uma alternativa de renda para a população, incentivada por programas e financiamentos governamentais (Foto 5.9).

Aureliano *et al.* (2007), analisou 64 solicitações de licenciamento ambiental para atividade de aquicultura protocoladas na CPRH entre os anos de 2005 a 2007 (Tabela 5.6). Desse total, 34% (22 solicitações) eram para operação nos reservatórios de Itaparica e Moxotó. Sendo uma dessas licenças com caráter de fomento a atividade, uma referente à produção de alevinos, e 20 para produção de pescado com a tecnologia de tanques-rede, divididas em doze para o reservatório de Itaparica e seis para o reservatório de Moxotó. Na ocasião, somadas as solicitações demandadas nestas barragens da CHESF, o autor obteve a produção potencial de 21.304 toneladas por ano, sendo, 14.404 toneladas por ano proposto para o reservatório de Itaparica, com maior concentração no município de Itacuruba.

Considerando dados de Aureliano *et al.* (2007), apenas um empreendimento de produção em tanques-rede foi proposto para Petrolândia, a criação da Associação dos Criadores de Peixe da Serra, com solicitação de Licença Prévia e potencial para produzir 570 toneladas por ano.

Outros empreendimentos previstos para este município estão relacionados com a produção de alevinos ou armazenamento e frigorífico e não diretamente com a produção em tanques-rede. Ou seja, até 2007 no trecho do reservatório de Itaparica situado dentro do município de Petrolândia tinha um único empreendimento aquícola em fase de licenciamento.

Foto 5.9 – Criação intensiva de peixes em tanques-rede dentro do reservatório de Itaparica nos limites do município de Petrolândia



Fonte: PETROLÂNDIA, 2012

Nos últimos anos o número de empreendimentos aquícolas tem aumentado na região, principalmente em Itacuruba, que vem recebendo investimentos de infraestrutura para concentrar atividade na vila do Coité.

Em Petrolândia, essa atividade também registra crescimento expressivo. Sete anos depois que a CPRH concedeu a primeira LP para produção de peixe em tanques dentro do reservatório de Itaparica no município, o número de empreendimentos em processo de licenciamento ou licenciados passou de um para nove. A Tabela 5.7 apresenta a descrição desses empreendimentos e as licenças ambientais concedidas entre os anos de 2010 a 2014.

Tabela 5.6 – Relação das licenças ambientais para empreendimentos aquícolas no reservatório de Itaparica requeridas à CPRH entre os anos de 2005-2007

Nº	Nº Processo	Empreendedor	Município	Barragem	Licença	Produção (ton/ano)
1	04287/06	Secretaria de produção rural e Reforma Agrária CONSAD - Consórcio de segurança Alimentar. Projeto Qualicampo	Carnaubeira da Penha, Petrolândia, Itacuruba e Jatobá.	Itaparica e Moxotó	Autorização	-
2	02161/06	Pescanova Brasil LTDA (Tanques-Rede)	Itacuruba/Coité	Itaparica	LP	1.500
3	04349/06	Empaf - Emp. de Armazenagem Frigorífica/NETUNO	Petrolândia	Itaparica	LP	2.800
4	03732/06	Empaf – NETUNO	Itacuruba	Itaparica	LP	2.800
5	04351/06	Empaf – NETUNO	Petrolândia	Itaparica	LP	2.800
6	03733/06	Ricardo Antônio Lustosa da Silva - Fazenda Canta Galo	Belém de São Francisco	Itaparica	LO	120
7	01800/06 e 08938/06	Itacuruba Aquicultura LTDA. empresa municipal, Fazenda ITA 18	Itacuruba	Itaparica	LI	300
8	01798/06 e 08939/06	Itacuruba Aquicultura LTDA empresa municipal, Fazenda ITA 19	Itacuruba	Itaparica	LI	300
9	01801/06 e 08936/06	Itacuruba Aquicultura LTDA empresa municipal, Fazenda ITA 17	Itacuruba	Itaparica	LI	300
10	01802/06 e 08933/06	Itacuruba Aquicultura LTDA/Netuno, Fazenda ITA 16	Itacuruba/coité	Itaparica	LO	300
11	01797/06 e 08932/06	Itacuruba Aquicultura LTDA/Netuno, Fazenda ITA 15	Itacuruba/coité	Itaparica	LO	300
12	05551/06	Necton Piscicultura LTDA	Jatobá	Moxotó	LP	2.800
13	07682/05 e 05314/06	Associação de Pequenos Criadores de Peixes, Sítio Martelo - Padre 2	Jatobá	Moxotó	LO	260
14	07683/05 e 05312/06	Associação de Jovens Criadores de Tilápias, Sítio Santa Rita - Padre 3	Jatobá	Moxotó	LO	260
15	07684/05 e 05313/06	Associação de Novos Criadores de Tilápias, Sítio Santo Antônio - Padre 4	Jatobá	Moxotó	LO	260
16	07791/06	Netuno Alimentos S/A	Jatobá	Moxotó	LP	2.800
17	07473/06	Netuno Alimentos S/A	Petrolândia	Itaparica	LP	Alevinos
18	08064/05	Associação dos trabalhadores autônomos de Jatobá- ATAJ	Jatobá	Moxotó	LI	Parado
19	06744/05 e 9310/06	Associação Jovens Criadores de Peixes, Sítio Santo Antônio – Padre 1	Jatobá	Moxotó	LO	260
20	1051/07	Associação Boa Esperança, Sítio Marí - Padre 5	Jatobá	Moxotó	LP	260
21	2203/07	Tilápia do Agreste, Coité	Itacuruba	Itaparica	LP	2.314
22	4015/07	Associação dos criadores de peixe da serra	Petrolândia	Itaparica	LP	570
<b>Total</b>						<b>21.304</b>

Fonte: AURELIANO *et al.* (2007)

O arranjo produtivo da piscicultura em Petrolândia teve início em 2006, a partir da organização e fomento das seguintes organizações: governos estadual e municipal, as Associações de pequenos produtores, o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), a Diocese de Jatobá e o Banco do Brasil. Em 2009 a Prefeitura criou o “Programa da Pesca”, instalando a Secretaria Especial da Pesca. Nesta época também foi reativado o Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável de Petrolândia (COMDESPE) e as associações de piscicultores se apropriaram deste espaço institucional de discussão para tratar de seus problemas e buscaram soluções (ROCHA; VITAL, 2012).

Tabela 5.7– Licenças ambientais concedidas pela CPRH para empreendimentos aquícolas dentro no município de Petrolândia entre os anos de e 2010-2014

Nº	Empreendedor	Tipo da Licença	Nº da Licença	Data de Emissão	Nº de tanques	Volume útil total (m³)
1	Associação dos Criadores de Peixe da Serra	LI	01.11.11.005980-9	09/11/2011	70	1.087,5
2	Associação dos Piscicultores do Serrote Preto – APS	LI	01.11.11.006051-5	11/11/2011	60	1.087,5
3	Associação Agropesque São Francisco – AASF	LI	01.11.11.006018-8	11/11/2011	60	1.087,5
4	Associação dos Pequenos Criadores de Peixe do Largo do Papagaio	LI	01.11.11.005976-2	09/11/2011	75	1.087,5
5	Associação dos Criadores de Peixe do Sítio Brejinho de Fora	LI	01.11.11.005983-0	09/11/2011	75	1.087,5
6	Francisco Alves Gusmão	LI	01.10.06.026508-7	21/06/2010	200	2.500,0
7	Francisco Alves Gusmão	LO	03.10.10.033296-4	21/10/2010	200	2.500,0
8	Francisco Alves Gusmão	LO	03.13.06.002447-4	27/06/2013	200	2.500,0
9	Associação Agropesque São Francisco – AASF	LO	03.13.12.005351-2	17/12/2013	60	1.087,5
10	Associação dos Pequenos Criadores de Peixe do Largo do Papagaio	LO	03.14.01.000136-1	10/01/2014	75	1.087,5
11	Associação dos Piscicultores Amigos de Petrolândia	LP	02.11.11.006016-1	11/11/2011	70	1.078,0
12	Associação dos Piscicultores Amigos de Petrolândia	LP	02.11.11.000094-7	08/11/2014	70	1.078,0
13	Associação dos Aquicultores de Petrolândia	LP	02.13.10.004461-8	29/10/2013	100	1.400,0
14	Severino Gomes Ferreira	LP	02.14.05.002795-9	29/05/2014	50	600,0

Fonte: Adaptado de CPRH, 2015.

Essa articulação possibilitou o fortalecimento da piscicultura no município, que recebeu investimentos do governo do Estado, através do Programa Estadual de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (ProRural), da ordem de 350 mil reais para as associações de pequenos produtores (PERNAMBUCO, 2011). Esses fatos justificam o maior número de solicitações e concessões de licenças de instalação concentradas nos anos de 2010 e 2011.

Dentre os nove diferentes empreendimentos licenciados ou em fase de licenciamento, sete são constituídos de associações de pequenos produtores e dois pertencem a particulares. O número de tanques que já obtiveram algum tipo de licença é de 760 tanques-rede, com tamanhos que variam de 4 a 10m<sup>2</sup> de área. Na Foto 5.10 são apresentadas imagens: a) da criação de tilápia em tanques-rede; e b) do depósito de ração na Colônia de Pescadores.

Considerando-se a referência de produtividade de tilápias em tanques-rede, descrita do Manual de Criação de Peixes em Tanques-Rede (CODESVASF, 2013), que já incluindo as perdas, indica uma produção de 100 kg de peixe por metro cúbico por ciclo e dois ciclos de produção por ano. Assim, é possível calcular o potencial de produção dessa atividade em Petrolândia, adotando-se com base o volume de 11.015,5m<sup>3</sup> referente ao somatório dos volumes úteis dos empreendimentos que obtiveram alguma licença ambiental no período de 2010 a 2014. Desta forma calcula-se o potencial de produção em 2.203 toneladas por ano, o que representa um aumento de 386% da produção potencial levantada para o ano de 2007.

Foto 5.10 – Imagens da estrutura da atividade de piscicultura em Petrolândia



Fonte: PERNAMBUCO, 2011



Fonte: PERNAMBUCO, 2011

A perspectiva de aumento da produção intensiva de peixes no município ganhou reforço em novembro de 2014 com a inauguração do Centro de Referência do IF Sertão-PE em Petrolândia que oferece o curso Técnico em Aquicultura, inserido no âmbito do Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec).

Nem todos os empreendimentos aquícolas de Petrolândia estão devidamente licenciados. Atualmente existem dez (10) organizações, entre elas associações de pescadores e outras de produtores familiares, todas estão regularizadas como pessoas jurídicas. Deste montante, nove associações já receberam a outorga d'água da Agência Nacional de Águas (PERNAMBUCO, 2011, ROCHA; VITAL, 2012).

A metodologia utilizada pela ANA para análise de pedidos de outorga para piscicultura em tanque-rede, baseia-se na estimativa da carga admissível e concentração máxima permitida de fósforo no reservatório, estimadas por modelos matemáticos simplificados e concentrados, de modo a restringir o efeito de eutrofização no reservatório. Para o reservatório de Itaparica, o cálculo da Capacidade de Suporte do Reservatório de Itaparica elaborado pela ANA para subsidiar a emissão da Outorga, permite uma produção máxima anual de tilápias de 43.267 toneladas por ano, enquanto que para o lago de Moxotó está previsto suportar uma produção máxima anual de tilápias de 57.260 ton/ano (AURELIANO *et al.*, 2007).

Segundo Ferreira Junior (2011), o modelo de Beveridge é o método utilizado pela ANA e pelo Ministério da Aquicultura e Pesca (MAPA) para estimar o aporte de fósforo em reservatórios onde são instalados ou avaliados empreendimentos aquícolas. Para esse modelo são considerados os seguintes aspectos para cálculo: i) a fração de fósforo dissolvido e perdido para o sedimento em função das características hidrológicas do reservatório; ii) a fração de fósforo permissível de aporte de fósforo oriundo do cultivo; iii) a variação aceitável nas concentrações de fósforo em ambiente lântico considerando a legislação vigente; e iv) a biomassa de peixe cultivável.

De forma geral, os resíduos da ração ofertada, as perdas, as práticas inadequadas de manejo e as fezes dos indivíduos cultivados são os principais fatores contribuintes para o aporte de fósforo da atividade. Neste contexto, estudos indicam que 32% de todo fósforo empregado na criação de peixes em tanques-rede, são utilizados para o metabolismo dos peixes e os 68% restantes são transferidos para o meio, aumentando o potencial de eutrofização. Essa proporção é de 10-20 kg de fósforo liberados para o ambiente para cada tonelada de tilápia produzida em tanques-rede (FERREIRA JUNIOR, 2011).

Partindo dessa premissa e considerando uma média de aporte de 15 kg de fósforo por tonelada de peixe, bem como, uma produção potencial de 2.203 toneladas por ano em Petrolândia, estima-se que a carga de fósforo proveniente de tanques-rede situados apenas no município é 33 toneladas de fósforo por ano.

Com base nos investimentos governamentais e na infraestrutura de apoio aos pequenos criadores, a aquicultura em Petrolândia vive um momento de expansão, transformação e consolidação. Neste cenário é imprescindível considerar que os tanques-rede são sistemas de

produção que são parte integral do ambiente. Portanto, devem ser conduzidos de forma responsável com o objetivo de reduzir seus impactos ambientais.

No Brasil a Embrapa (2003) desenvolveu um manual de Boas Práticas de Manejo (BPMs) para a Produção de Peixes em Tanques-rede e desde 2012 vem aprimorando um sistema informatizado para a gestão ambiental da aquicultura, com foco no cultivo de tilápia, para apoiar às Boas Práticas de Manejo, denominado AQUISYS (EMBRAPA, 2012).

#### 5.4 OCORRÊNCIA DE FÓSFORO NO SEDIMENTO DE FUNDO

Dentro do reservatório de Itaparica, especificamente na baía de Icó-Mandantes, as condições do fluxo principal da são diferente das condições do fluxo principal do rio São Francisco. A água da baía é quase estagnada e a troca de água ocorre com pequena velocidade, sendo a interação de fluxo baía e rio desprezível (ÖZGEN *et al.*, 2013).

Se por um lado, essa condição protege a baía do aporte de fósforo oriundo do fluxo do rio São Francisco, por outro, concentra o recebimento das cargas difusas provenientes do uso e ocupação do entorno da baía, principalmente do Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes, onde a drenagem natural e o sistema de drenos agrícolas são direcionados para dentro da baía. Lopes *et al.* (2013) registraram a ocorrência de massas representativas de macrófitas imersas ou emersas na baía de Icó-Mandantes, principalmente nas áreas de confluência com córregos das margens, com profundidade de 2 a 7 m.

Selge *et al* (2013) estudou as características morfométricas da Baía de Icó-Mandante e a flutuação sazonal de nível de água causada pelo aumento da evaporação durante os períodos de verão e concluiu que a qualidade da água é fortemente influenciada pelo uso e ocupação do solo no entorno da baía. O autor destacou também a contribuição da degradação temporária de macrófitas no processo de eutrofização, pois essas plantas aquáticas crescem principalmente em áreas rasas e com o recuo das águas do reservatório durante o verão elas morrem juntamente com invertebrados associados (mexilhões, caramujos, larvas de insetos, etc.). Essa biomassa fica depositada no solo e com o aumento no nível da água ou infiltração de água devido à precipitação, representa a liberação de nutrientes e detritos para dentro do lago.

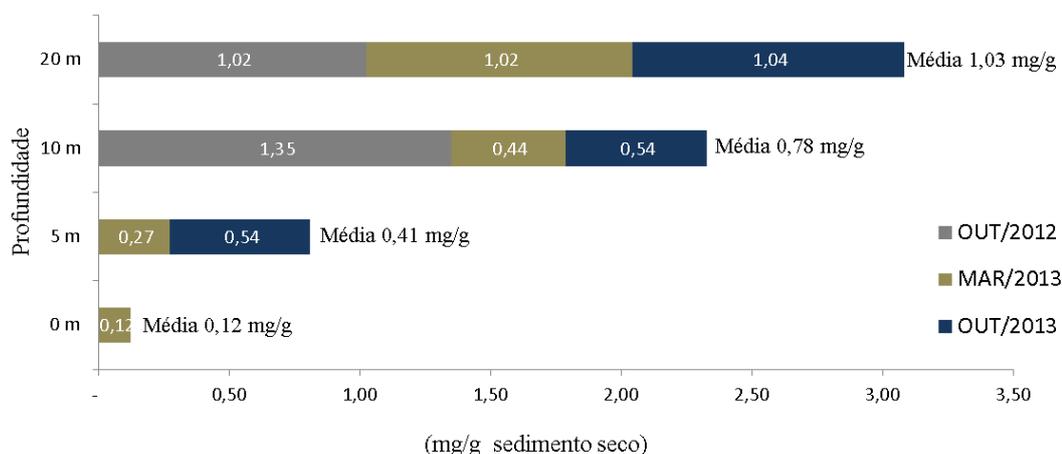
A estratificação térmica nesse trecho do reservatório indica que na coluna d'água, a mistura de camadas quimicamente divergentes (hipolímnio, epilímnio e termoclima) ocorre de forma

parcial, limitada ao epilímnio e que leva à estratificação complexa e múltipla do termoclima (SELGE *et al.*, 2013). Teoricamente, a alteração intermitente da espessura epilímnio durante estratificação leva a troca de água entre epilímnio e o hipolímnio e essa mistura vertical parcial, induz a uma maior interação água-sedimentos de fundo.

Quando há formas reativas de fósforos (biodisponíveis) na complexa composição dos sedimentos de fundo e interações suficientes dos sedimentos com a coluna de água, ocorre a liberação de fósforo para água que pode induzir à eutrofização do sistema aquático (FRANZEN, 2009; SCHENATO, 2009; FONSECA *et al.*, 2006; HUPFER e RUBE, 2004).

Os teores de fósforo total encontrados nos sedimentos de fundo da baía de Icó-Mandantes foram representativos para fósforo total em peso seco de sedimento (Gráfico 5.1), as maiores médias foram observadas nas maiores profundidade, sendo: 1,03 mg/g para os sedimentos de fundo retirados na profundidade de 20m; 0,78mg/g para profundidade de 10m; 0,41 mg/g na profundidade de 5m e; o menor teor foi registrado para o sedimento da margem com zero de profundidade com de 0,12 mg/g.

Gráfico 5.1 – Concentrações de fósforo total nos sedimentos de fundo da baía de Icó-Mandantes



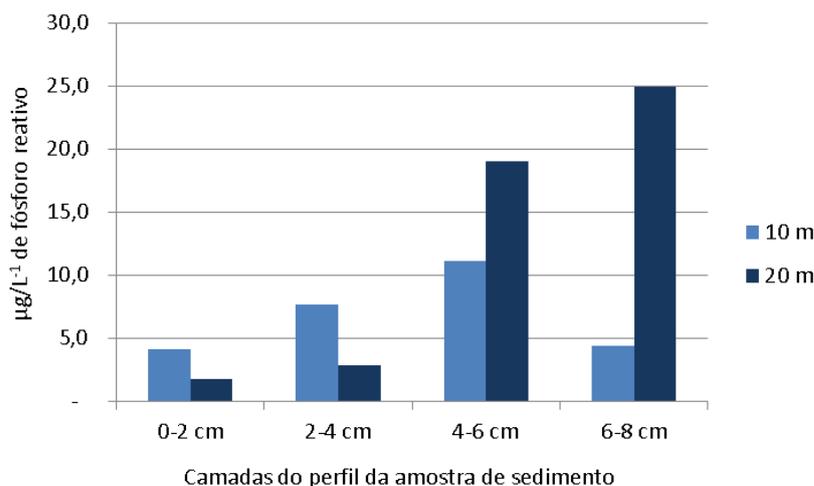
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Silva e Araujo (2005) analisaram teores de fósforo total em lotes de um perímetro irrigado do semiárido do Rio Grande de Norte considerado fértil e encontraram média de 0,09 mg/g de fósforo total no solo. Porém, outros atributos químicos do solo estudado pelos autores, indicavam que a fração reativa, ou biodisponível, de fósforo era representativa.

Para a baía de Icó-Mandantes foram avaliados os teores de fósforo reativo na água intersticial dos sedimentos de fundo retirados das profundidades de 10m e 20m, conforme apresentado na Tabela 5.8. A média registrada foi de  $9,48 \mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo reativo ou biodisponível, o que é relativamente baixo quando considerado ao padrão legal de  $30 \mu\text{g.L}^{-1}$  estabelecido para fósforo total em corpos hídricos Classe 2, caracterizados para ambientes lânticos.

O Gráfico 5.2 apresenta as concentrações de fósforo reativo na água intersticial considerando as camadas do perfil de deposição dos sedimentos, sendo a camada de 0-2cm a mais superficial da amostras coletada com amostrador perfilar. Para os sedimentos retirados a 10 metros de profundidade houve um acréscimo na concentração nas camadas 0-2cm, 2-4cm e 4-6cm e um decréscimo na última camada de 6-8cm. Já para o perfil dos sedimentos extraídos na profundidade de 20m houve acréscimo no teor de fósforo reativo na água intersticial da primeira a última camada.

Gráfico 5.2 - Concentração de fósforo total e fósforo disponível na água intersticial



Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

É importante destacar que a investigação dos teores de fósforo no sedimento de fundo da baía de Icó-Mandante teve uma característica pontual e a finalidade de complementar a análise integrada do aporte desse nutriente no trecho estudado do reservatório. No entanto, os resultados apontam para a ocorrência do aporte de fósforo dentro da baía de Icó, mas que em função das características e complexas interpelações entre a matriz sedimento e a coluna de água esse fósforo encontra-se pouco biodisponível no sistema, mas representa uma reserva importante que pode ser liberada para água do reservatório a médio e longo prazo.

Ocorrência de macrófitas, principalmente nas áreas mais rasas e de confluência com córregos das margens pode ser uma indicação que o fósforo prontamente assimilável pelos produtores primários, é consumido por essas plantas aquáticas e a parcela de fósforo adsorvida às partículas de solo terminam se depositando no fundo do reservatório.

Tabela 5.8 - Concentrações de fósforo total e fósforo disponível encontradas nos sedimentos de fundo do reservatório de Itaparica

Identificação	Coordenadas geográficas	Data coleta	Profundidade	Camadas sedimento	Matéria orgânica (%)	Fósforo total (mg/g sedimento seco)	Fósforo reativo na água intersticial ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
P1	Latitude: 8°49'4.50"S Longitude: 38°24'54.54"W	02/10/2012	10m	0-2 cm	13,14	1,02	4,1
				2-4 cm		1,3	7,7
				4-6 cm	14,64	2,05	11,1
				6-8 cm		1,02	4,4
P2	Latitude: 8°50'17.90"S Longitude: 38°27'21.30"W	01/10/2012	20m	0-2 cm	16,01	1,28	1,8
				2-4 cm		1,05	2,9
				4-6 cm	24,91	0,93	19
				6-8 cm		0,82	24,9
Média					17,18	1,18	9,48

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Estratégias preventivas e integradas de re-oligotrofização, que o processo de diminuição de nutrientes em ecossistemas aquáticos para retorno ao estado original ou de menor trofia (GUNKEL, 2012), podem ser adotadas para a baía de Icó-Mandantes, dentre as quais destaca-se a redução do uso de fertilizantes agrícolas e a aplicação de ferramenta de gestão para as práticas de fertilização do solo.

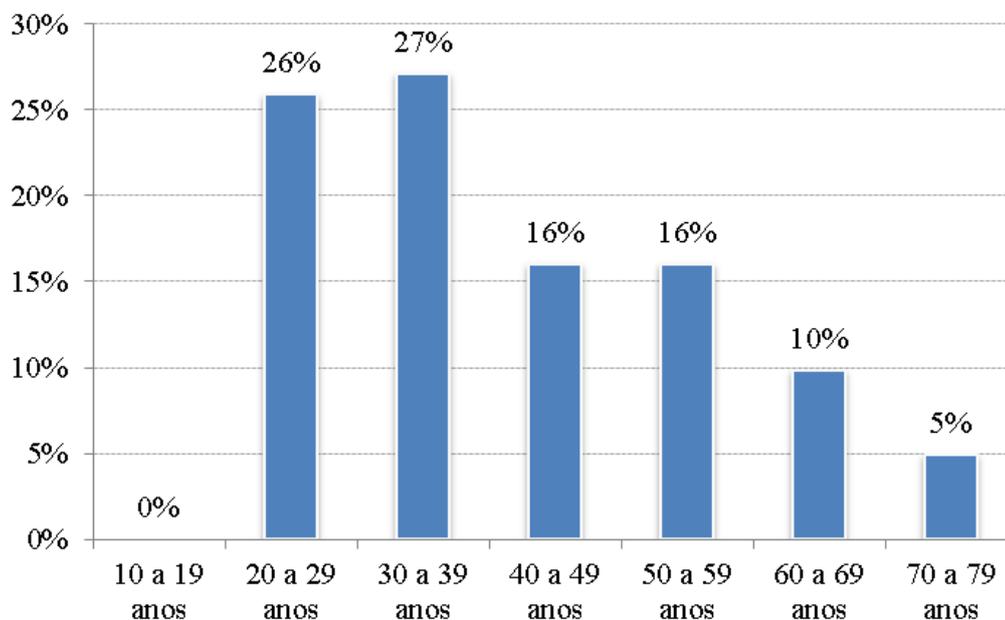
## 5.5 AVALIAÇÃO DO PERFIL DOS AGRICULTORES E DAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS

### 5.5.1 Características socioeconômicas dos agricultores

A população de agricultores de Icó-Mandantes é constituída, predominantemente, por homens (95%) com idade entre 20 a 39 anos (53%). A maioria nasceu no município em Petrolândia ou em cidades próximas (70%), mas nem todos que são donos ou utilizam os lotes fazem parte das famílias reassentadas, 15% não tem nenhum parentesco com os agricultores reassentados e adquiriu, informalmente, o direito usar os lotes agrícolas através de negociações de compras, arrendamentos ou parcerias de risco, onde a família reassentada fornece o lote para um terceiro, que trabalha e arca com os custos da produção. Em troca, o dono do lote fica com

uma parcela do dinheiro obtido com a venda dos produtos. Os gráficos 5.3 e 5.4 apresentam a faixa etária e sua condição do agricultor em relação ao uso dos lotes irrigados.

Gráfico 5.3 – Faixa etária dos agricultores de Icó-Mandantes



Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

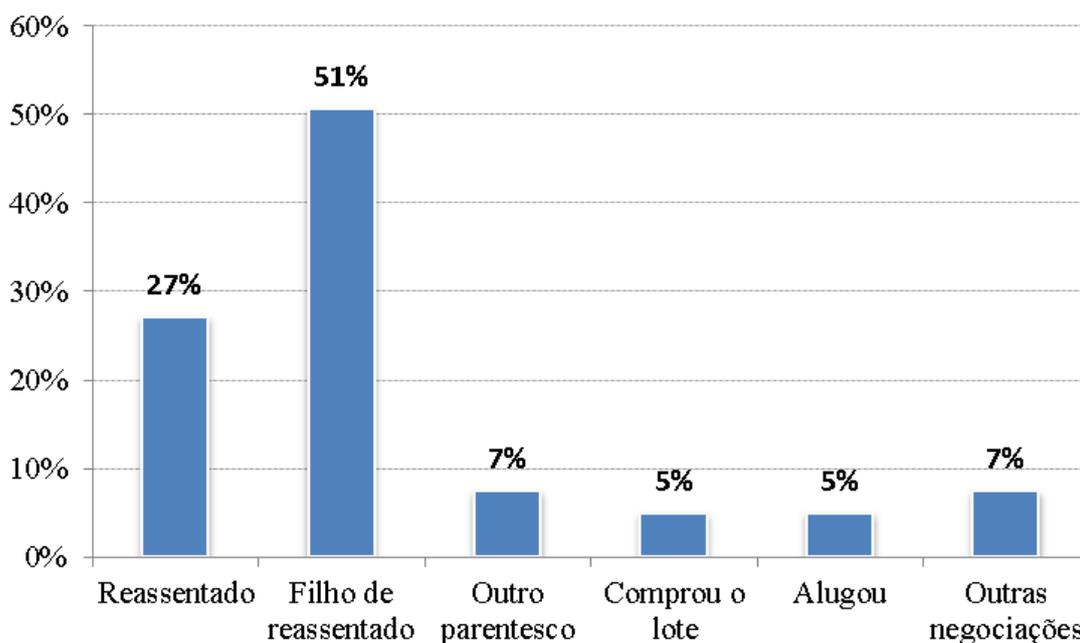
A maioria dos agricultores na faixa etária de 20 a 39 anos. São filhos ou netos das pessoas reassentadas, que assumiram o compromisso com a produção nos lotes a partir da velhice ou morte dos pais, ou porque constituíram suas próprias famílias. Foi observado que 7% dos agricultores responsáveis pelo trabalho nos lotes tem parentescos diferentes de filhos ou netos, são genros, cunhadas, tios e etc. A população de agricultores na ativa com idade acima de 60 anos é formada por reassentados.

As negociações de locação ou parceria envolvendo os lotes agrícolas são realizadas informalmente. No caso de locação, dependendo do tamanho e condições do lote, os preços de aluguel variam de R\$ 5.000,00 a R\$ 10.000,00 por ano e as formas de pagamento são diversas, podem ser parcelas mensais, anuais ou pós-colheita.

Parte dos agricultores usa a mão de obra de trabalhadores diaristas, que recebem cerca de R\$ 20 a R\$ 30 reais por dia de trabalho. Normalmente, são solicitados para as atividades de colheita, preparação do solo e principalmente, para aplicação de defensivos agrícolas. Muitos desses trabalhadores diaristas são provenientes dos Estados de Sergipe e Alagoas e terminam ficando no Perímetro e constroem habitações irregulares nos terrenos entorno das agrovilas.

Essa ocupação desordenada nas áreas adjacentes as agrovilas, vem intensificando problemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Gráfico 5.4 – Condição dos agricultores quando ao direito de uso dos lotes irrigados



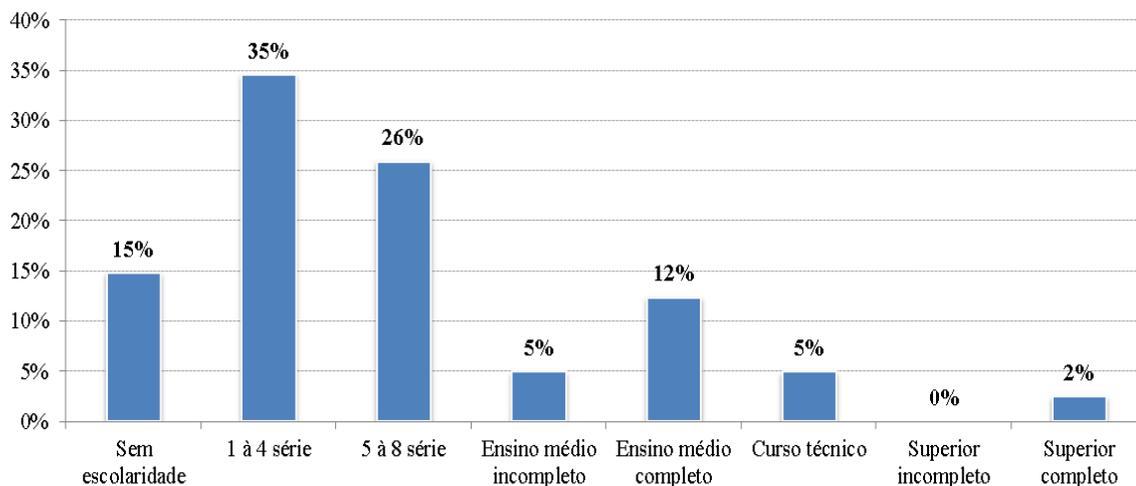
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Todos os agricultores pesquisados residem nas Agrovilas. O número de pessoas por domicílio variou de 4 a 6 pessoas (54%). As famílias menores, com até 3 pessoas (41%) em muitos casos pertenciam aos filhos de reassentados que casaram e tiveram um filho. A renda familiar informada foi de até 2 salários mínimos para 85% dos pesquisados, no entanto, notou-se dificuldades em precisar os valores recebidos, mesmo que muitos participem de programas governamentais de assistência como o Bolsa Família, a renda proveniente da agricultura está condicionada ao período da colheita e comercialização.

O nível de escolaridade no município de Petrolândia é baixo. Cerca de 77% da população com mais de 25 anos tem menos de oito anos de instrução formal (CONDEPE/FIDEM, 2008). Esse número se confirmou na pesquisa com os agricultores de Icó-Mandantes, onde 76% deles nunca frequentou a escola ou cursou apenas até o ensino fundamental (Gráfico 5.5).

Na maior Escola de Icó Mandantes, que pertence à Rede Estadual de ensino e atende a crianças e jovens do ensino fundamental ao médio do Perímetro de Icó-Mandantes, em 2014, foram matriculados 589 alunos.

Gráfico 5.5 - Nível de escolaridade dos agricultores

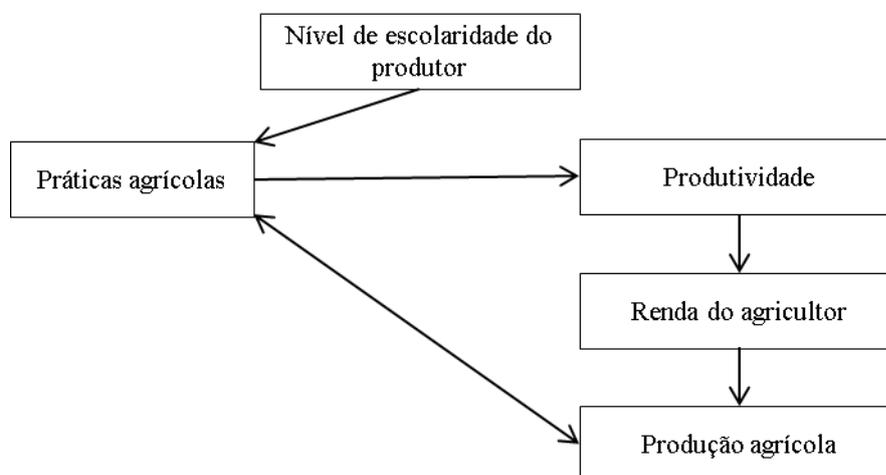


Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Considerando que 50% dos agricultores pesquisados são analfabetos ou cursaram até a 4ª série do ensino fundamental, aumenta o nível de dependência desses produtores quanto aos serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) ou das orientações técnicas fornecidas pelo comércio local de agroquímicos, principalmente quanto ao entendimento sobre carências nutricionais específicas para cada tipo de cultura, interpretação de laudos agrônômicos de qualidade do solo e do manejo adequado de agroquímicos.

Carvalho (2009) identificou que o nível de escolaridade do agricultor de Petrolândia tem relação direta com as práticas agrícolas (Figura 5.7), uma vez que as tecnologias relacionadas à agricultura irrigada são melhores utilizadas por pessoas com maior grau de escolaridade.

Figura 5.7 – Relações entre o nível de escolaridade do agricultor com as práticas agrícolas



Fonte: CARVALHO, 2009.

Considerando Carvalho (2009) a produção agrícola está relacionada indiretamente com a escolaridade, pois quanto maior a escolaridade, maior renda do agricultor, em consequência do aumento na produtividade.

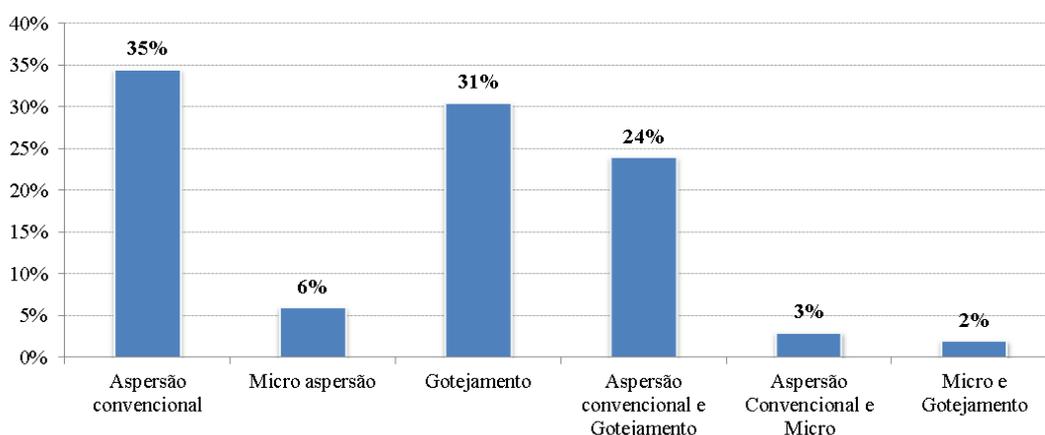
### 5.5.2 Práticas agrícolas e técnicas de irrigação

Os métodos empregados no cultivo irrigado influenciam os resultados da produtividade e estão diretamente relacionados com o nível de escolaridade agricultor (CARVALHO, 2009). Em Icó-Mandantes, o conhecimento técnico por parte do agricultor, carece de aprimoramento, seja quanto ao uso do sistema de irrigação, a drenagem no interior dos lotes e, principalmente, quanto aos procedimentos de fertilização e o manuseio e armazenagem dos agroquímicos.

A implantação dos lotes irrigados em Icó-Mandantes foi realizada em etapas nos anos de 1993, 1995 e 1998 a partir do início de operação das estações de bombeamento (EB). Foram 657 famílias reassentadas, que receberam lotes com tamanho entre 1,5 e 6,0 hectares (CARVALHO, 2009). Ao longo de 21 anos de projeto, o número de famílias aumentou de 657 para 749. O aumento de 14% denominado de área de expansão cadastrada foi integrado aos planos de operação e manutenção dos sistemas de irrigação (HIDRO SONDAS, 2012).

A maior parte dos agricultores trabalha em lotes de 3,0 hectares (59%). O sistema de irrigação originalmente instalado é constituído por aspersores convencionais, mas nos últimos anos vem sendo implantados integral ou parcialmente, sistemas de irrigação por micro aspersão e gotejamento (Gráfico 5.6). A Foto 5.11 apresenta imagens dessas técnicas de irrigação.

Gráfico 5.6 – Sistemas de irrigação instalados



Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Foto 5.11 – Sistemas de irrigação por micro aspersão e gotejamento



Nailza Arruda, 2014

Nailza Arruda, 2014

Em 66% dos lotes foi instalado pelo menos um sistema de irrigação diferente e complementar à aspersão convencional. Em todos os casos, os custos da implantação foram dos próprios agricultores. O principal motivo informado pelos agricultores para instalação desses sistemas alternativos ou complementares foi a falta de água para irrigação.

A redução na disponibilidade de água para as parcelas irrigadas está relacionada ao aumento do consumo e limitações na capacidade instalada das Estações de Bombeamento (EB). O incremento na demanda de água, ocorre em função da expansão cadastrada do Perímetro e principalmente, devido à ocupação irregular das áreas de sequeiro e reserva legal com desvio da água do sistema de irrigação dos lotes para essas novas áreas de cultivo irrigado. As principais alegações dos agricultores para a ampliação irregular das áreas cultivadas são:

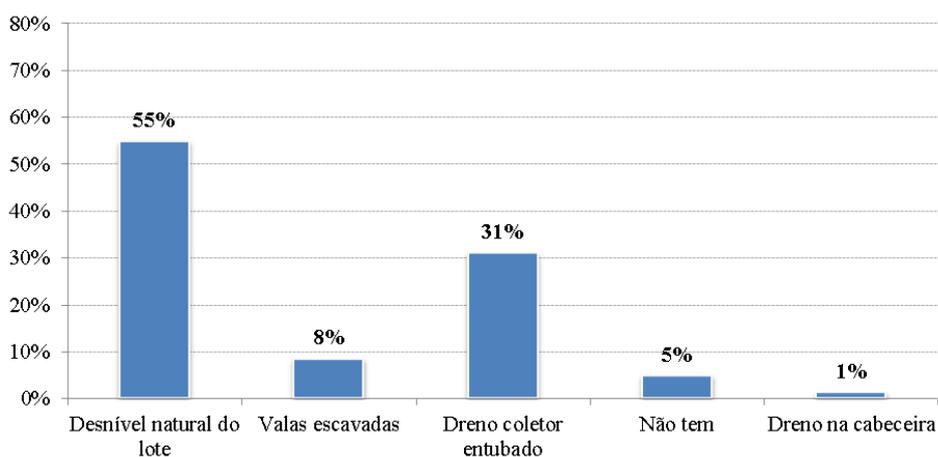
- tamanho dos lotes regulares não atende mais a necessidade da família;
- aumento da área cultivada é necessário para viabilizar economicamente o plantio; ou
- lotes regulares com condições críticas de irrigação ou problemas de drenagem impedem o aproveitamento total do lote e o processo de indenização é complexo e demorado para ser resolvido.

De certa forma, a adoção de sistemas de irrigação mais direcionados para as raízes das plantas, como é o caso do gotejamento, termina influenciando no transporte de fertilizantes químicos até o reservatório, uma vez que o volume da água de drenagem dos lotes é menor quando comparado com a utilização de aspersores convencionais.

Na agricultura irrigada, a drenagem é fundamental para retirar o excesso de água aplicada e melhorar as condições de aeração, controlar a elevação do lençol freático, e possibilitar a lixiviação dos sais trazidos nas águas de irrigação, evitando a salinização.

Em Icó-Mandantes, predominaram as técnicas de drenagem natural que aproveitam a declividade do terreno (55%), tubos coletores enterrados (31%), valas escavadas (8%), dreno de cabeceira (1%) e em 5% dos lotes o solo é predominantemente arenoso e não há nenhum outro sistema de drenagem (Gráfico 5.7). Drenos na cabeceira é a designação adotada para os sistemas de drenagem que direciona as águas do lote para dutos ou canais instalados às margens dos terrenos (CHESF, 2011).

Gráfico 5.7 - Sistemas de drenagem instalados dentro dos lotes irrigados



Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

O percentual do sistema de drenagem constituído por tubos enterrados poderia ser maior, porém, muitos agricultores não autorizaram a instalação, como forma de pressionar a resolução de problemas relacionados à regularização propriedade ou para obter compensação por perdas relacionadas à baixa produtividade em decorrência das condições do lote.

Este fato dificultou a implantação dos drenos enterrados no interior dos lotes e pode ter contribuído para os problemas de salinização que ocasionaram o descarte de muitas parcelas agrícolas dentro do perímetro.

### 5.5.3 Técnicas de fertilização e controle do uso de fertilizantes químicos

A necessidade de nutrientes para as plantas podem ser atendida de forma mais adequada com o manejo integrado de nutrientes, considerando os sistemas de produção e características

locais e combinando, adequadamente, nutrientes minerais e biofertilizantes para otimizar as condições de produção, com maior viabilidade econômica, ambiental e social (ROY, 2006). O manejo integrado de nutrientes tem sido muito difundido pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e exigidos para empreendimentos agrícolas financiados com recursos do Banco Mundial (IFC, 2007).

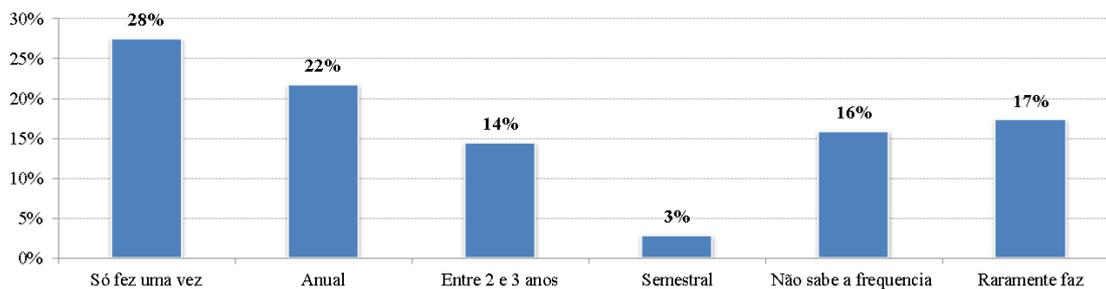
Segundo Roy (2006), tais estratégias estão distribuídas em três eixos principais: i) a avaliação da necessidade de aplicação de fertilizantes; ii) as técnicas de aplicação em função da demanda específica de cada cultura; e iii) a manipulação e armazenagem dos produtos para minimizar as perdas e os riscos de contaminação ambiental causadas por vazamentos.

A avaliação da necessidade de aplicação de adubação passa pelo balanço de nutrientes, realizado a partir dos resultados de análises agronômicas do solo. De acordo com Roy (2006), nos países com vocação agrícola apenas 48% dos agricultores costuma efetivamente fazer análises agronômicas sistemáticas, apesar se sua grande importância para racionalizar o consumo de fertilizantes. Em Icó-Mandantes a prática é ainda menos comum, apenas 22% dos agricultores pesquisados realizam anualmente análises agronômicas para dimensionar dosagem de agroquímicos específicos para cada cultura. A grande maioria, 60%, afirmou que não faz a análise do solo de seus lotes pelos seguintes motivos:

- o custo da análise é alto;
- é difícil solicitar e só tem laboratórios no centro de Petrolândia;
- nunca precisou fazer;
- não adianta fazer;
- esquece de fazer;
- não sabe solicitar nem entende sobre isso;
- quando fez não teve acesso ao resultado e por isso não faz mais.

Dos agricultores que afirmaram realizar análise agronômica, mas sem nenhum critério de frequência estabelecido, a maioria relaciona os laudos às condições de fertilidade, pH e salinização do solo. No entanto, parte deles fez a análise apenas eventualmente, por solicitação da cooperativa, ATER ou por instituições financeiras para concessão de empréstimos, ou ainda porque os custos foram da CHESF. O Gráfico 5.8 mostra a frequência de realização das análises informada pelos agricultores.

Gráfico 5.8 – Frequência informada para realização de análises agrônômicas



Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

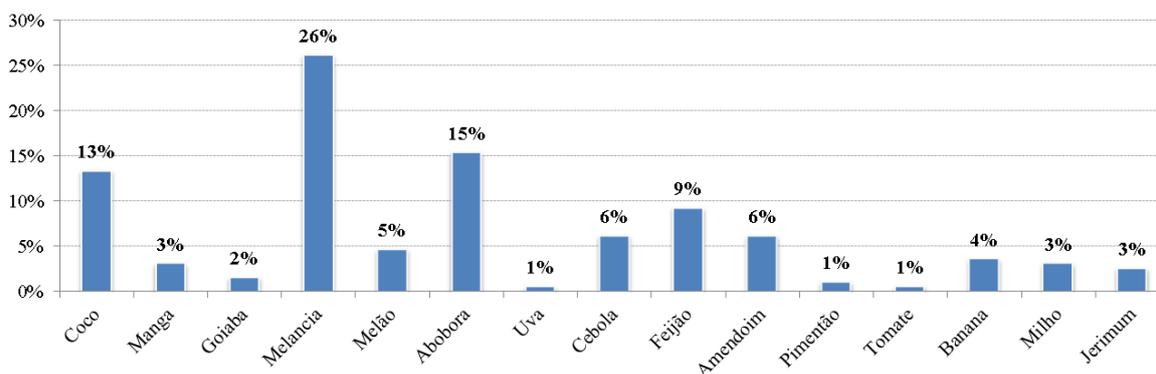
A estimativa de dosagem dos agroquímicos é realizada com base na experiência de aplicações anteriores ou em recomendações fornecidas por técnicos da ATER, ou mais recentemente pelos técnicos e vendedores das lojas de agroquímicos distribuídas no Perímetro.

Em relação ao tamanho dos lotes: i) 59% têm 3 hectares; ii) 20% têm 4,5 hectares; iii) 15% têm 6,0 hectares; iv) 1% têm lotes com apenas 1,5 hectares; e v) 5% dos agricultores dispõem de lotes maiores devido a aquisição ou empréstimos realizados para outros lotes próximos.

Dentre as culturas plantadas na região, predominou o cultivo de ciclo curto, principalmente melancia (26%) e abóbora (15%) (Gráfico 5.9). A plantação de coco se destaca entre as espécies típicas de fruticultura, cultivado por 13% dos pesquisados.

A escolha da cultura é fortemente influenciada por fatores como a experiência do agricultor com o cultivo, o preço praticado no mercado ou pelo incentivo de programas institucionais de pesquisa e fomento, como é o caso do plantio de amendoim, que começou 2009 como base experimental para testar variedades desenvolvidas pela EMBRAPA e que contou com a parceria com a CODEVASF e a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Gráfico 5.9 – Plantas cultivadas nos lotes irrigados em janeiro de 2014



Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

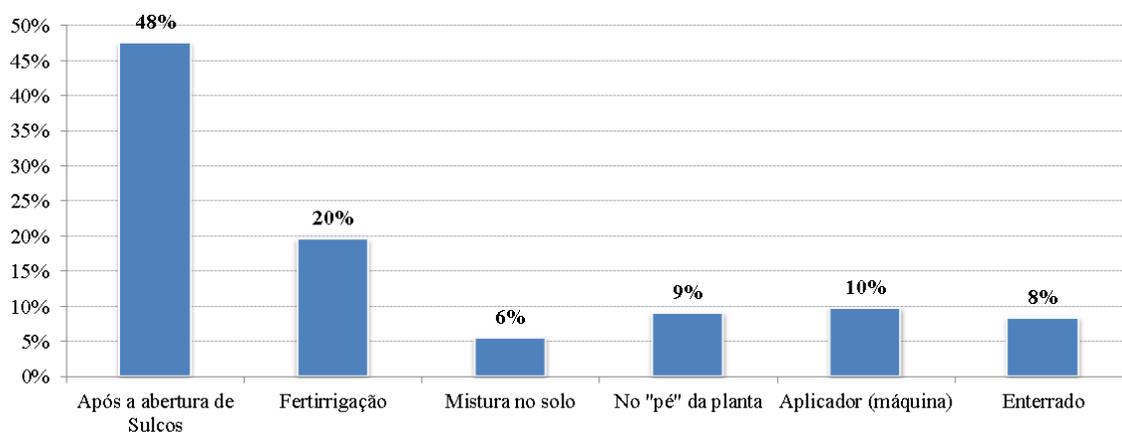
Em relação à adubação do solo, 68% dos agricultores adotam o uso combinado de fertilizantes naturais (esterco) e químicos. Embora reconheçam os benefícios da adubação natural, 32% aplicam somente fertilizantes químicos. O preço praticado para carga de esterco na região foi apontado como o principal motivo que inviabiliza o uso de adubo natural.

A rotação de cultura, outra técnica recomendada para aumentar a fertilidade natural do solo, não é uma prática muito comum e a incorporação de matéria orgânica para melhorar a estrutura do solo é pouco difundida, muito embora, muitos agricultores adotem a prática de colocar animais, principalmente caprinos e ovinos, para comer a folhagem após a colheita, principalmente, para as culturas de ciclo curto.

Em relação às recomendações e técnicas para aplicação do fertilizante, 35% afirmaram que já receberam orientação dos técnicos da ATER, 25% não receberam e 6% dos agricultores pesquisados disseram que recebem recomendações técnicas quanto à adubação do solo da ATER apenas às vezes. Porém, quando perguntados se aplicavam as recomendações técnicas recebidas, as respostas ficaram divididas: 35% aplicam. 39% não aplicam e 26% dos agricultores aplicam as recomendações apenas às vezes.

Os métodos de aplicação de fertilizantes químicos variam, sendo que, 48% dos agricultores adotam a aplicação manual logo após a abertura de sulcos, que pode ser feitos com a utilização de animais ou tratores. Outros vem usando a fertirrigação ou o uso de aplicadores (Gráfico 5.10). Foi observado também que alguns agricultores utilizam enterrar porções de fertilizantes, preparar misturas com o solo antes de distribuir no lote ou apenas adicionar uma medida de dosagem aplicada próximo à raiz da planta, ou seja, no “pé” da planta.

Gráfico 5.10 – Técnicas adotadas para aplicação de fertilizantes químicos



Fonte: Elaborado pela autora, 2014

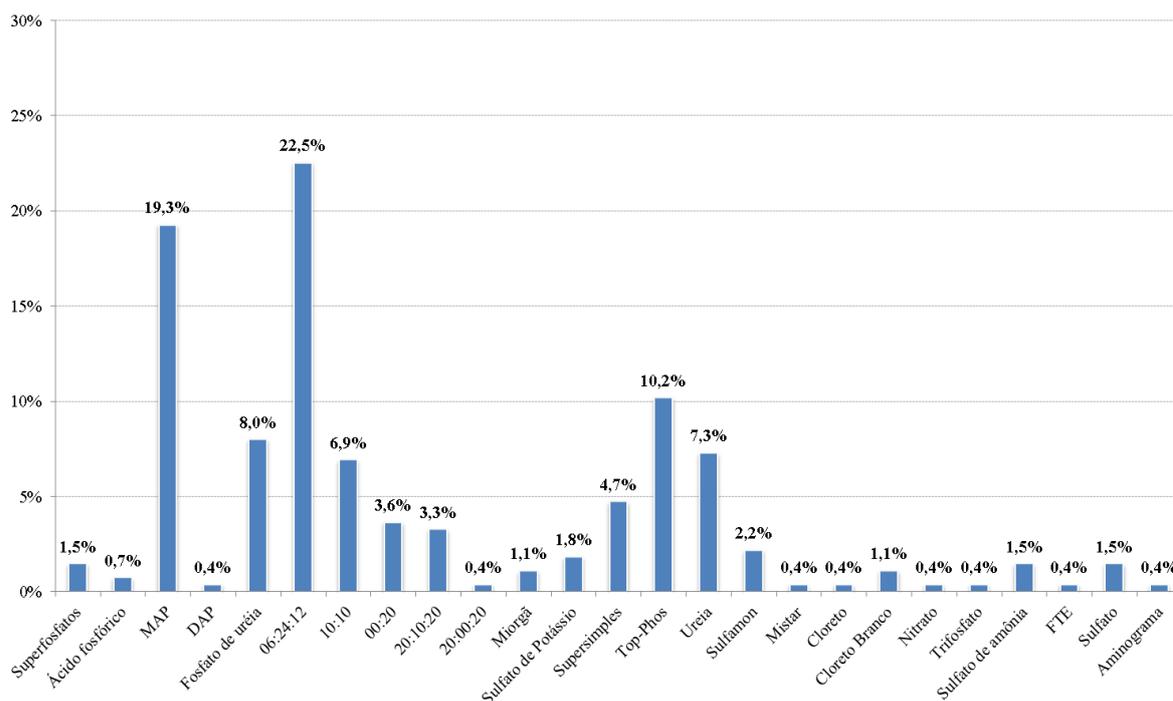
Quanto à dosagem de produto por hectare, apenas 29% dos agricultores afirmou fazer alguma anotação ou registro sobre a quantidade aplicada de fertilizante. Em geral, o controle de dosagem é feito com base no número de sacos de produtos comprados e serve mais para saber os custos do plantio do que a condição de nutrição das plantas.

A escolha do fertilizante químico ocorre principalmente em função da experiência de uso pelo agricultor, por indicação ou pelo custo do produto. Os agroquímicos comumente adquiridos estão apresentados no Gráfico 5.11.

A formulação comercial 06:24:12 foi a mais citada pelos agricultores, sua designação indica a proporção nitrogênio-fósforo-Potássio (NPK). Ao contrário dos produtos multinutricionais, esse é um adubo simples com nutrientes elementares, embora na formulação de muitos deles também haja outros nutrientes essenciais como o Enxofre (ROY, 2006).

O segundo produto mais citado foi o Mono-Amônio-Fosfato (MAP), que é um fertilizante sólido, fabricado pela reação de amônia com ácido fosfórico e contém cerca de 11% de nitrogênio e 52% de fosfato. Já o Di-Amônio-Fosfato (DAP), pouco citado pelos agricultores, também pertence a esse grupo de adubos químicos e tem tipicamente 18% de nitrogênio e 46% de fosfato.

Gráfico 5.11 – Produtos utilizados pelos agricultores para fertilização do solo



Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

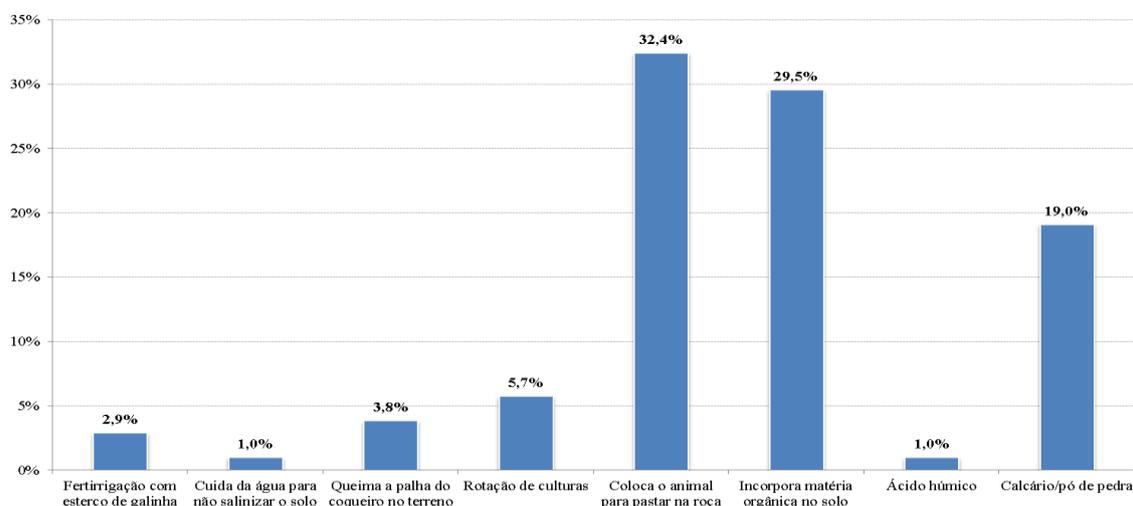
Um produto relativamente novo para os produtores de Icó-Mandantes e que vem trazendo bons resultados, apesar do custo mais elevado do que os fertilizantes tradicionais, é o Top-Phos. Segundo o fabricante, este produto incorpora um polímero orgânico que protege o fósforo, impedindo reação com metais e outros componentes do solo (TIMAC AGRO, 2014).

Além dos fertilizantes químicos, os agricultores destacam outras formas de melhorar a fertilidade do solo, práticas como: i) colocar animais para pastar logo após a colheita, usada por 32,4%; ii) incorporação da matéria orgânica, citada por 29,5%; e iii) aplicação de calcário no solo para 19,0% dos os agricultores pesquisados (Gráfico 5.12).

Para os agricultores que adotam a prática de fornecer a vegetação remanescente das culturas de ciclo curto como pastagem (Foto 5.12), foi observado que o proprietário dos animais é comumente um parente ou amigo próximo do agricultor.

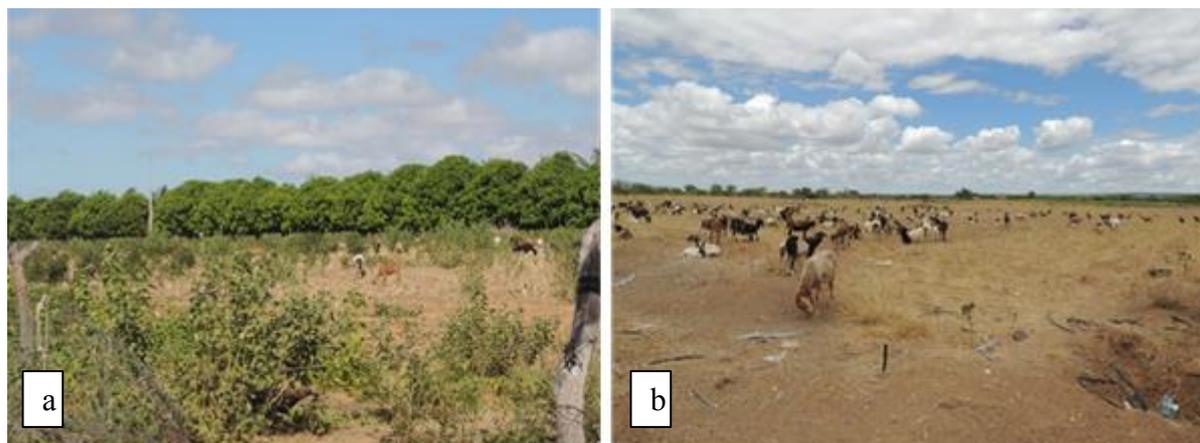
A incorporação no solo de ácidos húmicos como técnica de melhoramento do solo foi citada apenas por 1% dos agricultores. Esse resultado reflete a indicação de baixo conhecimento sobre tecnologia de aprimoramento das condições de fertilidade e do uso de fertilizantes. As substâncias húmicas originam-se da degradação matéria orgânica e são importantes condicionadores de solo. Segundo Borsari (2013), esses compostos, contribuem para melhoria da capacidade de troca catiônica dos solos, possuem a habilidade de formar complexos com vários íons metálicos e agem como tamponantes da reação do solo em ampla faixa de pH.

Gráfico 5.12 – Práticas alternativas empregadas pelos agricultores para melhoria das condições de fertilidade do solo



Elaborado pela autora, 2014.

Foto 5.12 – Prática adotada após colheita com folhagem utilizada para pastagem de animais



Nailza Arruda, 2014

Nailza Arruda, 2014

Tais características as tornam um dos principais fatores que governam a dinâmica e disponibilidade dos nutrientes no solo, sobretudo para a disponibilização do fósforo adsorvido na fração argila, ou complexado com íons, como cálcio, formando o precipitado fosfato cálcico, indisponíveis para a maioria dos vegetais, pois os ácidos húmicos complexam (sequestram) o cálcio solúvel e protegem os fosfatos da interação cálcio-fosfato.

De forma geral, os fertilizantes químicos não são classificados como perigosos. Porém, alguns desses produtos têm em sua formulação, componentes oxidantes e reativos que podem ser potencialmente perigosos em condições inadequadas de manuseio, uso ou armazenagem. Por exemplo, os fertilizantes a base de nitrato de amônio ou outros nitratos, em decomposição por altas temperaturas podem e liberar gases tóxicos, ou erroneamente, podem ser usados para fabricar explosivos. Outros desses produtos têm propriedades corrosivas que podem causar queimaduras na pele e lesões oculares, como é o caso do fosfato de ureia, nitrato de cálcio e superfosfato triplo, ou ainda apresentam incompatibilidade química com outros produtos, como é o caso da ureia com fertilizantes à base de nitrato de amônio.

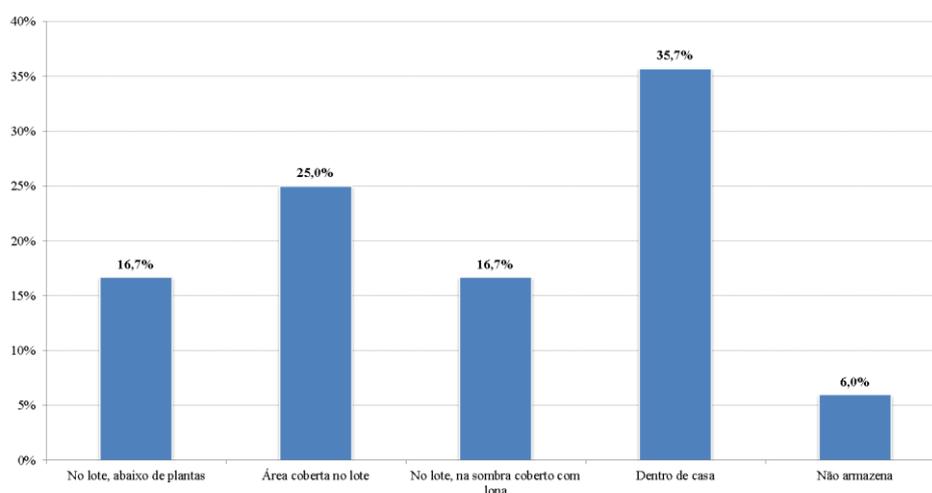
Outros aspectos do manuseio e armazenagem inadequados dos fertilizantes estão relacionados à perda e rendimento e qualidade dos produtos, em muitos casos por absorção de umidade, que podem deixar as partículas mais moles e pegajosas, dificultar o espalhamento ou obstruir equipamentos de dosagem, além de aumentar as perdas por empedramento (ROY, 2006). Condições inadequadas de armazenagem também aumentam os riscos de contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas em decorrência de derramamentos acidentais.

Em Icó-Mandantes, não foram previstas estruturas construtivas para estocagem de produtos ou equipamentos dentro dos lotes irrigados. Conforme apresentado no Gráfico 5.13. A

estocagem de fertilizantes químicos é realizada dentro dos lotes agrícolas para 58,4% dos agricultores pesquisados, sendo que as práticas adotadas para armazenagem são distintas: 25% deles improvisaram pequenas instalações com cobertura para manter os produtos e 33,3% fazem a armazenagem utilizando áreas embaixo de árvores com ou sem a utilização de lonas plásticas para cobrir os produtos. (Foto 5.13).

Para 35,7% dos agricultores, a armazenagem temporária dos fertilizantes químicos fica localizada dentro de suas casas e depois é transportado pelo agricultor para o lote à medida que ele for realizando a aplicação ou realizar preparação de solução quando a aplicação ocorre por fertirrigação. Apenas 6% dos agricultores afirmaram que compram quantidades reduzidas para evitar a armazenagem e realizam a aplicação no mesmo dia que recebem o produto.

Gráfico 5.13 – Práticas de armazenagem de fertilizantes químicos



Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Foto 5.13 – Condições de armazenamento dos agroquímicos e a aplicação de fertirrigação



Nailza Arruda, 2014



Nailza Arruda, 2014

Em geral a armazenagem de fertilizante nos lotes é precária e aumentam os riscos de contaminação e absorção de umidade e consequente perda de rendimento dos produtos.

O uso de Equipamentos Individual de Proteção (EPI) não é frequente por parte dos agricultores. Cerca de 46% afirmaram que usam os equipamentos, 31% não utilizam e 23% usam apenas às vezes. Sendo que, a necessidade de utilização dos equipamentos de proteção é sempre relacionada à aplicação de defensivos agrícolas e não para aplicação de fertilizantes.

A armazenagem, uso e manipulação dos fertilizantes químicos deve ser realizada de forma a manter a qualidade do produto, prevenir danos à saúde dos agricultores e suas famílias, bem como, reduzir riscos de vazamentos e contaminações ambientais. No entanto, essa realidade ainda não está difundida entre os agricultores do Icó-Mandantes.

#### **5.5.4 Percepção sobre o risco de contaminação do reservatório de Itaparica**

Os riscos ambientais de contaminação das águas do Reservatório de Itaparica, proveniente das práticas agrícolas e pelo uso de fertilizantes químicos é percebido por 51% dos agricultores, que acreditam os fertilizantes terminam chegando às águas do reservatório e podem causar algum problema, mas não sabem afirmar que tipo de problema poderá ser causado. Para 47% dos agricultores os fertilizantes não podem chegar até as águas do reservatório, principalmente porque a quantidade de fertilizante dosada é pequena e o reservatório fica longe dos lotes. Dos agricultores pesquisados, 2% não souberam responder.

Dada à importância que o reservatório de Itaparica representa para a população de agricultores de Icó-Mandantes, a maioria do grupo avaliado associa o fato da contaminação da água com o uso de agroquímicos, mas é alto o percentual dos agricultores que não faz ideia do aporte de nutrientes no reservatório em decorrência da atividade de agricultura irrigada, indicando assim a necessidade de atividades voltadas para a temática da educação ambiental contextualizada com os impactos do uso de agroquímico na região e a importância à preservação ambiental e o controle da poluição difusa causada por nutrientes.

As percepções dos agricultores sobre os impactos ambientais da atividade, associada à baixa escolaridade, representa uma indicação que Boas Práticas Agrícolas e princípios do manejo integrado de nutrientes são pouco difundidas e aplicadas dentro desse perímetro irrigado.

O Quadro 5.3 apresenta ações para o manejo integrado de nutrientes estabelecidas pelo Banco Mundial (IFC, 2007) para financiamento de projetos agrícolas e algumas das Boas Práticas Agrícolas recomendadas pela Embrapa, comparadas à situação observada no Perímetro de Icó-Mandantes durante a realização da pesquisa.

Quadro 5.3 – Emprego de Boas Práticas Agrícolas e manejo integrado de nutrientes no Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes

Ação ou prática recomendada	Manejo integrado de nutrientes (*)	Boas Práticas Agrícolas (**)	Condições observadas no Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes
Rotação de culturas	x	x	Apenas 5,7% dos agricultores costumam adotar essa técnica
Uso racional da água	x	x	O uso de aspersores convencionais e condições inadequadas desperdício de água são comuns.
Utilização de adubos orgânicos	x	x	68% combinam o uso de adubos naturais com fertilizante químicos. Esterco tem custo alto.
Reciclagem de resíduos agrícolas para recuperação de nutrientes	x	x	29,5% incorpora matéria orgânica após colheita (ciclo curto) e 32,4% costuma colocar animais no lote.
Emprego de biofertilizantes (microrganismos)	x	-	Não foi observado
Incentivo a agricultura orgânica	x	x	Não foi observado
Análises sistemáticas do solo	x	x	Apenas 22% dos agricultores realizam análises sistemáticas do solo (anual), a maioria fez o ensaio apenas para atender alguma exigência da ATER ou para financiamentos.
Balanco de nutrientes a partir dos resultados das análises agronômicas	x	-	Não observado. Atualmente tem aumentado o uso dos fertilizantes químicos com indicação de estabelecimentos comerciais de agroquímicos.
Conhecimentos aplicados dos agricultores sobre: fertilização do solo e a dinâmica solo-nutriente-planta; propriedades físico-químicas do solo, permeabilidade e deterioração por agentes molhantes e de pressão e sobre fertilizantes	x	-	50% dos agricultores são analfabetos ou cursaram até a 4ª série do ensino fundamental; apenas 35% afirmaram receber algum suporte técnico da ATER sobre fertilização; e na Escola Estadual local não programa no conteúdos direcionado para as atividades locais.
Aplicação controlada (técnicas e sistemática de registro)	x	-	Uso de práticas rudimentares de aplicação e o registro da dosagem não é uma prática dos agricultores
Estocagem e manuseio adequado dos agroquímicos, bem como, descarte das embalagens de agrotóxicos para reduzir os riscos de doenças e de contaminação ambiental.	x	x	58,4% usam instalações improvisadas dentro dos lotes agrícolas para armazenar os produtos; foi observado o descarte inadequado de embalagens de agrotóxicos.
Utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's)	x	x	Apenas 46% dos agricultores afirma fazer uso frequente dos EPIs

(\*) Recomendação Banco Mundial aplicável ao financiamento de projetos agrícolas (IFC, 2007)

(\*\*) EMBRAPA, 2004a

## 6 ESTRATÉGIAS PARA CONTROLE DO APORTE DE FÓSFORO

Para a área de estudo, o aporte anual de fósforo total para dentro do reservatório de Itaparica é de 55,9 toneladas (Tabela 6.1), o que representa um risco de enriquecimento de nutrientes nas águas desse importante corpo hídrico, que pode alterar seu estado trófico e inviabilizar muitos dos usos para os quais se destinam suas águas.

Tabela 6.1 – Síntese do aporte de fósforo decorrentes das fontes pontuais e difusas identificadas para dentro do reservatório de Itaparica

Fonte do aporte de fósforo	Aporte de fósforo total para dentro do reservatório no trecho estudado (toneladas/ano)
Água de drenagem agrícola proveniente do Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes	15,0
Esgoto sanitário gerado no núcleo urbano do município de Petrolândia	6,9
Esgoto sanitário gerado nas agrovilas do Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes	1,0
Atividade de piscicultura em tanques-rede no trecho do reservatório de Itaparica inserido no município de Petrolândia	33,0
Total	55,9

Fonte: Elaborada pela autora, 2015.

As estratégias propostas para controle do aporte de fósforo dentro do reservatório de Itaparica fundamentam-se nos resultados dessa pesquisa e nos princípios de sustentabilidade contemplados no: Manual de Boas Práticas Agrícolas (EMBRAPA, 2004); nas ações para o manejo integrado de nutrientes recomendado pelo Banco Mundial para projetos agrícolas (IFC, 2007); nas Boas Práticas de Manejo para a Produção de Peixes em Tanques-rede (EMBRAPA, 2003) e no Guia de Diretrizes da Austrália e Nova Zelândia para a Qualidade da Água Doce e Marinha, do Conselho de Conservação, Agricultura e Conselho de Gestão de Recursos da Austrália e da Nova Zelândia (AUSTRALIA; NEW ZEALAND, 2000).

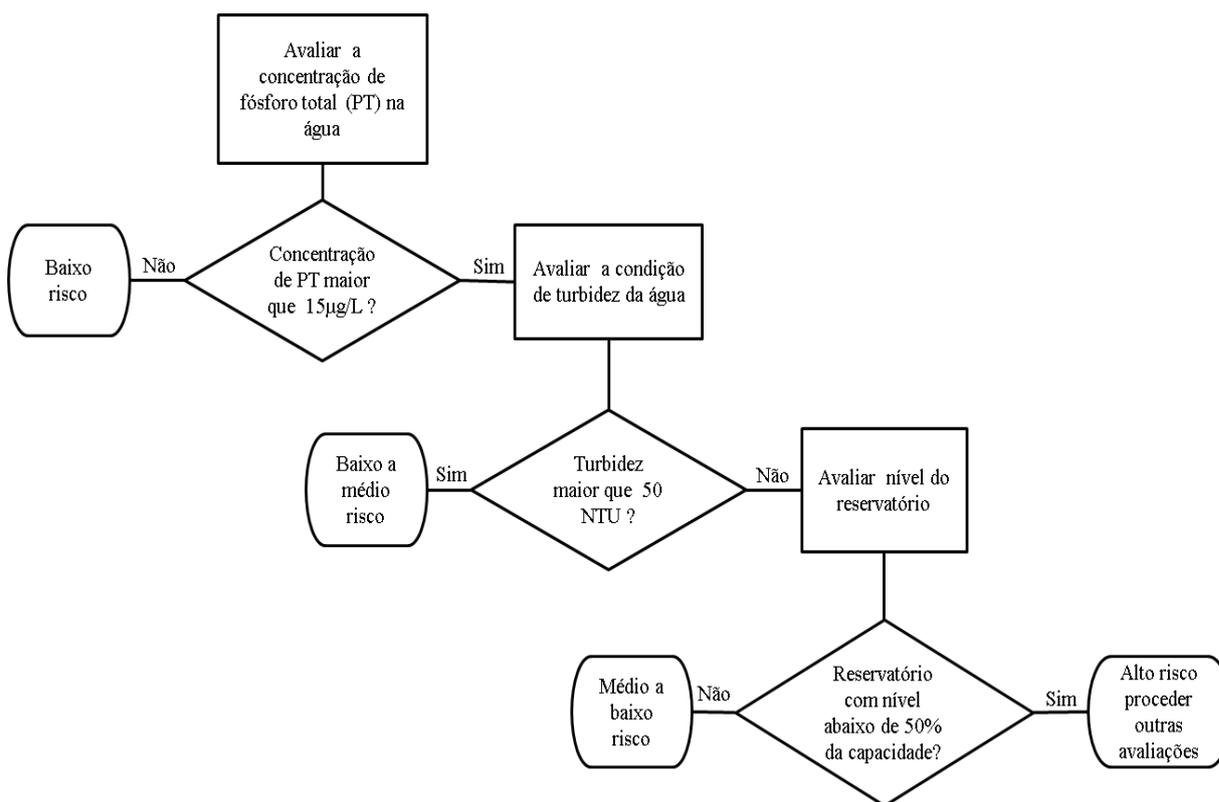
É notório que os impactos das atividades antropogênicas realizadas no entorno do reservatório de Itaparica não se limitam ao aporte de nutrientes e que os planos e programas de gestão ambiental direcionada, devem considerar dimensões políticas, de educação, de proteção e de qualidade ambiental. Neste sentido, a criação e implementação de ações visando o controle do aporte de fósforo no reservatório representam uma parte do processo de gestão integrada que contribui para desenvolvimento sustentável da região.

O fluxograma da Figura 6.1 é proposto como uma ferramenta de orientação para técnicos das organizações locais. Tem o propósito de auxiliar na interpretação dos resultados da

concentração de fósforo na água do reservatório de forma associada ao parâmetro de turbidez e nível do reservatório, levando a uma indicação do risco desse sistema aquático ficar propício ao desenvolvimento de cianobactérias, algas e plantas aquáticas, ou seja, é uma indicação de risco do reservatório alcançar estágios tróficos mais elevados, favorecendo a eutrofização.

A concentração de fósforo total de  $15 \mu\text{g.L}^{-1}$ , utilizado como valor de referência para avaliação, representa 50% dos limites preconizados na Resolução CONAMA 357/2005, que para fins de enquadramento dos corpos hídricos, estabelece o limite para o fósforo total  $\leq 30 \mu\text{g.L}^{-1}$  nas águas doce Classe 2 em ambientes lânticos. O parâmetro de turbidez está relacionado ao potencial de incidência de luz na coluna d'água, fundamental para desenvolvimento da produção primária.

Figura 6.1 – Fluxograma para avaliação simplificada do risco de elevação do nível trófico das águas de reservatórios, com base no teor de fósforo na água



Fonte: Elaborada pela autora, 2015.

A avaliação simplificada considera também a condição de baixo nível do reservatório, com a intenção de integrar a avaliação do risco do aumento do nível trófico desse sistema aquático às condições de períodos de estiagem ou secas na região.

Essa ferramenta de avaliação simplificada da qualidade da água, mesmo em caráter preliminar, fornece informações relevantes para estratégias de monitoramento da qualidade da água no Reservatório de Itaparica, principalmente para os agentes públicos e privados locais. A importância destaca-se também em função da dependência da disponibilidade e qualidade da água para desenvolvimento das atividades econômicas locais.

Neste contexto, os cenários previstos para o período de 2009 a 2028 apontam a intensificação da imprevisibilidade em termos temporais e de intensidade dos eventos meteorológicos que afetam atividades produtivas e indicam o fortalecimento da fruticultura irrigada como dinamismo principal da economia da região e a consolidação da aquicultura, ambas muito interdependentes da disponibilidade e qualidade da água do Reservatório de Itaparica (CODEVASF, 2010).

## 6.1 CONTROLE PARA AGRICULTURA IRRIGADA E PROCESSOS EROSIVOS

Para sustentar o crescimento das receitas agrícolas, que é importante para a população e para os governos municipais e estaduais, é imprescindível otimizar o uso da água dentro dos perímetros irrigados, de forma a utilizar menos água para se atingir a mesma produção.

A implementação de ações direcionadas à melhoria de eficiência no uso, conservação e comercialização da água, representam algumas das alternativas robustas para solução e que trazem atrelado consigo a minimização dos impactos ambientais do aporte de água de drenagem agrícola nos reservatório de Itaparica.

O manejo integrado de nutrientes é uma excelente abordagem para essa melhoria em todos os níveis de produtividade se os agricultores são aconselhados corretamente. Além disso, é fundamental que os planejadores e formuladores de políticas dessa atividade na região, tenham a compreensão do papel dos fertilizantes em sistemas sustentáveis de produção agrícola e promovam articulações suficientes para sua implementação com objetivo de:

- Integrar e divulgar os princípios de redução dos custos de produção com a proteção ao meio ambiente;
- Estimular a avaliação da necessidade de aplicação de fertilizantes, a partir de análises agronômicas realizadas de forma sistemática;
- Prover capacitações e fornecer orientações práticas para os agricultores para adoção do manejo integrado de nutrientes, com ênfase na importância da análise sistemática do solo,

nas necessidades nutricionais específica de cada cultura, no uso de técnicas de rotação de cultura e nos princípios e práticas de adubação;

- Focar o trabalho da ATER no acompanhar o aperfeiçoamento da práticas de fertilização do solo com envolvimento do agricultor e resposta de campo;
- Desenvolver campanhas direcionadas destacando os agricultores que usam fertilizantes de forma responsável.
- Melhorar o nível educacional dos agricultores.
- Estimular práticas e técnicas de irrigação mais econômicas, como gotejo e micro aspersão.

Para a região do entorno do reservatório de Itaparica, tais medidas de gestão tornam-se ainda mais importantes, não apenas pelos seus benefícios ambientais, mas também pela tendência de pulverização da comercialização de fertilizantes químicos dentro dos limites dos perímetros irrigados, com facilidades de crédito e recomendações técnicas de aplicação ditadas pelos próprios estabelecimentos comerciais, o que representa a médio e longo prazo a possibilidade de aumento na aplicação desses produtos, sem maiores considerações sobre o estoque já existente no solo, nem sobre as necessidades nutricionais das lavouras.

Quanto às ações para redução do consumo da água, há muito por fazer em relação à melhoria da eficiência de utilização da água. Em Icó-Mandantes, o sistema de irrigação adotado na concepção do projeto foi de aspersão convencional, mas outros projetos mais recente já consideram o emprego da tecnologia de irrigação por gotejamento, o que reduzir significativamente o consumo de água quando comparado à aspersão convencional.

A utilização de sistemas por gotejamento vem sendo implementadas em Icó-Mandantes pelos próprios agricultores, principalmente nas áreas irregulares, onde uso da água ocorre a partir de desvios dos sistemas regulares. Quanto a estes desvios que tornam-se cada vez mais comuns, inclusive para transferência de água para as agrovilas, e que prejudicam o suprimento como um todo, ações de coibição ou fiscalização são pouco efetivas.

Recomenda-se ainda a implementação de outros métodos que envolvem técnicas associadas às Boas Práticas Agrícolas para de reduzir a erosão do solo, manter nutrientes, aumentar os teores de matéria orgânica e reduzir os efeitos do escoamento superficial nos corpos hídricos. Dentre os quais, destacam-se:

- cultura de cobertura: são plantas rasteiras utilizadas como plantas de cobertura no espaço livre entre as plantas mais altas;

- plantio direto na palha: ocorre quando a palha e os demais restos vegetais de outras culturas são mantidos na superfície do solo;
- matas ciliares: formações vegetais associadas ao corpo hídrico que desempenham o papel de filtro principalmente quanto aos arraste superficiais proveniente das partes mais altas;
- barreiras vegetais: que são faixa de árvores, arbustos, cercas vivas ou mesmo culturas não comerciais, que cria uma divisa física e que não necessariamente estão nas proximidades dos corpos hídricos;
- construção de *wetlands*: que são sistemas artificialmente projetados para utilizar plantas aquáticas em substratos como areia, cascalhos ou outro material inerte, onde ocorre a proliferação de populações variadas de microrganismos que tratam as água residuais por meio de processos biológicos, químicos e físicos.

Os sistemas de drenagem agrícolas dos perímetros irrigados situados no entorno do reservatório de Itaparica, podem ser desenvolvidos com a implantação de algumas dessas técnicas, adotando o fósforo como poluente alvo e considerando destinação da água de drenagem agrícola, para barreiras vegetais ou sistemas *wetlands*, antes do lançamento no lago.

## 6.2 CONTROLE PARA ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A infraestrutura existente para tratamento dos esgotos sanitários gerados no núcleo urbano da cidade de Petrolândia, está constituído das ETE-Leste e ETE-Oeste. Ambas utilizam tecnologia de lagoas de estabilização, que não apresenta eficiência de remoção para nutrientes. Adicionalmente, as duas estações de tratamento, apresentam problemas relacionados ao dimensionamento da capacidade instalada e disfunções operacionais.

Para reduzir o aporte de fósforo decorrente do esgotamento sanitário no município, recomenda-se o aprofundamento e análise crítica da situação atual dos dois sistemas, incluindo todas as estruturas integrantes: ligações prediais, rede de coleta, interceptores, estações elevatórias, unidades de tratamento e controle do sistema, com o objetivo de promover sua adequabilidade e garantir sua confiabilidade operacional. É importante também verificar a existência de ligações clandestinas de águas pluviais ao sistema de esgotamento sanitário ou de esgoto sanitário para águas pluviais, reduzindo riscos de poluição das águas do reservatório de Itaparica.

Considerando a importância dos reservatórios de múltiplos usos para regiões semiáridas, é fundamental avaliar as tecnologias empregadas para tratamento de esgotos municipais, não apenas quanto às exigências mínimas de remoção de carga orgânica, mas também quanto à eficiência do sistema para remoção de nutrientes.

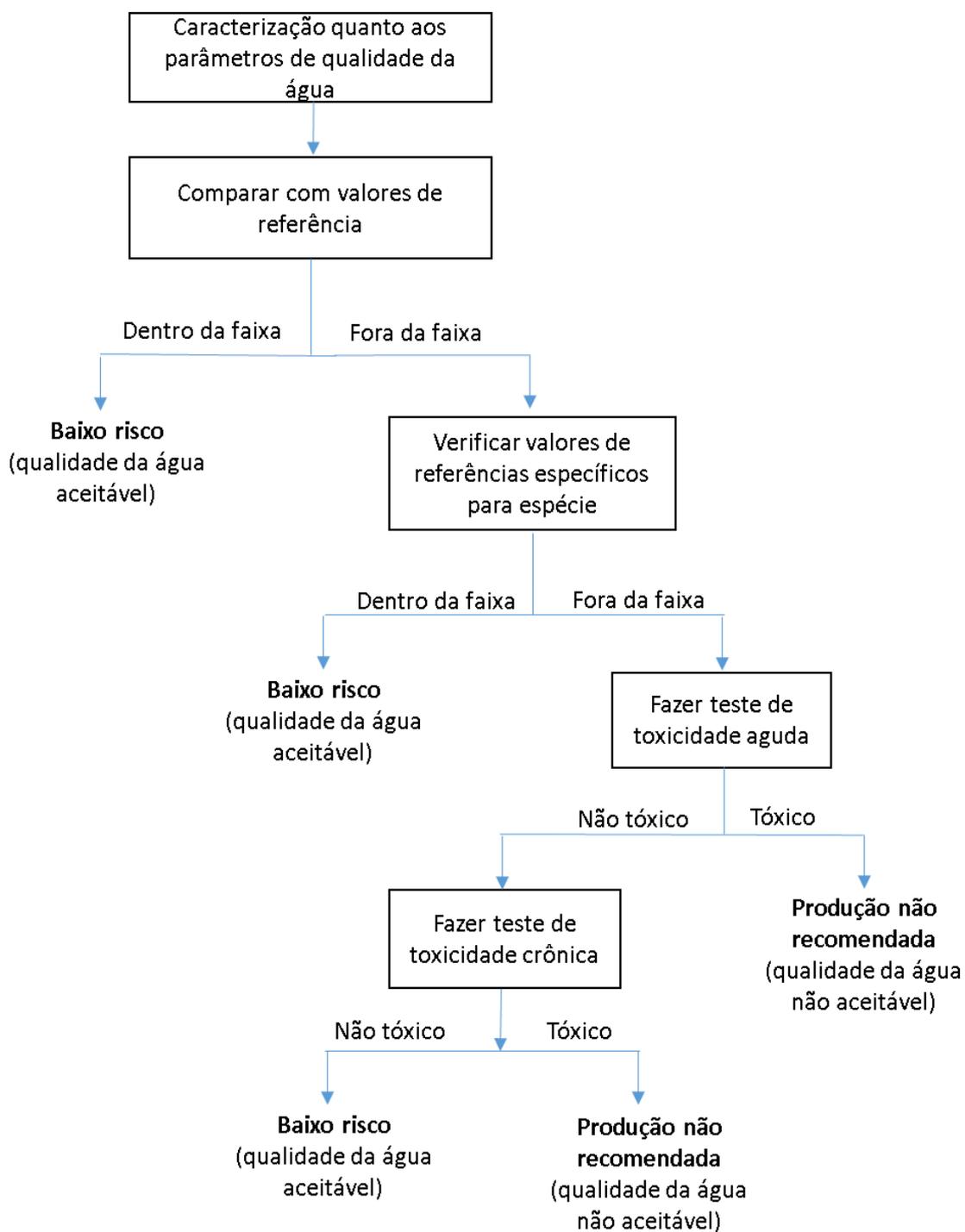
### 6.3 CONTROLE PARA PISCICULTURA EM TANQUES-REDE

O reservatório de Itaparica recebe a drenagem superficial de grandes áreas agrícolas, onde são utilizados diversos tipos de agroquímicos (fertilizantes, corretivos de solos e agrotóxicos). A má qualidade da água pode inviabilizar a produção de peixe em tanques-rede prejudicando o crescimento ou reduzindo a qualidade final do produto e alguns contaminantes críticos para saúde e muito comuns na composição de agrotóxicos. Quando em baixos níveis de concentração não matam os peixes, mas gradualmente, podem se acumular nas espécies ao ponto de representar risco potencial para a saúde dos consumidores humanos (AUSTRALIA; NEW ZEALAND, 2000).

O manual técnico desenvolvido pela Codevasf aplicado à produção de tilápia em tanques-rede na região do rio São Francisco é uma ferramenta importante para o desenvolvimento da atividade na região. No entanto, a abordagem quanto aos impactos ambientais da atividade e a importância da implementação de medidas de controle para evitar e prevenir a degradação da qualidade da água apresenta-se de forma superficial no documento. É recomendável que os manuais direcionados contemplem as Boas Práticas de Manejo e também orientações que despertem a atenção dos produtores para os riscos dos agroquímicos utilizados nas áreas agrícolas. Inclusive devem apontar aspectos toxicológicos e os impactos na qualidade do peixe produzido e os riscos à saúde humana, visando auxiliar no planejamento e operação mais sustentáveis dessa atividade que vem recebendo investimentos públicos e privados e se consolidando como um Arranjo Produtivo Local importante.

O diagrama de bloco apresentado na Figura 6.2 pode ser adotado como ferramenta de suporte na tomada de decisão quanto à viabilidade da piscicultura, considerando além dos parâmetros de referência para qualidade da água, aspectos de toxicidade.

Figura 6.2 – Avaliação dos riscos para atividade de piscicultura em tanques-rede quanto aos aspectos de qualidade da água



Fonte: Adaptado de AUSTRALIA; NEW ZEALAND (2000).

A metodologia de avaliação dos riscos para atividade de piscicultura em tanques-rede apresentada na Figura 6.2, pode suprir uma carência dos manuais técnicos aplicados à atividade quanto à importância do planejamento da atividade e acompanhamento de fatores relacionados a parâmetros de toxicidade da água do reservatório utilizado para o desenvolvimento da piscicultura, uma vez que os sistemas de produção de peixe bem planejados podem contribuir com a redução de perdas de nutrientes e influenciar a redução do aporte de fósforo proveniente da atividade. Além disso, auxilia no fortalecimento do conceito de qualidade do produto, nas dimensões ambiental, sanitária e gerencial da produção.

A implantação de Boas Práticas de Manejo e princípios de sustentabilidade na produção exige dos produtores uma significativa mudança de comportamento e requer a compreensão de que a adoção dessas práticas leva ao aumento da produtividade e à redução dos custos.

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para o trecho estudado do reservatório de Itaparica, o aporte antropogênico de fósforo decorrente de fontes pontuais e difusas é de 56 toneladas por ano. A principal contribuição é proveniente da atividade de piscicultura em tanques-redes, instalada no trecho do reservatório localizado no município de Petrolândia. A falta de limites legais estabelecidos para o lançamento desse nutriente nos corpos hídricos é um problema, que se torna muito mais crítico quando se trata de reservatórios de múltiplos usos que sustentam o abastecimento humano e as atividades econômicas em regiões semiáridas.

A produção intensiva de tilápia em tanques-rede no reservatório de Itaparica dentro do trecho inserido no município de Petrolândia registrou aumento expressivo no período de 2010 a 2014. O número de empreendimento que obteve licença ambiental passou de um para nove, resultando em aumento do potencial de produção da ordem de 380% em cinco anos. O fortalecimento da atividade foi decorrente da organização e articulação de associações de pequenos produtores, promovida pelos governos municipais e estaduais que vêm investindo recursos financeiros para consolidar a piscicultura com um importante Arranjo Produtivo Local. O aporte de fósforo proveniente dos resíduos de ração, das fezes dos peixes e de perdas decorrentes de práticas inadequadas de manejo, representa uma carga 33 toneladas de fósforo por ano para dentro do reservatório. Essa contribuição se justifica também pela falta de Boas Práticas de Manejo para a atividade, que são incipientes na região.

Os teores de fósforo presentes na água de drenagem agrícola do Perímetro Irrigado de Icó-Mandantes apresenta correlação com os teores desse nutriente no solo dos lotes agrícolas e representa uma contribuição de 15 toneladas por ano para dentro do reservatório.

A concentração de fósforo na forma reativa, ou biodisponível, na corrente de água de drenagem agrícola, variou de 0,001 a 0,5 mg.L<sup>-1</sup>. Esses valores são compatíveis com padrões de referência estabelecidos pelo Banco Mundial para a água de drenagem em projetos agrícolas bem manejados. No entanto, para esse perímetro de irrigação, os teores se justificam principalmente pela baixa fertilidade natural do solo e devido a infiltração e adsorção que ocorrem durante o percurso no sistema de drenagem, pois a adoção de boas práticas agrícolas e manejo integrado de nutrientes não são observadas ou ocorrem como iniciativas isoladas e realizadas de forma incipiente.

As práticas agrícolas adotadas também tem relação com o nível de escolaridade dos agricultores, que é baixo, 50% são analfabetos ou cursou até a 4ª série do ensino fundamental. Esse fato aumenta a dependência quanto aos serviços de ATER, dificulta a gestão do uso e aplicação de fertilizantes químicos, principalmente, porque as recomendações de uso têm sido fortemente influenciadas por estabelecimentos comerciais de agroquímicos que vêm se instalando dentro das agrovilas e oferecendo facilidades de crédito e melhores condições de pagamento para os agricultores.

A expansão irregular do cultivo irrigado em faixas de terra destinadas à agricultura de sequeiro ou a reserva legal de vegetação nativa (caatinga) vem se intensificando dentro do Perímetro de Icó-Mandantes. Esse fato potencializa processos erosivos e representa incremento no aporte de fósforo para o reservatório no cenário de médio a longo prazo.

O aporte de fósforo proveniente da geração de esgoto sanitário no núcleo urbano do município de Petrolândia é de 6,9 toneladas por ano e as duas ETEs em operação para tratamento do esgoto não dispõem de tecnologia para remoção de nutrientes e têm uma capacidade instalada que não atende ao número atual de habitantes na cidade. Além disso, é comum a ocorrência de problemas técnicos que ocasionam descontinuidade operacional dos sistemas, principalmente na ETE-Oeste.

Nas agrovilas do Perímetro de Icó-Mandantes a contribuição de fósforo proveniente da geração de esgoto sanitário é da ordem de 1,0 tonelada por ano. Todavia, 97% das casas destinam os esgotos para fossas rudimentares, o que reduz a contribuição dessa fonte para o reservatório de Itaparica. Em 6% das residências foi observado uso de água bruta desviada irregularmente dos lotes agrícolas, nesses casos, o volume de esgoto gerado é maior, sendo comum a disposição das águas cinza em valas nos quintais das casas.

A investigação pontual realizada para registrar a ocorrência de fósforo nos sedimentos de fundo da baía de Icó-Mandantes identificou concentrações representativas de fósforo total em peso seco de sedimento. Os teores aumentaram em função da profundidade, registrando médias de 1,03mg/g, 0,78mg/g, 0,41mg/g e 0,12mg/g para as profundidades de 20m, 10m, 5m e 0m, respectivamente. Apesar dessa reserva de fósforo total presente nos sedimentos, a proporção das formas reativas, ou biodisponível para os produtores primários, na água intersticial dos sedimentos indicou média de 9,48  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , insuficiente para atribuir fertilidade aos sedimentos. A água quase estagnada da baía associada ao grande número de macrófitas

imersas ou emersas concentradas nas confluências com córregos das margens representa forte evidência de que as formas solúveis e reativas de fósforo que chegam ao reservatório são prontamente utilizadas por essas plantas aquáticas, enquanto que as formas particuladas adsorvidas se acumulam nos sedimentos de fundo, conferindo uma reserva que em função da complexa dinâmica de interações entre a coluna d'água e os sedimentos, pode influenciar no nível trófico desse sistema aquático a médio e longo prazo.

Os riscos ambientais de contaminação das águas do reservatório de Itaparica, proveniente das práticas agrícolas e pelo uso de fertilizantes químicos é percebido por 51% dos agricultores. Entretanto eles não sabem relacionar quais os problemas ambientais decorrentes. Para 47% dos agricultores, os fertilizantes não atingem as águas do reservatório porque a quantidade utilizada é pequena e o reservatório fica longe dos lotes.

Por fim, essa pesquisa indicou que a falta de implementação de práticas sustentáveis nas atividades de agricultura irrigada e piscicultura em tanques-rede e o tratamento inadequado do esgoto sanitário, aumentam o risco de eutrofização do reservatório de Itaparica pela contribuição do aporte de fósforo na água e nos sedimentos de fundo. Como estratégia de controle do aporte de fósforo, recomenda-se:

- implementação de boas práticas agrícolas e manejo integrado de nutrientes como ações estruturadoras para as atividades de agricultura irrigada nos perímetros irrigados instalados na margem do reservatório de Itaparica;
- adoção de boas práticas de manejo aplicadas à piscicultura intensiva de tilápia em tanques-rede;
- revisão da legislação aplicável aos reservatórios, principalmente os instalados em regiões semiáridas e que se destinam a múltiplos usos, para o estabelecimento de limites para o parâmetro de fósforo no lançamento de efluentes.
- ampliação e melhoria dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário no núcleo urbano e na zona rural do município de Petrolândia;
- intensificação da educação ambiental contextualizada com os impactos ambientais do uso inadequado de agroquímico na região e a importância da proteção e da necessidade de controle da poluição difusa causada por nutrientes;
- Adoção de técnicas de irrigação mais econômicas;

- Realização de novas pesquisas sobre o aporte de fósforo decorrente de fontes antrópicas para dentro reservatório de Itaparica, para elucidar mais detalhes da dinâmica desse nutriente e propor a redução dos impactos relacionados.

Acredita-se que esta tese tenha contribuído com avanço nas pesquisas desenvolvidas no âmbito do Projeto Innovate, pela integração com os outros temas estudados e principalmente, pelo desenvolvimento de uma estratégia orientada para o controle do aporte de fósforo dentro de reservatórios e para gestão ambiental, contribuindo para prevenção dos problemas relacionados à eutrofização desses importantes sistemas aquáticos.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO. Pernambuco em Mapas. Recife: CONDEPE/FIDEM. 159 p., 2011.

AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO. Petrolândia: CONDEPE/FIDEM, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Boletim de monitoramento dos reservatórios do Rio São Francisco, Brasília: ANA, 2008.

AGENCIA NACIONAL DE AGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012. Ed. Especial. Brasília: ANA, 2012.

AGENCIA NACIONAL DE AGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2014. -- Brasília: ANA, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Diagnóstico analítico da bacia do rio São Francisco e da sua zona costeira. Brasília, 2003. Relatório Final (Resumo Executivo). . Brasília: ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. O Estado da arte da agricultura irrigada e as modernas tecnologias no uso racional da água na irrigação. Brasília: ANA, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Plano Decenal da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Plano da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco 2004 - 2013. Brasília: ANA, 2004.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. Bacias hidrográficas - grupo de bacias de pequenos rios interiores 3 - GI3. Recife: APAC, 2013. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php>>. Acesso em: 25 de set 2013.

ANTONELLO, M. M. B.; TRAVASSOS, P. E. P. F.; CANDEIAS, A. L. B.; SEVERI, WILLIAM. Uso de sensoriamento remoto na avaliação de características limnológicas do reservatório de Itaparica, Submédio Rio São Francisco. In: Reservatórios do Nordeste do Brasil: Biodiversidade, Ecologia e Manejo. Bauru, SP: Canal6, p. 171-185, 2010.

ARAÚJO, M. L. C. Grandes obras...Grandes impactos. Cad. Est. Soc. Recife, v. 17, n.1, p. 5-30, jan./jun., 2001.

ARRUDA, N. O., SOBRAL, M. C. M., CARVALHO, R. M. C. M. O., SILVA, G. M. N., LIRA, M. M. P. Aspectos do saneamento básico no semiárido pernambucano: estudo de caso no perímetro irrigado do sistema Itaparica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS NATURAIS DO SEMIÁRIDO - SBRNS, Iguatu, 2013. Anais... CD-ROM.

ASFORA, M. C; CIRILO, J.A.. Reservatório de regularização: alocação de água para usos múltiplos com diferentes garantias. Revista de Gestão de Água da América Latina, REGA, v.2, n. 2, p. 27-38, jul/dez, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA. Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Projeto Prosab. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

AURELIANO, J.; LACERDA, A.; FALCÃO, D.; MARINHO, L.H.; BRITO, J. Levantamento dos sistemas de tanque-rede nos reservatórios da Chesf, em Pernambuco. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17, 2007, São Paulo: ABRH:SBRH, 2007. CD-ROM.

AUSTRALIAN AND NEW ZEALAND ENVIRONMENT AND CONSERVATION COUNCIL, AGRICULTURE AND RESOURCE MANAGEMENT COUNCIL OF AUSTRALIA AND NEW ZEALAND. Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. Volume 1, The guidelines. 2000.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. Fertilizantes: uma visão global sintética.. Rio de Janeiro, n. 24, p.97-138: BNDES, 2006.

BAPTISTA, M. G.; NIXDORF B.; GUNKEL, G. Phyrophankton diversity and succession in Brazilian and German lakes. In: Sustainable management of water and land in semiarid áreas. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2013.

BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. Controle ambiental da água: curso de gestão ambiental: Manole, 53-99 p., 2004.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3. São Paulo: Escrituras, p. 145-160. 2006.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 302/2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Brasília, 2002.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 359/2005. Relatório final Grupo de Monitoramento de Fósforo - Resolução CONAMA 359/05. Relatório dos Trabalhos Desenvolvidos pelo Grupo Técnico do Fósforo Total. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1242/RelatFinalFosforo.pdf> <<acesso em 21 setembro de 2013>>

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 359/2005. Dispõe sobre a regulamentação do teor de fósforo em detergentes em pó para uso em todo o território nacional e dá outras providências. Brasília, 2005.

BRASIL. Constituição da Republica Federativa do Brasil. Brasília, 5 de outubro de 1988.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 2007.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Brasília, 1997.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasília, 2000.

BRASIL. MME. Ministério de Minas e Energia. Relatório GT-Fertilizantes. Setembro de 2008. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 13 de março de 2014.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. Gestão das águas: princípios e práticas. Porto Alegre: ABRH, 107 p., 2003.

CANDEIAS, A.L.B.; TAVARES JÚNIOR, J.R.; CANTO, L.F.C.; GUNKEL, G.; FARIAS, R.D. Análise especial do reservatório de Itaparica dos anos 1978 a 2014. In.: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Anais... João Pessoa, 2015.

CARMICHAEL, W.W. et al. Human fatalities from cyanobacteria: chemical and biological evidence for cyanotoxins. *Environmental Health Perspectives*, v.109, p.663-668, 2001.

CARVALHO, N.O; FILIZOLA JÚNIOR, N.P; SANTOS, P.M.C; LIMA, J.E.F.W. Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios. Brasília: ANEEL. 140p., 2000.

CARVALHO, R. M. C. M. de O; SOBRAL, M. do C.; SILVA, M. M. Manejo da Salinidade em Perímetros Irrigados No Semiárido Pernambucano . In: Workshop manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada, 2007, Recife. Anais..., 2007. Recife, 2007 (Anais em CD).

CARVALHO, R.M.C.M.O. Avaliação dos perímetros de irrigação na perspectiva da sustentabilidade da agricultura familiar no semiárido Pernambucano. 2009. Tese. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2009.

CARVALHO, R.M.C.O; SOBRAL, M.C.M; MELO, G.L.; SILVA, G.M.N.; LIRA, M.M. Uso da água em agricultura irrigada no semiárido: um estudo do perímetro de irrigação de Apolônio Sales, sistema Itaparica, Pernambuco, Brasil. In. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 10, 2013, Bento Gonçalves: ABRH:SBRH, 2013. CD-ROM.

CASSOL, A. P.V. Impacto da espécie invasora *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 em duas represas do Alto Jacuí. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), 2014.

CBHSF. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco - resumo executivo. Salvador: CBHSF, 2004.

CHESF. COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. Descrição do aproveitamento de Luíz Gonzaga. Disponível em [http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf\\_portal/paginas/sistema\\_chesf/sistema\\_chesf\\_geracao/container\\_geracao?p\\_name=8A2EEABD3BE1D002E0430A803301D002](http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf_portal/paginas/sistema_chesf/sistema_chesf_geracao/container_geracao?p_name=8A2EEABD3BE1D002E0430A803301D002). Acesso em 02 fevereiro de 2013.

CHESF. COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório de Itaparica (PACUERA): CHESF, 2010.

CHESF. COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. Projeto de Irrigação Icó-Mandantes. Plantas do arranjo do sistema de drenagem dos Blocos 3 e Bloco-4: CHESF, 2011.

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido: Revista Estudos Avançados. 22 (63), p. 61-82, 2008.

COÊLHO, Hemílio, planejamento amostral, Curso de Especialização em Estatísticas Sociais, FUNDAJ, 2013.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco: resumo executivo. Salvador, 2004.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. Cenários para Sub-região Submédio São Francisco: In: Cenários prospectivos para os vales do São Francisco e do Parnaíba: 2009 a 2028. Brasília: CODEVASF, 2010.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. Manual de criação de peixes em tanques-rede. 2 ed. – Brasília: CODEVASF, 2013.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório de Itaparica: Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial: CHESF, 2010.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório de Itaparica: Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial: CHESF, 2010.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. Projeto de Irrigação Icó-Mandantes: Plantas do arranjo do sistema de drenagem dos Blocos 3 e Bloco-4. Petrolândia: Convênio CHESF-CODEVASF, 2011.

CORREIA, R. M. et al. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:305-314, 2009.

COSTA, B. et al. Influência do ciclo hidrológico do reservatório de sobradinho sobre a carga de fósforo total. Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, 3: 32-35, 2008.

DAVIS, D. & MACK, J. Water Quality. Kent State University and Miami University. Disponível em: <<State Universityhttp://www.lakescientist.com/lake-facts/water-quality/>>. Acesso em 31 de maio de 2014.

DIAS, J. D.; SIMOES, N. R.; BONECKER, C.C. Net cages in fish farming: a scientometric analysis. Acta Limnol. Bras. [online]. vol.24, n.1, p. 12-17., 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Boas práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-redes. Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 27p., 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na região semiárida / editor: Fernando Cezar Saraiva do Amaral. – Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na região semiárida. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco. Recife: EMBRAPA, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Desenvolvimento de um sistema informatizado para a gestão ambiental da aquicultura com base em Boas Práticas de Manejo (BPM). Relatório Dezembro de 2012. EMBRAPA, 2012. Disponível em: <http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/aquabrazil/projetos-componentes-1/manejo-e-gestao-ambiental-da-aquicultura/resultados-obtidos-pc5/sistema-aquisys-relatorio-ate-dezembro-2012/view?searchterm=aquisys>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Diagnóstico Agroambiental do Município de Petrolândia - Estado de Pernambuco. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2004, Circular Técnica nº 29.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Diagnóstico agroambiental do município de Petrolândia no Estado de Pernambuco: Circular Técnica nº 29. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de Boas Práticas Agrícolas e Sistema APPCC. Brasília: EMBRAPA/SEDE, 101 p., 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Recursos hídricos no Brasil e no mundo / Jorge Enoch Furquim Werneck. – Planaltina: EMBRAPA CERRADOS, 2001, Documento nº 33.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Recursos hídricos no Brasil e no mundo. Documento nº33. Planaltina. EMBRAPA, 2001.

ESTEVEES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

ESTEVEES, F.A. Fundamentos de Limnologia. Ed. Interciência Rio de Janeiro, 826 p., 2011.

FARIAS, M. M. M. W. E. et al. Vulnerabilidade à eutrofização de reservatórios a partir da estimativa de cargas poluentes. In: V Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica. Anais...Belém, 2009.

FERREIRA JÚNIOR, M. G. Uso de modelagem na avaliação da capacidade de suporte de reservatórios com projetos de aquicultura, tendo fósforo como fator limitante. Tese (Doutorado em Engenharia Oceânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. de et al. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. Engenharia Sanitária e Ambiental , Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 399-409, 2007.

FONSECA, R. et al. Implicações da mineralogia das argilas no comportamento geoquímico do fósforo de sedimentos de lagos artificiais Mediterrânicos e Tropicais. In: VII Congresso Nacional de Geologia. Universidade de Evora. Portugal. 2006.

FONSECA, R.M.F.DA. Impactos ambientais associados a barragens e a albufeiras: estratégia de reaproveitamento dos sedimentos depositados: Dams Impacts and hazards. Évora. Anais... Évora: DAMS, 2002.

FRANZEN, M. Dinâmica do fósforo na interface água-sedimento em reservatórios: Tese Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, C.B., et al. Spatial and temporal change characterization of *Ceratium furcoides* (Dinophyta) in the equatorial reservoir Riogrande II, Colombia. Acta Limnologica Brasiliensia. v.24. n. 2. p.207-219. 2012.

GINKEL, C. E. V.; HOHLS, B.C.; VERMAAKA, E. *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) bloom in Hartbeespoort Dam, South Africa. Water SA. v. 27 n. 2. 2001.

GONÇALVES, E. P. Ecologia de cianobactérias em lagoas de estabilização no semiárido pernambucano: Tese. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2011.

GUNKEL, G. Capacidade de carga e o uso múltiplo da água de reservatórios-Eutrofização versus Re-Oligotrofização - Parte do projeto "INNOVATE". In: XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, João Pessoa, 2012.

HEANEY, S. I., et al. Population dynamics of *Ceratium* spp. in three English lakes, 1945-1985. Hydrobiologia. v.161, p.133-148. 1988.

HIDRO SONDAS. Hidrogeologia e Construção Ltda. Relatório Gerencial de Operação e Manutenção do Projeto Irrigado Icó-Mandantes. Bloco-03 referente ao mês de dezembro de 2011, jan/2012.

HUPFER, M. & RUBE, B. Origin and diagenesis of polyphosphate in lake sediments: A <sup>31</sup>P-NMR study. Limnology and Oceanography - 49(1), p.1-10, 2004.

HUPFER, M., GÄCHTER, R., GIOVANOLI, R. Transformation of phosphorus species in settling seston and during early sediment diagenesis. Aquat. Sci. 57: 305-324, 1995.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco (2º aproximação). Recife: IPA, 198p 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resultados da Amostra do Censo Demográfico. Petrolândia: IBGE, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Petrolândia: IBGE, 2014.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE. Mancha no São Francisco é causada por concentração de microalgas, Alagoas, abril. IMA, 2015. Disponível em: <http://ima.al.gov.br/ima-apresenta-relatorio-final-sobre-a-mancha-no-sao-francisco>. Acesso em: 25 abr. 2015.

INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE. Planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização. Série de publicações técnicas 11P: UNEP-IETC, 2001.

INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION. Environmental, health and safety guidelines for plantation crop production. April: IFC, 2007.

INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION. Sobre o IFC. Mai. 2013. Disponível em: [http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Multilingual\\_Ext\\_Content/IFC\\_External\\_Corporate\\_Site/Home\\_PT](http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Multilingual_Ext_Content/IFC_External_Corporate_Site/Home_PT). Acesso em: 03 mai. IFC, 2013.

LOPES H.L., SOBRAL M.C., GUNKEL G., CANDEIAS A.L, MELO G.L. (2013) First approach to retrieve chlorophyll-a using remote sensing techniques in Itaparica reservoir, semiarid of Pernambuco, Brazil. In: Gunkel G., Silva J.A.A. de, Sobral M. do C. (Eds.) Sustainable Management of Water and Land in Semiarid Areas. Editora Universitária UFPE, Recife, p. 41-59, 2013.

LUBARINO, J. C. Relatório gerencial de operação e manutenção do Projeto Irrigado Icó-Mandantes – Bloco – 04: Hidrosondas, 2012

MATSUMURA-TUNDISI, T., *et al.* Occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 bloom at the Billings Reservoir, São Paulo State, Brazil. *Braz. J. Biol.* v. 70. n. 3. p. 825- 829. 2010.

MELO, G. L. de. Estudo da qualidade da água do reservatório de Itaparica localizado na bacia do Rio São Francisco. 2007. Dissertação. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

MELO. G.L. et al. Influência de variáveis ambientais na comunidade fitoplanctônica nos reservatórios receptores do projeto de integração do Rio São Francisco. *Revista Brasileira de Geografia Física* 06, p.1300-1316, 2012.

MENESCAL, R.A.; PERINI, D.S.; SCHERER-WARREN, M.; CARVALHO, M.S.B.S.; MARTINS, E.S.P.R.; SOARES, A.M.L.; CHAVES, L.C.G.; OLIVEIRA, F.A.J. Identificação de reservatórios naturais e artificiais no Brasil. In. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - SBRH. Anais... Campo Grande, 2009.

METCALF & EDDY. Wastewater Engineering Treatment and Reuse: McGraw Hill, 2004.

MILLER, G. T. Ciência ambiental. Tradução Thomson Learning. São Paulo, 123p., 2007.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Projeto de integração do rio São Francisco com bacias hidrográficas do nordeste setentrional. Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Brasília, MI, 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Caderno da região hidrográfica do São Francisco. Brasília, 148 p.: MMA, 2006.

MORAIS M., M. DO C. SOBRAL, H. SILVA, G. MELO, A. PEDRO, J. J. S. P. CABRAL & P. SARMENTO. Qualidade da água em reservatórios. In Recursos Hídricos para a Convivência com o Semiárido: ABRH/CISA, p.301-330. Porto Alegre, 2011.

MORETI, et al. Spatial and temporal fluctuation of phytoplankton functional groups in a tropical reservoir. *Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá* [on-line], v. 35, n. 3, p. 359-366, July-Sept., 2013

MOSS, G. & MOSS, M. (Eds.). *Brasil das Águas: Revelando o Brasil verde e amarelo*, 157p. Rio de Janeiro: Supernova, 2005.

MOURA et al. Cianobactérias planctônicas em reservatórios eutrófico do Estado de Pernambuco. In. *Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo*. Bauru: Canal 6, p 114-143, 2010.

MOURA JÚNIOR, E. G., et al. Macrófitas Aquáticas do Reservatório Sobradinho – BA, Trecho Submédio do Rio São Francisco. In. *Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo*. Bauru: Canal 6, p 187-214, 2010.

MULLINS, G. Phosphorus, agriculture e the environment. College of Agriculture and Life Sciences, Polytechnic Institute and State University. Virginia, 2009.

MURPHY, J., RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Acta* 27: 31–36., 1962.

NOGUEIRA, V. P. Q. Qualidade da água em lagos e reservatórios, PORTO, R. L. L. *Hidrologia ambiental*, São Paulo, p.165-210, 1991.

O'NEIL, J.M.; DAVIS, T.W.; BURFORD, M.A.; GOBLER, C.J. The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae* 14 (2012) 313-334.

ODUM, E.P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 434p, 1988.

OLIVEIRA, S.M. A. CORRÊA e VON SPERLING, M.. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: análise de desempenho. *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. v.10, n.4, pp. 347-357, 2005.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Volume dos principais reservatórios: Luiz Gonzaga. Disponível em: [http://www.ons.org.br/historico/percentual\\_volume\\_util\\_out.aspx](http://www.ons.org.br/historico/percentual_volume_util_out.aspx). Acesso em: 05 Jan. ONS, 2015.

ÖZGEN I., SEEMANN S., CANDEIAS A. L., KOCH H., SIMONS F., HINKELMANN R. Simulation of hydraulic interaction between Icó-Mandantes bay and São Francisco river, Brazil. In: Gunkel G., Silva J.A.A. de, Sobral M. do C. (Eds.) 2013 – Sustainable Management of Water and Land in Semiarid Areas. Editora Universitária UFPE, Recife, pp 28-38, 2013.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; Mc MAHON, T.A. Update world map of the Koppen-Geider climate classification. *Hidrology and Earth System Sciences*:11. p.1633-1644. 2007.

PERNAMBUCO. Diagnóstico dos arranjos produtivos do estado e análises de estudo de caso. Programa de apoio ao desenvolvimento rural sustentável de Pernambuco. Recife: PRORURAL, 2011.

PLANEJAMENTO E ENGENHARIA AGRONÔMICA LTDA. Relatório: Exploração Agrícola de 2008 a 2011 – Perímetro Icó-Mandantes. PLANTEC, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PETROLÂNDIA. Foto aérea do reservatório de Itaparica: Petrolândia, 2011.

PSENNER, R., PUCSKO, R., SAGER, M. Die Fraktionierung organischer und anorganischer Phosphorverbindungen von Sedimenten – Versuch einer Definition ökologisch wichtiger Fraktionen. – Arch. Hydrobiol. Suppl. 70: 111–155., 1984.

QUEVEDO, C.M.G.; PAGANINI, W.S. Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública. Ciências & Saúde Coletiva, 16(8): 3529-3529, 2011.

REIS, R, S; NOVO, M. L. M.; ESPÍNDOLA, E L G; SEVERI, W. Uso de imagens landsat e dados de campo para avaliar a distribuição espacial de material em suspensão em reservatórios do semiárido brasileiro, Belo Horizonte. Anais Belo Horizonte: INPE , p. 2569 – 2577, 2003.

RIBEIRO FILHO, R.A; PETRERE JUNIOR, M. B. C.; BENASSI, S.F.; PEREIRA, J.M.A. Itaipu Reservoir limnology: eutrophication degree and the horizontal distribution of its limnological variables. Biol., v. 71, n. 4, p. 889-902, 2011.

RICHTER, Brian D. Chasing water: a guide for moving from scarcity to sustainability: Island Press, USA. Island Press: 208p., 2014.

ROCHA, B.C.G.; VITAL, T. A piscicultura em tanque-rede no município de Petrolândia-PE: Um arranjo produtivo local em construção. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.5, n.3, p.475-492, set/dez 2012.

ROCHA, S. A. et al. Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização. Revista Verde. 4(4), p. 1-6, 2009.

ROTTA, M. A. Boas práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-rede. Corumbá: Embrapa Pantanal, 27 p, 2003.

ROY, R. N. Plant nutrition for food security. Rome, : FAO, 2006.

SAIANI, C. C. S. e TONETO JÚNIOR, R. Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil. Economia e Sociedade, Campinas, v. 19, n.1 (38), p. 79-106, abr. 2010.

SALAS, H.; MARTINO, P. Metodologias simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales. Programa Regional CEPIS/HPE/IOPS, 52p., 2001.

SANT'ANNA C.L., AZEVEDO M.T.P., AGUJARO L.F., CARVALHO M.C., CARVALHO M.C. and SOUZA R.C.R. Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras. Rio de Janeiro: Interciência; São Paulo: Sociedade brasileira de Ficologia, P.9-15, 2006.

SANTOS et al ; ARAÚJO FILHO, J. C. . SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. v. 1. 306p .

SCHENATO, R. B. Dinâmica do fósforo de sedimentos de uma pequena bacia hidrográfica de cabeceira. 2009. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.

SCHÖPERT, M.L. Influences on the nutrient level in agricultural drainage water in the semi-arid area “Icó-Mandantes” in Pernambuco, Brazil. (Bachelor of Science Thesis). Technische Universität Berlin Institut für Technischen Umweltschutz Fachgebiet Wasserreinigung Prof. Dr.-Ing. Martin Jekel. June, 69p, 2014.

SCHÖPERT, M.L. Influences on the nutrient level in agricultural drainage water in the semi-arid area Icó-Mandantes in Pernambuco, Brazil. Technische Universität Berlin and Universidade Federal de Pernambuco. 2014.

SCOTT, Parry. Re-assentamento: saúde e insegurança em Itaparica: um modelo de vulnerabilidade em projetos de desenvolvimento: Saúde e Sociedade. 15, 0104-1290, 74-89, 2006.

SELGE, F. & GUNKEL, G. Water reservoir: worldwide distribution, morphometric characteristics and thermal stratification processes. In: Sustainable management of water and land in semiarid áreas. – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2013.

SHIKLOMANOV, I. A. World water resources – a new appraisal and assessment for the 21st century. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. UNESCO, 1998.

SILVA *et al.* Caracterização limnológica e determinação de estado trófico de seis reservatórios do Estado de Pernambuco. Páginas (266-282p.). In. Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo/ Organização de: Ariadne do Nascimento Moura, Elcida de Lima Araújo, Maria do Carmo Bittencout-Oliveira, Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel e Ulysses Paulino de Albuquerque. - - Bauru, SP: Canal6, 2010

SILVA, D.J.; ARAÚJO, C.A. DE S. Agricultura irrigada: a importância da adubação. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30., 2005, Recife. Anais. Recife, PE: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD Rom

SILVA, L. C., et al. Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides*(Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables. Biota Neotropica. v..12. n.2. p.93-100. 2012

SILVA, M. M. da; CANDEIAS, A. L. B.; SILVA, V. U. F. da; CARVALHO, R. M. C. M. de O. A prática da agricultura familiar no entorno de reservatórios do semiárido . In: Reunião anual da rede luso-brasileira de estudos ambientais: seminário internacional sobre gestão de reservatórios e bacias hidrográficas: intercâmbio de experiências de Portugal, Alemanha e Brasil. 10., 2006, Recife. Anais... Recife:UFPE/TU Berlin, 2006.

SILVA, M. M; CANDEIAS, A. L. B., SILVA, V. U. F.; CARVALHO, R. M. C. M. O. Family Agriculture in Brazilian Semi-Arid. In: Reservoirs and River Basins Management: Exchange of Experience from Brazil, Portugal and Germany. Berlin: Technische Universität Berlin, 2007.

SILVA, R. R. Metodologia para mapeamento de solos na escala 1:100.000 usando tecnologias de geoinformação, 2011.

SILVA, R. R. Metodologia para mapeamento de solos na escala 1:100.000 usando tecnologias de geoinformação. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

SILVA, R. R.; SILVA, F. F.; CANDEIAS, A. L. B.; ARAÚJO FILHO, J. C. Análise das classes de relevo e uso das terras no município de Petrolândia - Pernambuco, utilizando técnicas de geoprocessamento. In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, Fortaleza, 2009.

SILVA, S. S. L.; ZICKEL, C. S. Macrófitas Aquáticas: Conceitos e Metodologias para os Reservatórios Nordestinos: biodiversidade, ecologia e manejo. São Paulo. Anais... São Paulo. 576 p., 2010.

SOBRAL, M. C. M. Estratégia de gestão dos recursos hídricos no semiárido brasileiro. Revista Eletrônica do Prodepa, Fortaleza, v.7, n.2, p. 76-82, nov. 2011.

SOBRAL, M. C. M.; CARVALHO, R. M. C. M. de O, MELO, G. L. de Melo, LOBO, L. L. Evaluation of environmental impacts of irrigated agriculture in the semi-arid of northeast Brazil, 2007.

SOBRAL, M. C. M.; CARVALHO, R. M. C. M. de O. Gerenciamento de riscos ambientais em reservatórios de múltiplos usos localizados na região semi-árida. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RESERVATÓRIOS E BACIAS HIDROGRÁFICAS, 10, 2006, Recife. Anais... Recife: UFPE, TU Berlin, 2006.

SOBRAL, M. C., CARVALHO, R. M. C. M. O, FIGUEIREDO, R. de C. B. Environmental risk management from multiple use of reservoirs. In: Reservoirs and River Basins Management: Exchange of Experience from Brazil, Portugal and Germany . Berlin: Technische Universität Berlin, 2007.

SOBRAL, M. C.; CARVALHO, R. M. C. M. de O.; SILVA, M. M.; MELO, G. L. Uso e ocupação do solo no entorno de reservatórios no semiárido brasileiro como fator determinante da qualidade da água. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30, 2006, Punta del Leste, Anais... Punta del Leste: AIDIS, 2006.

SOBRAL, M. C.; CARVALHO, R. M. C. M. O.; FIGUEIREDO, R. de C. B. Environmental risk management from multiple use of reservoirs. In: Reservoirs and River Basins Management: Exchange of Experience from Brazil, Portugal and Germany, 2007, Berlin. Anais... Berlin: Technische Universität, Berlin, 2007.

SOIL ASSOCIATION. A rock and a hard place: peak phosphorus and the threat to our food security. 2010. Disponível em <http://www.soilassociation.org>

SOUZA, W. F. L. Impactos de Barragens sobre os Fluxos de Materiais na Interface Continente-Oceano. Rev. Virtual Quim. 3 (2), p.116-128, 2011.

STEVENS C.; QUINTON, J. Diffuse pollution swapping in arable agricultural systems. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 39(6), pp. 478-520, 2009.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. (Ed.). Gerenciamento da qualidade da água de represas. São Carlos: ILEC/IEE. 258 p., 2000.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G. Diretrizes para o gerenciamento de lagos. Gerenciamento da qualidade da água de represas. Desempenho do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho . Rev. bras. Eng. Agríc. Ambient. v.5 n.2 Campina Grande, 2001.

TANJI, K. K. & KIELEN. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. FAO 61, pp. 3-151: FAO, 2002.

THOMAZ, E.L. Runoff and sediment transport in a degraded área. Revista Brasileira de Ciência dos Solos, 36:243-252, 2012.

TOMAZ, Plínio. Poluição Difusa. São Paulo: Navegar Editora, 2006.

TUCCI, C.E.M. Modelos de qualidade da água em reservatórios. In: WROBEL, L.C.; TUCCI, C. E. M.; SILVA, R. C. V. Métodos numéricos em recursos hídricos: 1. Rio de Janeiro: ABRH. p. 222-301, 1989.

TUNDISI (1994). TUNDISI, J. G. “Regional Approaches to River Basin Management in La Plata: an Overview”, in Environmental and Social Dimensions of Reservoirs, Development and Management in the La Plata River Basin. Nagoya, UNCRD, p. 1-6, 1994.

TUNDISI, J. G. Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez, São Carlos: Ed. RiMa, p. 248., 2003.

TUNDISI, J. G. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. Revista USP, São Paulo, n.70, p. 24-35, junho/agosto, 2006.

TUNDISI, J. G. Planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios : uma abordagem integrada ao problema da eutrofização. United Nations Environment Programme: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente/Instituto Nacional de Ecologia, São Carlos: 2001.

TUNDISI, J. G. Regional Approaches to River Basin Management in La Plata: an Overview. In Environmental and Social Dimensions of Reservoirs, Development and Management in the La Plata River Basin. Nagoya, UNCRD, p. 1-6, 1994.

TUNDISI, J.G. Impactos Ecológicos da Construção de Represas, Aspectos Específicos e Problemas de Manejo. J.G. Tundisi (Ed.), Limnologia e Manejo de Represas. Série Monografias em Limnologia. EESC – USP/CRHEA/ACIEP v. I, Tomo 1, 1988.

VALENTI, W. C. Introdução. In: Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. Brasília: CNPq: Ministério da Ciência e Tecnologia. p. 25-32., 2000.

VALENTI, W.C. Aqüicultura sustentável. In: Congresso de Zootecnia, 12º, Vila Real, Portugal, 2002, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais...p.111-118.

VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas, 90 p., 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. WHO, 1999. Disponível em [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resourcesquality/toxcyanobacteria.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/toxcyanobacteria.pdf). Acesso em: 05 Set. WHO, 2014.

# APENDICE 1 - QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA LEVANTAMENTO DE DADOS DO PERFIL E PERCEPÇÃO DOS AGRICULTORES E DAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
ÁREA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS

## Questionário da Pesquisa de Campo

Prezado respondente,

Este questionário é o instrumento da pesquisa "Avaliação do aporte de fósforo no sedimento de reservatório de usos múltiplos no semiárido do nordeste", elaborada pela doutoranda Nailza Oliveira de Arruda, sob a orientação do Profa. Dra. Maria do Carmo Sobral. A pesquisa está vinculada ao Projeto de Cooperação Internacional INNOVATE, "Interplay between the multiple use of water reservoirs via innovative coupling of substance cycles in aquatic and terrestrial ecosystem" instituído com financiamento dos governos do Brasil de da Alemanha e sob a coordenação da Universidade Técnica de Berlin (TU Berlin) e da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

### DADOS DA PESQUISA

PERÍMETRO: ICÓ-MANDANTES	( ) BLOCO-03	( ) BLOCO-04	QUADRA/EB:	LOTE:
ENTREVISTADOR: NAILZA OLIVEIRA DE ARRUDA			QUESTIONÁRIO N°	DATA DA PESQUISA:

### DADOS DO ENTREVISTADO

NOME:
ENDEREÇO:
TELEFONE:

### Informações de Caracterização

**V1** 1 – Idade ou faixa etária: \_\_\_\_\_

<b>V2</b> 2 – Sexo:	Homem	1
	Mulher	2

<b>V3</b> 3 – Escolaridade:	Sem escolaridade	1
	1 à 4 série	2
	5 à 8 série	3
	Ensino médio incompleto	4
	Ensino médio completo	5
	Curso técnico	6
	Superior incompleto	7
	Superior completo	8
	Não sabe	88
	Não respondeu	99

**V4** 4 – Qual a sua condição como agricultor dentro do perímetro de Icó-Mandantes?

Reassentado	1
Filho de reassentado	2
Outro parentesco do reassentado	3
Comprou o lote de reassentado	4
Alugou o lote	5
Outra:	9
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V5** 5 – Qual a sua renda familiar?

Até 1 salário mínimo	1
Entre 1 e 2 salários mínimos	2
Entre 2 e 3 salários mínimos	3
Acima de 3 salários mínimos	4
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V6** 6 – Você nasceu neste município e nesta comunidade, ou em região próxima a esta comunidade?

Sim	1
Não	2
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V7** 7 – Quantas pessoas residem na sua casa? |\_\_|\_\_|**V8** 8 – Há quanto tempo reside no perímetro? |\_\_|\_\_| anos e |\_\_|\_\_| meses**V9** 9 – Qual o tamanho do seu lote?

1,5 ha	1
3,0 ha	2
4,5 ha	3
6,0 ha	4
Outros (especificar)	9
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V10** 10 – Qual a(s) culturas que você costuma plantar no seu lote atualmente?

Coco	1
Manga	2
Goiaba	3
Melancia	4
Melão	5
Abobora	6
Uva	7
Cebola	8
Outra:	9

**V11** 11 – Qual o tipo de sistema de irrigação que usa no lote?

Aspersão convencional	1
Micro aspersão	2
Gotejamento	3
Outra (especificar)	9
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V12** 12 – Qual o tipo de drenagem utilizada no lote?

Desnível natural do lote	1
Valas escavadas	2
Dreno coletor entubado	3
Outro (especificar)	9
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V13** 13– Qual o tipo de solo predominante em seu lote?

--

**V14** 14 – Costuma fazer análise do solo?

Sim	1
Não	2
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V15** 15 – Por quê ?

--

**V16** 16 – Se faz, com que frequência?

--

**V17** 17 – Qual o tipo de adubação que você usa no lote?

Natural (esterco)	1
Fertilizantes químicos	2
Esterco + Fertilizantes químicos	3
Outros (especificar)	9
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V18** 18 – Recebe ou já recebeu orientação dos técnicos de ATER sobre como fazer adubação correta para sua cultura?

Sim	1
Não	2
As vezes	3
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V19** 19 – Quando recebe orientação dos técnicos de ATER sobre como fazer adubação, você aplica a orientação?

Sim	1
Não	2
As vezes	3
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V20** 20 – Quando utiliza fertilizantes químicos você nota melhoria na produção do lote?

Sim	1
Não	2
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V21** 21 – Quando vai comprar fertilizante químico, procura os produtos certificados?

Sim	1
Não	2
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V22** 22 – Quais os fertilizantes a base de fósforo que costuma utilizar?

Superfosfatos	1
Termofosfatos	2
Ácido fosfórico	3
MAP	4
DAP	5
MKP (Peak)	6
Fosfato de uréia	7
Outro:	9
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V23** 23 – Quando usa fertilizantes, como faz a aplicação?

--

**V24** 24 – Quando usa fertilizantes químicos costuma fazer anotações sobre o fertilizante e a aplicação?

Sim	1
Não	2
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V25** 25 – Onde e como costuma armazenar os fertilizantes químicos?

Sim	1
Não	2
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V26** 26 – Se pudesse dosaria mais fertilizantes químicos?

Sim	1
Não	2
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V27** 27 – Costuma usar outras formas para melhorar a fertilidade do solo. Qual (is)?

Ex.: incorporação de matéria orgânica no solo, rotação de cultura, plantação de leguminosa, etc.

**V28** 28 – Você acha que o uso de fertilizantes pode chegar no reservatório de Itaparica e causar algum problema?

Sim	1
Não	2
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V29** 29 – Há algum problema que você gostaria de relacionar com a questão de adubação dos lotes em Icó-Mandante?

--

**V30** 30 – Você usa os equipamentos individuais de segurança (EPIs)?

Sim	1
Não	2
Outra resposta (especificar)	9
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V31** 31 – De onde vem a água que você bebe?

R.:

**V32** 32 – A água que você bebe é boa?

Sim	1
Não	2
Outra resposta (especificar)	9
Não sabe	88
Não respondeu	99

**V33** 33 – Você bebe água do reservatório de Itaparica?

Sim	1
Não	2
Outra resposta (especificar)	9
Não sabe	88
Não respondeu	99

## **APENDICE 2 – TRANSCRIÇÃO DE DADOS DOS QUESTIONÁRIOS**

**APENDICE 2 – TRANSCRIÇÃO DE DADOS DOS QUESTIONÁRIOS**  
**APÊNDICE 2.1 – BLOCO-3: AGROVILAS 1 A 4**

Nº	Bloco	Qtda	Lote	Data	Agrovia	Nome	Endereço	Idade ou Faixa etária	Sexo	Escolaridade	Qual a sua condição como agricultor dentro do perímetro de lotes-mandantes?	Qual a sua renda familiar?	Você nasceu nesse município e nessa comunidade, ou em região próxima a esta comunidade?	Quantas pessoas residem em sua casa?	Há quanto tempo reside no perímetro?	Qual o tamanho do seu lote?	Qual a(s) cultura(s) que você costuma plantar no seu lote atualmente?	Qual o tipo de sistema de irrigação que usa no lote?	Qual o tipo de drenagem utilizada no lote?	Qual o tipo de solo predominante no lote?	Costuma fazer análise do solo?	Por quê?	Se faz, com que frequência?	Qual o tipo de adubação que você usa no lote?	Recebeu ou já recebeu orientação dos técnicos de ATER sobre como fazer adubação correta para a sua cultura?	Quando recebe o reatamento dos técnicos de ATER sobre como fazer adubação, você aplica a orientação?	Quando utiliza fertilizante químico você nota melhoria na produção do lote?	Quando vai comprar fertilizante químico, procura os produtos certificados?	Quais os fertilizantes a base de Nitro que costuma utilizar?	Quando usa fertilizante químico costuma fazer análises sobre o fertilizante de aplicação?	Onde e como costuma armazenar os fertilizantes químicos?	Se pudesse dosaria mais fertilizantes químicos?	Costuma usar outras formas para melhorar a fertilidade do solo? Qual(is)?	Você acha que o uso do fertilizante pode chegar no reservatório de água e causar algum problema?	Há algum problema que você gostaria de relacionar com a questão de adubação dos lotes em lotes-mandantes?	Você usa os equipamentos individuais de segurança (EPIs)?	De onde vem a água que você bebe?	A água que você bebe é boa?	Você bebe água do reservatório de água?	Obsações				
56	3	21	-	11/01/2014	1	Agamenon Menezes de Sá	Agrovia 1 nº 28	44	M	1ª a 4ª série	Reassentado	Não respondeu	não ( Floresta)	3	22 ANOS	4,5 há	Melancia e Amedim	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote	Arenoso	Sim	Adubação	Uma única vez. Mas ou menos a 5 anos	Fertilizantes químicos	Sim ( No passado sim)	As vezes	Depende do adubo	Sim, indicação da loja	Fertilização ureia+ 20:10:20 6:24:12	Trator/ Animal sulco/ Manual	Não	Em casa	Sim, se pudesse dosaria	Bota bicho pra comer	Não sabe	Daem tem condições mecanizado	Não	ETA	Sim	Sim	Retirar atravessador e melhorar os preços			
58	3	22	89	11/01/2014	1	João Silve Coelho	Agrovia 1 nº 34	48	M	1ª a 4ª série	Reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Lote)	4	27 anos	3,0 há	Melancia, Melão, Cebola e Amedim	Aspersão convencional e Gotejamento	Dreno coletor entubado	Arenoso	Não	Nunca fez	-	Estercos + fertilizantes químicos	Não	Não	Sim	Sim ( Tem quartinho separado da casa para guardar)	MAP+ MAP+ Superfósforo+6:24:12+0:20+Topfos+ Amorgano	Fertilização Sulco trator ou animal+ Estercos	Não	Sim ( Tem terra perto do rio)	Não	Calculado+ Estercos+ Pastagem de animal+ Incorpora a resto de cultura	Sim ( Tem terra perto do rio)	Não	sim ( É feito pegar)	ETA	Sim	Sim	Estrada/ ATER/ Cooperativa/ Aumentar o preço da produção/ Não tem representantes/ Beneficiar o produto			
67	3	23	13	11/01/2014	1	Manoel Messias Gomes	Agrovia 1 nº 57	45	M	2ª série	Reassentado	Entre 1 e 2 salários mínimos	Sim ( Petrolândia)	5	27 anos	3,0 há	Melancia, Cebola, Feijão	Gotejamento	Desnível natural do lote	Argiloso	Sim	Para ver como está o terreno, Adubação	Anual	Estercos + fertilizantes químicos	As vezes ( Hoje não tem)	As vezes ( Razão)	Sim ( Nem sempre)	Sim	map+ 0:20+6:24:12-10:10	Fertilização	sim	Sim ( Em casa coberto com lona ( terraço ou quintal)	Não ( Se pudesse era orgânico)	Incorpora resto de cultura	Sim	Terra fraca	Uta pouco	ETA	Sim	Sim	Tratores/ Estrada para acesso ao lote/ Novo reservatório/ Associações de agricultores			
68	3	20	-	11/01/2014	1	Elcio Soares de Silva	Agrovia 1 nº 52	47	M	1ª a 4ª série	Outro parentesco do reassentado	Até 1 salário mínimo	Não ( Sem talhada)	5	17 anos	3,0 há	Melancia, Abobora, Amedim, Feijão	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote	Arenoso, Argiloso	Sim	Para saber a adubação para culturas diferentes	6 em 6 meses	Estercos + fertilizantes químicos	Sim	Sim	sim	sim	MAP+Topfos+6:24:12+0:20	Fertilização	Não	Sim ( Em casa, terraço)	Não	Urea, Sulfato de potássio, Cloreto, Gado para pastar	Sim	Não	Não	ETA	Sim	Sim	Trator/ Estrada/ Acesso rural/ Preço de mercado é baixo/ Melhorar a água/ CEASA perto/ Balança			
7	3	27	-	08/01/2014	2	Walter Gomes de Menezes	Agrovia 2 nº 50	74	M	Sem escolaridade	Reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Petrolândia)	3	27 anos	4,5 há	Melancia, Abobora, Jertum, Amedim	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote	Arenoso	Não	Adubação	As vezes, não tem frequência	Estercos + fertilizantes químicos	As vezes ( Antigamente da Plontec)	sim	Não sabe	Não sabe ( Compra mais barato)	MAP+Fostato de Ureia+ Sulfato+Hollier+ 6:24:12	Na água, No sulco ( Fundação)	Não ( coloca na cabeça/ 2 em 2 dias)	Sim ( Em casa, terraço)	Sim	Não	Calculado só foi colocado quando a Chest entegou	Não	Preço dos fertilizantes, Despesas altas	As vezes	ETA	Sim	Sim	Produção ruim, Terreno salinizado. Os técnicos não acompanham até a colheita. Deve ser pelo menos 1 vez por mês ( ou semanal). Custos altos. Dádia de trabalho de campo e R\$ 30,00. 1 hora de solo é R\$ 90,00. Melhorar a infraestrutura. Bomba quebrada, canso estourado, Falta água, Falta de terra para a família que cresce. Alguns lotes não pressão. Assistência técnica mais frequente.		
8	3	28	-	08/01/2014	2	Francisco Antão Cruz	Agrovia 2 nº 42	41	M	3ª série	Filho de reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Petrolândia)	5	27 anos	3,0 há	Abobora, Jertum	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote	Arenoso	Não	Análise é paga e não tem problemas do solo ( Só a terra é fraca)	Só fez uma vez	Estercos + fertilizantes químicos	Sim	sim	sim	sim	MAP+Fostato de Ureia+Morgan+Nitro	6:24:12-Sulcos, os outros na água	Não	No lote, na sombra de amore	Não	Não	Não	Produtos Caros	Só para aplicar veneno	ETA	Sim	Sim	Melhorar a quantidade de água. Água até as 17hs/ Melhorar condições das bombas / Demora muito para fazer conserto/ Comunicação da hidro sondas ( Não avisa os dias de manutenção )/ Estrada ruim.			
19	3	11	-	-	2	Jardel Batista	Agrovia 2 nº 8	33	M	5ª a 8ª série	Filho de reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Tê)	6	25 anos	4,5 há	Amedim	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote	Arenoso	Sim	Costuma fazer, mas a pessoa que faz é embora ( Dificiliosy) Adubação	Anual	Fertilizantes químicos	Não	Não ( Já recebeu mas parou)	sim ( Se não colocar não tira nada)	Não	Não	Sim ( Não tem cobertura por lona)	Não ( Usa as orgânicos)	Nitro de cálcio/ Ureia/ Sulfato de potássio	Não	Preço dos adubos/ MAP E Topfos são caros	Só para aplicar veneno	ETA	Sim	Sim	Baixar preço dos adubos+ Balança para melancia/ Cooperativa para escora produtos					
24	3	25	-	08/01/2014	2	João Manuel de Oliveira	Agrovia 2 nº 36	37	M	Ensino médio completo	Filho de reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Petrolândia)	2	27 anos	3,0 há	Melancia, Melão, Feijão	Aspersão convencional e Gotejamento	Não tem	Arenoso, Argiloso	Não	É difícil aqui	-	Estercos + fertilizantes químicos	Não	Não	sim	Preço	MAP+TOPFOS+6:24:12	Sulco com trator e aplicador	Não ( Já tem a base)	Em casa e uso em seguida	Sim	Após colheita, animais como o pasto	sim ( Quando chove causa problema no meio ambiente)	Não	As vezes	ETA	Sim	Sim	Falta de água			
26	3	-	-	08/01/2014	2	Jonas Gilvan de Barros	Agrovia 2 nº 29	27	M	5ª a 8ª série (incompleto)	Filho de reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Petrolândia)	4	27 anos	3,0 há	Melancia, Amedim	Aspersão convencional e Gotejamento	Não tem ( 1,5 ha descartado, 1,5 idenizado)	Arenoso	Não	Falta de interesse	-	Estercos + fertilizantes químicos	Não	Não	sim	sim	sim	MAP+Fostato de ureia + Topfos	Sulco com trator/ Manual	Não	Sim ( Cobrir com lona)	Não ( Só o necessário)	Após colheita, animais como o pasto	Sim	Não	Não ( Mandar aplicar)	ETA	Sim	Sim	Falta de água		
14	3	8	8	10/01/2014	3	Genilson Oliveira Nascimento	Agrovia 3 nº 35	25	M	Superior Completo	Filho de reassentado	Entre 2 e 3 salários mínimos	Sim	4	25 anos	3,0 há	Melancia, Melão, Cebola, Mamão	Gotejamento, Micro aspersão	Desnível natural do lote	Argiloso	Sim	Para correção do solo/ Adubação	Anual	Fertilizantes químicos	sim ( No passado)	As vezes	sim	sim	Tripliflato+Topfos	No sulco feito por trator, Fertilização	sim, de acordo com a interpretação da análise	Não	Não	Colagem, Bioestimulação ( Ácido Úmico)	Sim	ATER mais regular	Só para aplicar veneno	ETA	Sim	Sim	NÃO, não tem tratamento adequado, Só desinfectação			
15	3	18	10 e 13	10/01/2014	3	Elsandro de Souza Inácio	Agrovia 3 nº 30	29	M	Ensino médio completo	Filho de reassentado	Entre 1 e 2 salários mínimos	Sim ( Floresta)	4	22 anos	3,0 há	Abobora, Cebola, Coentro	Aspersão convencional e Micro aspersão	Desnível natural do lote	Argiloso	sim ( Algumas vezes)	Adubação	2 a 3 anos	Estercos + fertilizantes químicos	As vezes	As vezes ( Quando acha certo)	sim	sim	Fostato de Ureia, 6:24:12, Sulfato de Amônia, Cálcio	Sulco feito com trator ou no pé da planta	não	Sim, Em casa na garagem	Não	Calcário/ Área o terreno com matéria orgânica	Sim ( Se chover)	Custo alto do fertilizantes	As vezes	ETA	Sim	Sim	Não, o sistema precisa de manutenção/ As canas são amarelas			
16	3	18	3 e 5	10/01/2014	3	Hugo Oliveira de Souza	Agrovia 3 nº 21	28	M	Ensino médio incompleto	Filho de reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Tê)	3	25 anos	3,0 há	Melancia, Melão	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote	Argiloso	Sim	Adubação ( Para usar corretamente)	Anual	Fertilizantes químicos	Sim, Na loja ( Demora a vir na roça)	sim ( As vezes, deve ter relação com o tempo)	sim	Acido Fosfórico + 6:24:12-Topfos	Sulco com trator e Fertilização	Sim	Sim ( No lote tem "barranquinhas" coberta)	Não	Calcário ( Tudo através de análise)	Sim ( Já chegaram)	As vezes não tem adubo	As vezes	ETA	Sim	Sim	Melhorar a forma de escora os produtos/ Estradas/ Acesso aos lotes/ Ruim para os produtos chegarem.				
17	3	29	-	10/01/2014	3	Leonardo Gomes Naves	Agrovia 3 nº 76	36	M	Ensino médio completo	Filho de reassentado	Entre 1 e 2 salários mínimos	Sim ( Petrolândia)	4	27 anos	6,0 há	Melancia, Melão, cebola, Jertum, Coentro	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote, várias escadas ( Tem área condensa na maior parte)	Arenoso, Argiloso	Não	Não faço mas é importante	-	Estercos + fertilizantes químicos	Não ( Já recebeu)	As vezes ( Quando era a cooper/ já seguiu)	sim ( Principalmente os nozes Hollier	Sim ( O que tem mais costume)	Fostato de ureia+ 6:24:12/20:10:20/ Topfos	Sulco com trator e água da outro não	não	sim, ( Garagem de casa)	Não	Deixa os restos culturais/ Passa trator/ Deixa a terra descansar	Não	Muita terra estagnada/ Tem que vir o solo que não sabe usar no lote/ Planos permanentes e ciclos curtos.	sim ( O local é muito quente)	Água bruta, não passa pela ETA/ Atualmente compra água mineral	Sim	Sim	Incentivo do governo/ Pouca água por causa da expansão/ Aumentar reservatório			
18	3	17	-	10/01/2014	3	Josimar Gomes Sá Menezes	Agrovia 3 s/n	46	M	1ª a 4ª série	Arrendado	Entre 1 e 2 salários mínimos	Sim ( Floresta)	4	9 anos	6,0 há	Melancia, Amedim, Feijão de Ananca	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote	Arenoso	Não	Nunca fez ( O terreno com o pensar do tempo tem que fazer	-	Estercos + fertilizantes químicos	Sim, ( Da loja)	as vezes	sim	sim	Acido Fosfórico + Fostato de ureia+ 6:24:12-Topfos	Na fundação joga terra/ Sulco com trator/ Água/ O amoníac é adubado sem sulco, a geral	não	sim ( No lote tem um quartinho coberto)	Não	Calculado ( Preciso fazer análise de solo para poder usar as coisas certas)	Não ( Não tem estercos)	O adubo é caro. As vezes não tem estercos	Só para aplicar veneno	ETA	Sim	Sim	Saída melhor, melhorar a venda/ Ter uma casa mais perto/ Falta de comprador para amadurecer e melancia/ Estradas, muito comprador não tem policiamento efetivo, os compradores tem medo de entrar aqui.			
33	3	18	10	10/01/2014	3	Antonio Inácio Sobrinho	Agrovia 3 nº 30	59	M	1ª a 4ª série	Reassentado	Entre 1 e 2 salários mínimos	Não ( São Bento do Una)	3	27 anos	3,0 há ( 1,5 descartado)	Melão, Banana	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote	Argiloso	Sim	Correção de pH-Adubação	A cada 2 anos	Estercos + fertilizantes químicos	Não 9 Perguntando o que estava usando)	-	sim	-	Fertilização: Nitro de cálcio+ MAP+Cloreto branco+ureia+veneno/ 6:24:12-Topfos, Fundação	Sulco com trator, animal, Adubadeira	Não	Sim ( Lote com lona)	Não ( O terreno não permite)	Não se aplica	sim ( Lançou fresco ou quando chove)	Investimento para adubação orgânica	As vezes	ETA	Sim	Sim	Sim ( Mas não se trata o sulfato)	Sim	Poço	Proteger reservatório/ Atravessador/ Cooperativa/ Associação/ Tratamento/ Investimento/ Descarte de frascos de veneno
34	3	-	-	10/01/2014	3	José Esmaraldo de Souza	Agrovia 3 nº 21	71	M	Sem escolaridade	Reassentado	Entre 1 e 2 salários mínimos	Sim ( Petrolândia)	3	27 anos	3,0 há	Melancia	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote	Arenoso, Argiloso	Não	Adubação	As vezes	Fertilizantes químicos	Não sabe	Não sabe	sim	sim	sim	sim ( Indicação da loja)	Não sabe	Em casa, coberto	Sim	Incorporação+ Animal pra comer	Não	Não	Sim	água bruta do lote	Sim	Sim	Atravessador			
35	3	17	12	10/01/2014	3	Antonio Francisco de Souza	Agrovia 3 nº 15	64	M	1ª a 4ª série	Reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Petrolândia)	4	25 anos	4,5 há	Manga, Melancia, Feijão	Aspersão convencional e Gotejamento	Dreno coletor entubado	Arenoso, Argiloso	Não	Técnicos pediram	só uma vez	Fertilizantes químicos	sim	sim	sim	sim	DAP+ Topfos+Ureia+ Cloreto branco+veneno	Trator/ Animal/ Manual	Não ( Na cabeça)	Glifólio no lote	Não	Incorporação de MO/ Bota animal para comer pasto	Não ( Alguns resíduos vão porque tem dreno)	Não	sim	ETA+ Água do lote	Sim	Sim	Falta água/ Sistema de bombeamento/ Dóror a área/ Fiscalização/ Área pequena			
36	3	18	-	10/01/2014	3	Adalberto Francisco de Souza	Agrovia 3 nº 7	69	M	Sem escolaridade	Reassentado	Entre 1 e 2 salários mínimos	Sim ( Petrolândia)	5	27 anos	4,5 há	Melancia	Aspersão convencional e Gotejamento	Dreno coletor entubado	Arenoso, Argiloso	Não	Não precisa ainda	-	Fertilizantes químicos	Não sabe	sim	sim	sim	MAP+ Topfos	Trator/ Animal/ Adubadeira	Não	Lote e cobre com lona	Não sabe	Animal como pasto/ Incorporação	Não	As vezes	ETA	Sim	Sim	Cooperativa				
5	3	24	2	08/01/2014	4	Edison Dural	Agrovia 4 Casa nº 7	30	M	Sem escolaridade	Filho de reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Petrolândia)	2	27 anos	3,0 há	Melancia, Melão, Abobora, Cebola, Jertum	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote	Arenoso	Sim	Para saber como se dá adubação	1 vez no ano	Estercos + fertilizantes químicos	Sim ( No momento não recebe)	Sim	sim	sim	MAP+Topfos+Ureia+KSC1	Sulco + Água	Sim ( Na análise indica a quantidade que se deve usar)	Sim ( Em casa)	Fertilizante, Fósfor, Nitro de cálcio, Ureia e Morgan	Preços altos, As vezes não tem o que precisa	Sim ( Laves)	ETA	Sim	Sim	Falta de água, Drenagem, ATER ( sem da loja)					
6	3	32	-	08/01/2014	4	Aldci	Agrovia 4 s/n	31	M	1ª série	Filho de reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Petrolândia)	2	37 anos	3,0 há	Melancia, Cebola, Feijão	Gotejamento	Dreno coletor entubado	Arenoso, Argiloso	Não	As vezes pe lona apenas para saber a adubação da melancia	Rastameo	Estercos + fertilizantes químicos	Sim ( No momento não recebe)	sim	sim ( As vezes)	Sim ( Depende do preço)	MAP+Fostato de ureia+sulfamom	Diluído na água	-	Não	Não	As vezes usa estercos e fertilizante foliar	sim	Falta de produto	As vezes	ETA	Sim	Sim	As vezes a água é fraca			
21	3	37	-	08/01/2014	4	Maurício Acilides de Araújo	Casa próxima ao lote ( Dona mora na agrovia 4 ) Sr. Ronildo	58	M	Sem escolaridade	Meieira	Até 1 salário mínimo	Sim ( Petrolândia)	5	10 anos	3,0 há	Melancia, Abobora	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote	Arenoso	Sim	Adubação	Todo ano	Estercos + fertilizantes químicos	sim	não	sim	não sabe	Superfósforo+MAP+Fostato de ureia	Água + Sulco	Não	Na sombra	Não sabe	Hídro para comer a roça	Não	Não	Sim	água bruta do lote	Sim	Sim	Falta água			
22	3	38	-	08/01/2014	4	Sandro Gomes de Sá	Agrovia 4 nº 13	36	M	5ª a 8ª série	Filho de reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Petrolândia)	6	26 anos	3,0 há	Melancia, Abobora, Miho	Gotejamento	Dreno coletor entubado	arenoso	sim	Adubação	Anual ou bianual	Estercos + fertilizantes químicos	Não	Não	sim	sim	sim ( Viana- Petrolândia)	MAP+ Fostato de Ureia+ Topfos	Sulco com trator/ Aplicador mangueira	Não ( A mesma quantidade)	Sim ( No lote coberto por lona)	Não, Só se precisasse	Calcário ( Coloca bicho para comer a lona)	Não	Não	sim ( Coloca alguém para aplicar)	ETA	Mais ou menos ( As vezes tem água potável)	Sim	Sim	Falta água + terra	
23	3	-	-	08/01/2014	4	João Alves de Silva	Agrovia 4 nº 53	52	M	1ª a 4ª série	Filho de reassentado	Entre 2 e 3 salários mínimos	Sim ( Petrolândia)	2	25 anos	6,0 há	Melancia	Gotejamento	Dreno coletor entubado+desnível natural do lote	Arenoso	não	Não mexe muito com isso	1 vez	Fertilizantes químicos	Sim ( É difícil)	Não ( Eles chegam perguntando o que o agricultor usa)	sim	sim	sim	MAP+ Sulfato de potássio+ 6:24:12/ 10:10	Sulco com trator e aplicador	não	Sim ( No lote coberto por lona)	Não	Quando colhe coloca os bichos para comer	não	Não	Não	ETA	Sim	Sim	Falta água		



**APENDICE 2 – TRANSCRIÇÃO DE DADOS DOS QUESTIONÁRIOS**  
**APÊNDICE 2.3 – BLOCO-4: AGROVILAS 1 A 3**

Nº	Bloco	Qdta	Lote	Data	Agrovia	Nome	Endereço	Idade ou Faixa etária	Sexo	Escolaridade	Qual a sua condição como agricultor dentro do perímetro de Içá-Mandantes?	Qual a sua renda familiar?	Você nasceu nesse município e nessa comunidade, ou em região próxima a esta comunidade?	Quantas pessoas residem em sua casa?	Há quanto tempo reside no perímetro?	Qual o tamanho do seu lote?	Qual a(s) cultura(s) que você costuma plantar no seu lote atualmente?	Qual o tipo de sistema de irrigação que usa no lote?	Qual o tipo de drenagem utilizada no lote?	Qual o tipo de solo predominante no lote?	Costuma fazer análise do solo?	Por quê?	Se faz, com que frequência?	Qual o tipo de adubação que você usa no lote?	Recebeu ou já recebeu orientação dos técnicos de ATER sobre como fazer adubação correta para a sua cultura?	Quando recebe o relatório dos técnicos de ATER sobre como fazer adubação, você aplica a orientação?	Quando utiliza fertilizante químico você nota melhoria na produção do lote?	Quando vai comprar fertilizante químico, procura os produtos certificados?	Quais os fertilizantes a base de líquido que costuma utilizar?	Quando usa fertilizante, como faz a aplicação?	Quando usa fertilizante químico costuma fazer anotações sobre o fertilizante de aplicação?	Onde e como costuma armazenar os fertilizantes químicos?	Se pudesse dosaria mais fertilizantes químicos?	Costuma usar outras formas para melhorar a fertilidade do solo. Qual (s)?	Você acha que o uso do fertilizante pode chegar no reservatório de Itaparica e causar algum problema?	Há algum problema que você gostaria de relacionar com a questão de adubação dos lotes em Içá-Mandantes?	Você usa os equipamentos individuais de segurança (EPIs)?	De onde vem a água que você bebe?	A água que você bebe é boa?	Você bebe água do reservatório de Itaparica?	Observações
46	4	2	12	-	1	José Cosmo da Silva	Agrovia 1 s/n	34	M	1ª a 4ª série	Filho de reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Petrolândia)	4	27 anos	4,5 há	Coco, Melancia, Abobora, Banana	Aspersão convencional, Micro aspersão, Gotejamento	Vales escavadas	Arenoso, Argiloso	sim	Adubação/ Correção	A cada 2 anos	Esterco + fertilizantes químicos	sim	sim	sim	Tecnico da loja que recomenda	Supersimples+ Top-phos ( Caro)	Limpa bacia, espalha normalmente e incorpora no solo	Não, já tem medida	No lote, área coberta	Não ( Se pudesse usaria mais esterco)	Incorpora o mato	Sim (Drenagem - Causa)	Preço, Muito caro	Sim	ETA	Sim	Sim	Cessa perto para eliminar o atravessador/ Cooperativa para fazer adubo e veneno mais barato
47	4	1	8A	-	1	Flávio Pedro de Sá	Agrovia 1 nº 13	55	M	5ª a 8ª série	Reassentado	entre 1 e 2 salários mínimos	Sim ( Petrolândia)	6	27 anos	4,5 há	Coco, Banana	Aspersão convencional, Micro aspersão, Gotejamento	Dreno coletor entubado	Arenoso, Argiloso	SIM	Adubação	Anual	Esterco + fertilizantes químicos	sim	sim	sim	sim	Supersimples+ Top-phos+ 6:24:12	Meia lua ( Automa na medida ) 0,5 kg/mês	sim ( Anota as datas)	Sim ( Lote coberto e com piso)	Não ( + Esterco)	Incorpora o mato/ Roça em 1º lugar e bota ovelha	Não ( Não dá tempo)	Menos uso de químico	Sim	ETA	Sim	Sim	Falta gente para trabalhar/ Pagar a água vai prejudicar/ Água tem trabalho
64	4	1	-	-	1	Tarcio Souza Batista	Agrovia 1 n° 45	25	M	Ensino médio incompleto	Filho de reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Floresta)	5	25 anos	3,0 há	Coco, Abobora, Jerimum	Aspersão Convencional	Desnível natural do lote	Arenoso	Não	Nunca foi feito	-	Esterco + fertilizantes químicos	Sim	As vezes ( Os técnicos sabem menos que o agricultor)	sim	sim ( A marca que tiver)	06:24:12	Sulco com animal e enterra ( Manual)	Não, Mão cheia de adubo	Sim ( No lote em baixo de aneiro)	Não	Ureia, Animal para pastar/ Ara com o mato	Não	Tem lote pra precisa usar muito adubo e o preço é alto	Não	ETA	Sim	Sim	Preço dos insumos/ Preço das mercadorias
69	4	-	-	-	1	Daniel dos Santos	Agrovia 1 nº 35	53	M	3ª série	Reassentado	Entre 1 e 2 salários Mínimos	Sim ( Petrolândia)	1	27 anos	3,0 há	Coco, Melancia, Abobora	Aspersão Convencional	Dreno coletor entubado	Arenoso, Argiloso	Não	Fez só 1 x para sabe adubação	Não	Esterco + fertilizantes químicos	Sim ( Plontec, lojas)	As vezes ( Tem uns que dá a dica errada)	Sim ( Coqueiro aduba a cada 30 dias)	Sim ( Fertimi)	MAP+6:24:12+ Supersimples/ Cloretos	Ao redor do coqueiro, num círculo de 2m. As vezes enterra as vezes cobre o solo	Não ( As vezes anota)	Sim ( Não estoca, compra e leva para o lote)	Não	Ureia/ Fora a terra com a palha triturada/ Calcário, Não queima a palha	NÃO	O solo toda vida foi fraco com areia. Quando chove o solo encharca	Sim	ETA	Sim	Sim	Falta água/ ATER frequente
43	4	-	-	-	2	Nelson de Souza Filho	Agrovia 2 nº 31	48	M	1ª a 4ª série	Arrendado	Até 1 salário mínimo	não ( Floresta)	3	27 anos	18 há	Melancia	Aspersão convencional e Gotejamento	Desnível natural do lote	Arenoso, Argiloso	sim	adubação	2 anos	Fertilizantes químicos	Não	Assistencia tecnica da loja	não	sim	MAP+ Supersimples+Sulfama+ Calcário+Ureia+Top-phof	Sulco animal, Adubadeira	400 kg/há Mantem a mesma medida	Sim ( Sombra coberto por tora)	Não, só o suficiente	Incorporação	Não	Não	Sim	ETA	Sim	Sim	Cessa em petrolandia, Eliminar o atravessador, Balação
45	4	1	6A	-	2	Benilo Ferreira de Sá	Agrovia 2 nº 15	58	M	Sem escolaridade	Reassentado	entre 1 e 2 salários mínimos	Não ( Bahia)	2	26 anos	4,5 há	coco, Abobora	Aspersão convencional e Micro aspersão	Desnível natural do lote	Arenoso	sim	Adubação	Anual	Esterco + fertilizantes químicos	sim ( Quando tem)	sim	sim	sim ( Os adubos)	MAP, Muitos	Limpa 1,5, aplica e espalha no círculo manual	Não ( Já tem base 700/800)	Sim ( Galção no lote)	Não ( Só o que preciso)	Calcário, Limpa a palha e queima	Não ( Demora, chega mas bom não é)	Fertirrigação/ ( Pretende colocar)	sim, paga para aplicar	ETA	Sim	Sim	Água pouca para beber/ Se for para pagar água, vai prejudicar
70	4	1	7	11/01/2014	2	Manoel João da Silva	Agrovia 2	67	M	3ª série	Reassentado	Entre 1 e 2 salários Mínimos	Não ( Bahia)	2	26 anos	3,0 há (1,5 na Ag. 3 e 1,5 Ag. 2, escartado)	Melancia	Aspersão convencional e Gotejamento	Vales escavadas ( só 1,5 há)	Arenoso e Argiloso ( Mais areia que barro)	Não ( Fez a mais de 10 anos)	Só fez quando perdeu a roça de cebola	-	Fertilizantes químicos	Sim ( Quando plotava)	Sim	Sim ( Alguns tempos só usava adubo , podia salinizar)	Sim	10:10+6:24:12+ Sulfato+ Ureia	Alguns no sulco com enxada e outros jogava sobre o solo	Sim ( Já tinha a medida)	Sim ( Em casa na garagem)	Não	Calcário/ Esterco	Sim ( Pela chuva)	Adubo e veneno são caros , tem terra que é boa	Sim ( Usa-se macação quando a Ches/ deu)	ETA	Sim ( Vem do RSF, ela é boa)	Sim	Estrada asfaltada/ Tirar pendências dos lotes/ Acesso dos lotes/ Projeto todo tem que ter asfalto/ Balação/ Posto policial/ Era mais violento, hoje está melhor
71	4	-	-	11/01/2014	2	Afonso da Silva	Agrovia 2 n° 19	71	M	Sem escolaridade	Filho de reassentado	Entre 2 e 3 salários mínimos	Não ( Bahia)	2	26 anos	3,0 há	coco	Aspersão Convencional	Desnível natural do lote	Arenoso, Argiloso	Não	Nunca precisou	Nunca fez	Fertilizantes químicos	Não	Não respondeu	sim ( Da um corte e aduba)	Sim	10:10+6:28:14	Ao redor do pé do coqueiro/ Aplicação manual	NÃO ( 3 sacos na 3,0 há)	Sim ( Em casa, na garagem)	Não	Ureia/ Tira as folhas, MB4	Não sabe	O adubo e caro, mais eu só uso o mais barato	Apenas bota e calça	ETA	Sim	Sim	Estrada/ Prefere sem cooperativa/ Balação
72	4	4	3	11/01/2014	2	Claudio Aies	Agrovia 2 nº 25	20	M	Ensino médio completo	Filho de reassentado	Entre 2 e 3 salários mínimos	Não ( Serra talhada)	5	20 anos	4,5 há	Coco, Abobora	Aspersão convencional e Gotejamento	Dreno coletor entubado	Arenoso	Não	Muito raro. Quem fazia era a Plontec	-	Esterco + fertilizantes químicos	Sim ( Plontec, Não está tendo ATER)	Sim	sim	Sim	MAP+Fostato de Ureia+ 6:24:12	Dilui na água	sim ( Tabela das quantidades)	Sim ( Depósito coberto em casa)	-	Nitrato de cálcio/ de ureia/ de Magnésio/ Cloreto/ Fertirrigação	Não	O adubo é caro	Não	ETA	Sim	Sim	ATER/ Produtos (sumos) mais baratos+ Produtos mais valorizados
42	4	1	1	11/01/2014	3	José Arnaldo da Silva	Agrovia 3 nº 6	50	M	1ª a 4ª série	Filho de reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Petrolândia)	5	26 anos	6,0 há 3 descontados	Coco, Melancia, Abobora	Aspersão convencional	Dreno coletor entubado	Arenoso	Não	Adubação	Faz tempo, 5 anos atrás	Esterco + fertilizantes químicos	SIM	Quando tinha	sim	Sim, indicação da loja	Ureia, 10:10	Faz a meia lua e aplica na medida	Não - Tem medida	Lote na sombra	Não	Não	Calcário e gradear	sim, paga para aplicar	ETA	Sim	Sim	Investimento para plantaçao/ Saneamento	
44	4	5	7	11/01/2014	3	Flávio Jose da Silva	Agrovia 3 s/n	39	M	Curso técnico	Filho de reassentado	entre 1 e 2 salários mínimos	Não ( Belém de São Francisco)	4	27 anos	3,0 há	coco e Banana	Aspersão convencional	Dreno coletor entubado	Arenoso	sim	Quando planta cultura temporaria. Adubação	Depende/ A cada 2 anos	Esterco + fertilizantes químicos	Sim ( Quando tinha)	As vezes ( Aveliaes)	sim	sim	MAP+ 6:24:12+ 10:10 ( Fundação com orgânico + químico mais na cobertura)	Sulco animal/ Bota esterco/ Químico aplicação	sim ( Usa tabela até o final do círculo)	Sim ( Depósito coberto em casa)	Não	Friteira: MB4; Calcário/ Rameiz: Coloca animal	sim ( Drenos, Chuvas - Causa problemas	Usa as técnicas adequadas para adubação	Sim	ETA	Sim	Sim	Para agricultor familiar/ Para trabalhar com orgânicos/ Ter uma equipe tecnica para acompanhar, agricultor é técnico agrícola
75	4	44	-	11/01/2014	3	José Deivaldo	Agrovia 3	29	M	2ª série	Comprou lote reassentado	Acima de 3 salários mínimos	Sim ( bimirim)	3	20 anos	3,0 há	Cebola	Gotejamento	Vales escavadas	Argiloso	Sim	Adubação	Anual	Fertilizantes químicos	Sim ( 1 ano não tem, agora só da loja	Não ( Não dizem nada)	sim	sim	MAP+Purificador+ Topfos+Morgan+6:24:12	Alguns no sulco com trator e outros na água	Não	Sim ( No lote, num barracinho coberto)	Não	Ureia, Gesso	Sim ( Quando chove muito- Dreno-Rio)	Preços dos adubos	Só para aplicar veneno	ETA	Sim	Sim	Asfalto no projeto/ Balação

**APENDICE 2 – TRANSCRIÇÃO DE DADOS DOS QUESTIONÁRIOS**  
**APÊNDICE 2.4 – BLOCO-4: AGROVILAS 4 A 6**

Nº	Bloco	Qtda	Lote	Data	Agrovia	Nome	Endereço	Idade ou Faixa etária	Sexo	Escolaridade	Qual a sua condição como agricultor dentro do perímetro de lotes-Mandantes?	Qual a sua renda familiar?	Você nasceu nesse município e nessa comunidade, ou em região próxima a esta comunidade?	Quantas pessoas residem em sua casa?	Há quanto tempo reside no perímetro?	Qual o tamanho do seu lote?	Qual(s) culturas que você costuma plantar no seu lote atualmente?	Qual o tipo de sistema de irrigação que usa no lote?	Qual o tipo de drenagem utilizada no lote?	Qual o tipo de solo predominante no lote?	Costuma fazer análise do solo?	Por quê?	Se faz, com que frequência?	Qual o tipo de adubação que você usa no lote?	Recibe ou já recebeu orientação dos técnicos de ATER sobre como fazer adubação correta para a sua cultura?	Quando recebe o relatório dos técnicos da ATER sobre como fazer adubação, você aplica a orientação?	Quando utiliza fertilizante químico você nota melhoria na produção do lote?	Quando vai comprar fertilizante químico, procura produtos certificados?	Quais os fertilizantes a base de Nitro que costuma utilizar?	Quando usa fertilizante químico, como faz a aplicação?	Quando usa fertilizante químico costuma fazer análises sobre o fertilizante de aplicação?	Onde e como costuma armazenar os fertilizantes químicos?	Se pudesse dosaria mais fertilizantes químicos?	Costuma usar outras formas para melhorar a fertilidade do solo. Qual(is)?	Você acha que o uso do fertilizante pode chegar no reservatório de água e causar algum problema?	Há algum problema que você gostaria de relacionar com a questão de adubação dos lotes em lotes-Mandantes?	Você usa os equipamentos individuais de segurança (EPIs)?	De onde vem a água que você bebe?	A água que você bebe é boa?	Você bebe água do reservatório de água?	Observações	
12	4	-	5	09/01/2014	4	Maria Aline Bezerra Freire	Agrovia 4 n° 1	25	F	9ª a 8ª série (incompleto)	Outro parentesco do reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim	3	5 meses	6,0 há (Só planta em 4,5 há q,5 há salinizado)	Coco, Manga, Pimentão, Cajá, Umbu	Aspersão convencional e Gotagem	Desnível natural do lote	Argiloso	sim	Para saber como está a terra. Se está salinizado	Não sabe a frequência	Fertilizantes químicos	As vezes	sim	sim	sim	Fostato de Ureia, 6:24:12	Na água e em sulcos	sim	sim, na sombra coberto por lona	Sim	Fundam e outros venenos da adubação para melhorar o crescimento da planta.	Não	Não	Só para aplicar veneno	Do papagaio e do poço que tem água salobra (Deu desentaria em muita gente)	Sim	Sim	As mercadorias são vendidas a preço baixo, as vezes não dá pra tirar o que foi gasto/ Mais cuidado para guardar os venenos (Quatinhos)/ Muita gente não usa EPI Melhorar as estradas/ Não falta água/ Os lotes.	
29	4	-	-	09/01/2014	4	Oscar Otávio de Sá	Agrovia 4 n° 5	73	M	Sem escolaridade	Reassentado	Até 1 salário mínimo	Não (Cachoeira - BA)	5	27 anos	4,5 há	Coco, Goiaba	Aspersão convencional	Dreno coletor entubado	Argiloso	Não	Não tem condições	Uma unica vez	Esterco + fertilizantes químicos	sim	não	sim (+ou-)	Não compra	10:10 Ureia/Sulfato	Coqueiro, Joga ao redor da sala do coqueiro	não	não	Sim	Cuidado com a água para evitar salinização	Não	Deveria comprar adubo combinado pra pagar mais barato	Não	ETA	Não (Salgada) - Poço	Não - Poço	Água para beber na agrovia e no lote	
30	4	-	-	09/01/2014	4	Adão Bezerra da Silva	Agrovia 4 s/n	58	M	Sem escolaridade	Arrendado	Até 1 salário mínimo	Não (Buique)	6	3 anos	6,0 há	Feijão de corda	Aspersão convencional e Gotagem	Desnível natural do lote	Arenoso, Argiloso	Sim	Porque mexe com projeto de banco	-	Esterco + fertilizantes químicos	sim	sim	sim	Depende do tipo de roça	Sulfato de potássio+0:20+6:24:12	Trator+ Aplicador	Sim	Sim ( Casa para guardar)	Não ( Dependendo do que precisa)	Incorporação da drenagem do solo	Não	Não	Sim	Poço	Não ( Salobra, Dor de barriga)	Não	Água para os lotes e água para beber/ Estrada/ Caro da polícia/ Barulho, fazem ruidos de moto/	
39	4	7	6	11/01/2014	5	Edson Enoque do Nascimento	Agrovia 5 N°58	33	M	Ensino médio completo	Filho de reassentado	entre 1 e 2 salários mínimos	Não (Bahia)	5	27 anos	4,5 há	Coco	Aspersão convencional	Desnível natural do lote + Dreno lateral	Arenoso, Argiloso	Sim	Adubação	Anual	Esterco + fertilizantes químicos	Sim	As vezes	sim	sim	MAP+Supersimples+6:24:12	Dependendo do adubo. Faz ciclo completo manual	Não ( Tem medica, depende da análise do solo)	No lote- Saco, lona, sobre galhos	Não ( Prefere orgânico mas é mais demorado)	Mato faz roça. Bicho pra comer folhagem. Gado	Sim ( Causa porque é químico)	Não	Sim	ETA	Sim	Cooperativa+ Água falta as vezes		
40	4	1	2	11/01/2014	5	Antonio dos Santos Bezerra	Agrovia 5 n° 53	40	M	9ª a 8ª série	Filho de reassentado	entre 1 e 2 salários mínimos	Sim ( Petrolândia)	4	27 anos	6,0 há	coco, Banana	Aspersão convencional e Gotagem	Desnível natural do lote	Arenoso, Argiloso	Não	Saber adubação	Fez 1 x a mais de 2 anos	Esterco + fertilizantes químicos	Não	Não	sim ( Tem que ter esterco)	sim	MAP+10:10+ ureia	Bacia de 2,5 Litros, Caixa, Cobre -Manual	Não, sempre usa a mesma medida ( Anota a data 30 dias)	sim ( Racho- coberto-piso)	Não, Só se precisasse	Não, Tira a palha e queima	Sim, Causa muita CA na região	Acompanhamento de um técnico	sim	ETA	Não	Sim	Associação / Controle de venda para eliminar atravessadores/ Cooperativas	
41	4	-	-	11/01/2014	5	José Adélmo dos Santos	Agrovia 5 n° 55	25	M	1ª a 4ª série	Trabalhador	Até 1 salário mínimo	Não (Buique)	7	13 anos	6,0 há	coco, Manga, Melancia, Abóbora	Aspersão convencional	Outros A maioria não tem drenagem	Arenoso	Já viu análise	-	-	Esterco + fertilizantes químicos	sim	as vezes	Sim	-	06:24:12	Limpa bacia do coco/ Aplica no círculo/ Depende do dono	Medida certa + OU - 1 LITRO	Sombra	Não sabe	Incorpora	Não, so se for perto do dreno	-	Não	ETA	Sim	Sim	Ter mais trabalho	
62	4	1/5	-	11/01/2014	5	Jandira Maria de Jesus	Agrovia 5 n° 54	46	F	9ª a 8ª série	Reassentado	Entre 1 e 2 salários Mínimos	Sim ( Floresta)	2	27 anos	3,0 há	Coco	Aspersão Convencional	Desnível natural/ Tem brejo no lote	Arenoso, Argiloso	Sim	Só faz uma vez ( Porque o solo embreja e para saber a adubação)	-	Fertilizantes químicos	sim, só no passado ( Pleno só faz O e M)	As vezes	sim	sim	MAP ( No passado)+ Sulfato+ Mostar+ 20:10:20	No pé do coqueiro	Não ( Usa a quantidade que o vendedor indica)	Sim ( Em casa, na area na frente da casa coberta)	Sim	Queima palha fora do terreno	Não	O adubo mais caro é que dá resultado/ Tem que pagar em 30 dias	Não	ETA	Sim	Sim	ATER hequentre, Água encanada nas casas todos os dias	
63	4	10	15	11/01/2014	5	Manoel Francisco dos Santos	Agrovia 5 n° 47	46	M	Ensino médio incompleto	Reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Petrolândia)	3	27 anos	3,0 há	Coco	Micro Aspersão	Desnível natural do lote	Arenoso	Sim	ATER da cooperativa, pedu pra saber se a terra era produtiva ( Só no bloco 4)	1 vez em 2002	Esterco + fertilizantes químicos	sim ( Plotec, Hoje não tem ATER) Agrônomo Peixoto	sim	sim	sim, mais olha o preço também	MAP+ Supersimples+ 6:24:12+20:10:20	Faz covas na terra depois cobre. Faz covas na enxada, se jogar no solo pode perder porque o vento leva	Sim ( Tem uma balança no lote)	Sim ( Tem depósito no lote, guarda vestimentas para devolter mais a loja nunca devolve)	Não, se pudesse não usaria	Ureia/ Cloreto. Cria gado no lote para adubar a área, Cobre o solo com matéria orgânica.	Sim, Principalmente água do sub solo	Precisa de pesquisa para informar sobre os preços aqui e fora. Todos tem que fazer análise.	Apenas toda e calça	Poço	Não	Sim	Sim	Escoamento de produtos/ Balança/ Estrada e acesso aos lotes/ Central de comunicação para informar o preço do esmo produto em outros locais/ Comunicação entre agricultores sobre os preços/ Investimento do governo do estado/ Assistência Social.
13	4	1	-	11/01/2014	6	Geovani de Souza Alves	Agrovia n°6	28	M	Ensino médio completo	Filho de reassentado	Até 1 salário mínimo	Sim ( Floresta)	4	6 meses	3,0 há	Coco, Jerimum, Mamão	Aspersão convencional e Micro aspersão	Desnível natural do lote	Arenoso, Argiloso	Não	-	-	Esterco + fertilizantes químicos	As vezes ( Técnicos só vão no lote de ano em ano)	As vezes	Sim	sim	MAP+Fostato de ureia+Sulfato+6:24:12/10:10	No sulco feito por trator	Não	Deixa em casa e só leva quando vai usar	Não	Esterco	Sim ( Se chover)	Preço do adubo	Sim	Do poço ( água do rio não chega), dor de barriga	não	Não	ATER hequentre/ Diminui preço do venenos/ Mudar os métodos de irrigação	
20	4	5	3	11/01/2014	6	Marcos Manoel dos Santos	Agrovia 6	27	M	7ª série	Filho de reassentado	Entre 1 e 2 salários mínimos	Sim ( Petrolândia)	3	25 anos	4,5 há	Coco, Melancia, Banana, Jerimum, Feijão, Milho	Aspersão convencional	Valas escavadas ( Mas o terreno alaga)	Arenoso	Sim	Adubação	Anual	Esterco + fertilizantes químicos	Sim ( Plotec, mas está a 1 ano sem)	As vezes ( Os técnicos aprendem com o agricultor)	sim	Sim ( Procura melhor qualidade)	MAP+Fostato de ureia 6:24:12/ 0:20/ 10:10	Valleta enterrada na fundação e joga sobre o solo ( Manual)	Não ( A quantidade depende do adubo 0,5 kg a cada 30 dias)	Sim ( As vezes em casa as vezes no quatinho do lote)	Não ( é bom porque a planta cresce rápido, prefiro esterco ms é caro)	Esterco ( Deixa as palhas no terreno)	Sim	Só para aplicar veneno	Poço Exercito	Sim	Poço do exército	Alter frequente Pouca água ( Muda de empresa e não resolve)/ Balança para melancia e jerimum/ Existe em petrolândia mais não foi instalada		
31	4	-	-	11/01/2014	6	Luis Emmanuel Gomes Quidate	Agrovia 6 n° 09	31	M	Curso Técnico	Filho de reassentado	Entre 1 e 2 salários mínimos	Não ( Arco Verde)	3	27 anos	3,0 há	Coco	Micro Aspersão	Desnível natural do lote	Arenoso	sim	Adubação	Semestral	Esterco + fertilizantes químicos	Sim	sim	sim	Não ( Por indicação Tec. Da loja)	NKP+Calênio+ Bor+ FTE+ Micronutrientes+ 20:10:20	Abre mais lona com enxada em volta do coqueiro	Sim ( As vezes. Usa a orientação da análise)	sim ( Depósito no lote, coberto de alvenaria)	Não ( Se pudesse usaria mais esterco, mas é caro)	Incorporação de MO, Valas e enterrando resíduos de coco	sim ( Em algumas partes )	Falta incentivo para receber adubo orgânico	Sim	Poço Exercito	Não	Sim	Estradas/ Assistência médica/ Saneamento/ Crescimento desordenado/ Cooperativa para melhorar comercialização, agricultor é técnico agrícola	
37	4	11	2	11/01/2014	6	José Pedro De Lisboa	Agrovia 6 N° 42	69	M	1ª a 4ª série	Reassentado	entre 1 e 2 salários mínimos	Não ( Tacaratu)	6	27 anos	6,0 há	Coco, Manga	Aspersão convencional e Micro aspersão	Desnível natural do lote	Arenoso, Argiloso	Não	Já foi feita análise, mas não tem acesso ao resultado. Apenas se é bom ou ruim	Faz 2 vezes	Esterco + fertilizantes químicos	Sim	sim	Sim ( Alguns coqueiros)	As vezes	6:24:12 Ureia/ 0:20+clorato	Joga na saída do coco/ Dificilmente enterra	Tem uma medida certa para cada.	Lote ( Compra pouco e cobre com lona	Não ( Depende se a prata precisa)	Não- Deixa a palha	Sim- O mais próximo do rio chega.	Não	não	Poço Exercito	Sim	Não	Melhorar água/ Setor melhorou/ Exercito foi bom	
38	4	-	-	11/01/2014	6	Maria das Neves da Silva	Agrovia 6 n° 39	65	M	Sem escolaridade	Reassentado	entre 1 e 2 salários mínimos	Não ( Itajá)	9	27 anos	3,0 há	coco, Feijão e Milho	Aspersão convencional e Micro aspersão	Desnível natural do lote	Arenoso	Não	-	Foi feito uma vez para avaliar	Esterco + fertilizantes químicos	sim	sim	sim	sim	6:24:12 Ureia	Limpa com enxada, cava meia lua e espalha na medida certa	Sempre usa uma medida certa	Compra só o que vai usar, não tem galão	Sim	Não, Queima a palha do coqueiro	Não	Poderia melhorar	Não	Poço Exercito	Sim	Não	Precisaria um técnico agrícola porque, hoje não tem	
61	4	-	-	11/01/2014	6	Terezinha da Silva Araújo	Agrovia 6 n° 11	52	M	1ª a 4ª série	Reassentado	Entre 1 e 2 salários Mínimos	Sim	5	27 anos	3,0 há	Coco no lote, Perto da casa plantava coentro, alface e feijão	Aspersão Convencional	Desnível natural do lote	Arenoso	Não, Uma vez ( Chef)	-	-	Esterco + fertilizantes químicos	sim	sim	sim	sim, o mais barato	Fostato de Ureia, 6:24:12	Joga sobre a terra	Não	Sim ( Em casa no depósito) Não fazia estoque	Não	Corta a palha do coqueiro e coloca no solo, Calcano	Sim	O adubo é caro e a terra é fraca	Sim	Poço Exercito	Sim ( Melhor que a do reservatório)	Poço do exército	Água não é boa/ Pouca água/ Venda barato por causa do atravessador	