



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E SANITÁRIA

JOSÉ ROQUE DA SILVA NETO

**OUTORGA DOS DIREITOS DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS:
CONCESSÕES PARA PISCICULTURA NO ESTADO DA PARAÍBA**

**CAMPINA GRANDE
DEZEMBRO DE 2016**

JOSÉ ROQUE DA SILVA NETO

**OUTORGA DOS DIREITOS DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS:
CONCESSÕES PARA PISCICULTURA NO ESTADO DA PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre.

Área de Concentração: Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária

ORIENTADORA: Dra. Rosires Catão Curi

CO-ORIENTADOR: Wilson Fadlo Curi

**Campina Grande-PB
Dezembro de 2016.**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586o Silva Neto, José Roque da.
Outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos : concessões para piscicultura no estado da Paraíba / José Roque da Silva Neto. – Campina Grande-PB, 2017.
88 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2016.
"Orientação: Profa. Dra. Rosires Catão Curi, Prof. Dr. Wilson Fadlo Curi".
Referências.

1. Outorgas – Recursos Hídricos. 2. Piscicultura - Paraíba. 3. Recursos Hídricos - Paraíba. I. Curi, Rosires Catão. II. Curi, Wilson Fadlo. III. Título.

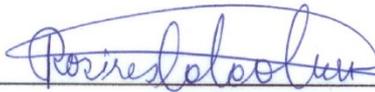
CDU 639.3(813.3)(043)

JOSÉ ROQUE DA SILVA NETO

**OUTORGA DOS DIREITOS DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS:
CONCESSÕES PARA PISCICULTURA NO ESTADO DA PARAÍBA**

Dissertação aprovada em 20 de dezembro de 2016.

COMISSÃO EXAMINADORA:



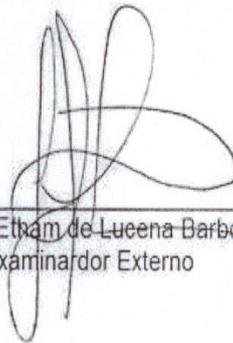
Profa. Dra. Rosires Catão Curi (UFCG)

Orientadora



Prof. Dr. Wilson Fadlo Curi (UFCG)

Co-orientador



Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa (UEPB)
Examinador Externo



Prof. Drª Iana Alexandra Alves Rufino (UFCG)

Examinador interno

O tempo muito me ensinou:

Ensinou a amar a vida,

Não desistir de lutar,

Renascer na derrota,

Renunciar as palavras e pensamentos negativos,

Acreditar nos valores humanos,

E ser otimista.

Aprenderi que mais vale tentar do que recuar...

Antes acreditar do que duvidar,

Que o que vale na vida,

Não é o ponto de partida e sim a nossa caminhada.

Cora Coralina.

Primeiro a Deus pela existência.
Aos meus pais Leonides (*in memoriam*) e Terezinha Mendes
À Luciane, minha amada esposa.
Aos meus filhos, Lourença e Antônio Pedro,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ninguém é capaz de crescer sozinho, sempre é preciso um olhar de apoio, uma palavra de incentivo, um gesto de compreensão, uma atitude de companheirismo.

À minha Esposa Luciane pela presença marcante em todos os momentos sempre com muito amor e carinho.

Aos meus filhos Lourença e Antônio Pedro pela compreensão durante minha ausência em decorrer do curso.

À minha orientadora Professora Dr^a Rosires Catão Curi pelos valiosos ensinamentos, paciência e dedicação prestada na orientação deste trabalho.

Ao Co-orientador Professor Dr. Wilson Fadlo Curi pelos esclarecimentos prestados durante a realização do trabalho.

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG: Marcia Maria Rios Ribeiro, Carlos de Oliveira Galvão, Andréa Carla. Mônica Coura pela dedicação, ensinamentos e esclarecimentos no decorrer do Curso.

Aos meus amigos e colegas de turma Simone Tavares e Everton John pela ajuda, dedicação, sinceridade e pela amizade. Amigos pra sempre!

Aos colegas de turma Cibelle Mara, Halana Trigueiro, Laio Ariel, Dayvison, Marlon, Jaqueline Salgado, Lívia Rocha, Wanessa Dunga, Dyego Lourenço e Diego Martins pelo companheirismo, ajuda mútua, e descontração durante o curso.

Aos amigos de todo tempo José Ferreira Júnior e Janaína Freire dos Santos, pelo incentivo, apoio e sugestões durante o Curso.

Aos funcionários do Laboratório de Hidráulica da UFCG: Ismael, Ronaldo, Valdomiro, Vera, pela atenção e compartilhamento dos bons momentos de construção durante a realização desse trabalho.

À bibliotecária Alrezinha do Departamento de Hidráulica da Universidade Federal de Campina Grande pela atenção e presteza durante o curso.

À Josete de Sousa Ramos, secretária do curso de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG, pelo apoio e ajuda nos assuntos burocráticos durante o curso.

A todos da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba), da SUDEMA (Superintendência de Administração do Meio Ambiente do Estado da Paraíba) que colaboraram com a informação dos dados necessários para realização desse trabalho.

À UFCG (Universidade Federal de Campina Grande – PB), pelo oferecimento do programa de Mestrado (PPGECA).

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo suporte financeiro, através da bolsa de estudo concedida para a realização desse trabalho.

A outorga, um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos presente na Lei nº 9.433/97 representa um componente legal de grande importância para o desenvolvimento de qualquer empreendimento, especialmente o aquícola, implantado em ambientes hídricos. O sistema de cultivo de peixes em tanques rede apresenta alta produtividade e investimentos iniciais inferiores aos requeridos para os sistemas convencionais. O crescimento acelerado dessa atividade no Brasil, sobretudo na região Nordeste, caracterizado pelo cultivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) aproveitando os ambientes aquáticos já existentes vem chamando a atenção dos órgãos gestores, devido aos seus potenciais efeitos poluidores, que podem provocar a aceleração da eutrofização dos corpos de água destinados aos usos múltiplos. A necessidade de promover o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos e a sustentabilidade do cultivo de peixes em tanques rede, como uma atividade geradora de rendas e que não altere a qualidade da água, impedindo os outros usos aos quais os mananciais foram destinados, motivou esta pesquisa que tem como objetivo central analisar as outorgas de águas superficiais concedidas pela AESA aos projetos de piscicultura em tanques rede implantados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba com base em variáveis limnológicas, ambientais e sociais. O modelo usado pela AESA para concessões das outorgas considera o limite da carga de fósforo total a ser liberado para o manancial pela atividade desenvolvida, gerando o número máximo de tanques rede que podem ser instalados nos reservatórios. Considera ainda para as variáveis de cálculo, o volume, a profundidade média do corpo de água, o número de peixes por tanque rede, quantidade de ração utilizada no cultivo, à carga de fósforo gerada atribuída a ração pelas excretas dos peixes. O caso de estudo foi os mananciais: açude Camalaú, açude Cordeiro, barragem de Acauã e o açude São Salvador. Além das várias visitas *in loco* a esses mananciais, o trabalho envolveu também considerável número de aquicultores beneficiários dos empreendimentos que responderam a um questionário, elaborado com 70 perguntas, para avaliar a satisfação desses atores com a atividade e ao mesmo tempo conhecer como eles gerenciavam a atividade. Conclui-se, com base nos dados limnológicos obtidos que não houve alterações significativas da qualidade da água nos açudes estudados, embora tenha sido relatado pelos aquicultores alguns problemas ocasionais com mortalidade de peixes. Portanto, as outorgas concedidas pela AESA para produção de pescado nos respectivos mananciais podem ter sido adequadas levando em consideração as variáveis estudadas.

Palavra-chave: Outorgas, Piscicultura, Reservatórios, Recursos Hídricos.

ABSTRACT

The water use right, one of the instruments of management of water resources present in law No. 9,433/97 represents a legal component of great importance for the development of any project implemented in water environments. The fish culture system in net tanks presents high productivity and initial investments lower than those required for conventional fish cultivation systems. The accelerated growth of this activity in Brazil, especially in the Northeast region, characterized by the cultivation of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), taking advantage of existing aquatic environments, has been drawing the attention of the management government organs due to their potential polluting effects, which can cause acceleration Eutrophication of bodies of water intended for multiple uses. The need to promote the sustainable management of water resources and the sustainability of fish culture in net tanks, as an activity that generates incomes and that does not alter the water quality, preventing the other uses to which the sources were destined, motivated this research Whose main objective is to analyze the water concessions granted by AESA to fish farming projects in network tanks located in the Paraíba River Basin based on limnological, environmental and social variables. The model used by the AESA for concessions grants considers the limit of the total phosphorus load to be released to the water body by the activity developed, expressing the maximum number of net tanks that can be installed in the reservoirs. It also considers the volume, mean water body depth, number of fish per net tank, amount of food used in the cultivation, and the phosphorus load attributed to the fish excreta. The case study was on the water reservoirs: Camalaú, Cordeiro, Acauã and the San Salvador. There were also several on-site visits to these reservoirs. The research also involved a visit to a number of aquaculturists who benefited from the projects that answered a questionnaire, which was prepared with 70 questions, to evaluate the satisfaction of these actors with the activity and at the same time to know how they managed the activity. It is concluded, on the basis of the limnological data obtained that there was not significant changes of water quality on the reservoirs studied, although it has been reported by fish farmers some occasional problems with fish loss. Therefore, the licenses granted by AESA for fish production in the cited water sources may have been appropriate considering the variables studied.

Word-key: Water Rights, Pisciculture, Reservoir, Water Resources.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.	38
Figura 2 - Localização dos açudes com os respectivos projetos. Fonte: AESA – Adaptado pelo autor (2016).	39
Figura 3 - Vista Parcial do Açude de Camalaú. Fonte: Autor, (2016).	40
Figura 4 - Vista parcial do açude Cordeiro. Fonte: Autor, (2016).	41
Figura 5 - Vista Parcial da Barragem de Acauã (2016).	41
Figura 6 - Vista parcial do açude São Salvador com o cercado de cultivo dos peixes. Fonte: Autor, (2016).	42
Figura 7 - Estrutura básica de um tanque rede.	44
Figura 8 - Variação da Temperatura em períodos semestrais nos mananciais em estudo de 2006 a 2014.	60
Figura 9 - Variação do oxigênio dissolvido em períodos semestrais nos mananciais em estudo no período de 2006 a 2014.	62
Figura 10 - Variação do pH em períodos semestrais nos mananciais em estudo no período de 2006 a 2014.	63
Figura 11 - Valores de nitrogênio.	64
Figura 12 - Variação da concentração de fósforo total – PT nos mananciais em estudo no período de 2006 a 2014.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de estado trófico, com os referentes valores de Índice de Estado Trópico (IET) e respectivas alterações observadas nos corpos d'água.	25
Tabela 2 - Modelos de capacidades de suporte.....	33
Tabela 3 - Aspectos Limnológicos dos Mananciais em Estudo.....	43
Tabela 4 - Volumes (m ³) e Áreas (ha) e Data das Expedições das Outorgas dos mananciais em estudo.....	53
Tabela 5 - Dados zootécnicos dos cultivos.....	57

LISTA DE SIGLAS

ABRACOA – Associação Brasileira de Criadores de Organismos Aquáticos;
AESAs – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba;
ANA – Agência Nacional de Águas;
CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba;
CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco;
CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento;
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;
DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca;
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;
FADURPE – Fundação Apolônio Sales de Desenvolvimento;
FAO – Food Agricultural Organization;
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis;
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
IET – Índice de Estado Trófico;
MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura;
OMS – Organização Mundial da Saúde;
PAA – Programa de Aquisição de Alimentos;
PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba;
SEAP – PR – Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República;
SEPAQ – Sistema Estadual da Pesca e da Aquicultura do Ceará;
SPU – Secretaria de Patrimônio da União;
SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente;
SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste;
UFCG – Universidade Federal de Campina Grande;

1. INTRODUÇÃO	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1. Recursos Hídricos	21
2.2. Aspectos Limnológicos	22
2.3. Piscicultura em Tanques rede	26
2.4. Capacidade de Suporte	29
2.5. Outorgas de Direito de Usos para Aquicultura.....	35
2.5.1. Legislação.....	35
3. MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1. Área de Estudo	38
3.1.1 Características dos Mananciais em Estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba	40
3.1.2 Variáveis Limnológicas	42
3.1.3 Dados dos Projetos Tanques redes	43
3.2. Identificação do Perfil dos Piscicultores.....	45
3.3. Concessões de Outorgas	46
3.4. Modelo de Capacidade de Suporte adotado pela AESA	47
3.5 Procedimentos Metodológicos.....	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1. Concessões de Outorgas	53
4.1.1. Limite máximo da área superficial dos corpos d'água.....	54
4.1.2. Distância do local de instalação dos tanques rede.....	55
4.1.3. Profundidade do local de instalação dos tanques rede.....	55
4.1.4. Estimativa da capacidade de suporte	55

4.1.5. Dados de produção dos peixes.....	56
4.2.1. Temperatura da água	60
4.2.2. Oxigênio Dissolvido.....	61
4.2.3. Potencial hidrogeniônico (pH).....	62
4.2.4. Nitrogênio total.....	63
4.2.5. Fósforo total (PT).....	65
4.3. Perfil dos Piscicultores.....	66
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	69
REFERÊNCIAS BIBLIORÁFICAS	72

1. INTRODUÇÃO

A concessão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos, principal instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos instituída na Lei das Águas, se torna um particular desafio quando se dá em regiões de conflito potencial pelo uso da água. Esse desafio é ainda mais acentuado quando se faz necessária uma tomada de decisão em bacias hidrográficas carentes de dados de disponibilidades hídricas.

O semiárido nordestino periodicamente apresenta problemas de escassez e de qualidade de água. Nesta região, a irregularidade na distribuição de chuvas faz com que se busquem alternativas de abastecimentos usando o que se tem a disposição como açudes, barreiros, cacimbas e poços tornando-se as únicas fontes de água para consumo humano. Por não possuírem sistemas de esgotamento ou drenagem e tratamentos de efluentes, nestes locais, toda carga poluidora é lançada nos corpos aquáticos disponíveis.

Aproximadamente 70% da água doce do mundo é utilizada na agricultura para produção de alimentos. Em diversos países após chegar ao limite máximo da exploração das águas superficiais disponíveis, procura-se explorar água dos lençóis freáticos através da perfuração de poços. O bombeamento excessivo não está permitindo a recarga dos aquíferos e esses vêm sofrendo depleção e, em alguns casos, a depender da geologia, provocando o rebaixamento do solo. A degradação da qualidade da água é outro fator que deve ser levado em consideração. Ao longo dos anos, às fontes hídricas vêm sofrendo perdas de qualidade, fruto da poluição antropogênica, causando problemas a saúde ambiental e humana, além de dificultar e onerar o tratamento de água para consumo humano (TUNDISI, 2003).

A Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Como instrumentos dessa política, a lei define os planos de recursos hídricos, o enquadramento de corpos d'água em classes, segundo os usos

preponderantes da água, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, a compensação a municípios e o sistema de informações sobre recursos hídricos. A mesma lei atribui aos Comitês de Bacias Hidrográficas a condição de fórum para definição da gestão dos recursos hídricos no âmbito das bacias, devendo encaminhar propostas de gestão e de operacionalização dos instrumentos da política ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Logo após, em 17 de julho de 2000, através da Lei 9.984 foi criada a Agência Nacional de Águas – ANA, dando mais amparo ao setor institucional hídrico brasileiro.

A outorga de uso dos recursos hídricos é um direito de uso concedido pelo Estado (União ou unidade da Federação) ao usuário (público, individual ou coletivo), que estabelece a possibilidade de utilização de certa quantidade de água, com características de qualidade definidas, para cultivo de peixes, captação para diversos fins ou diluição de efluentes, por período de tempo determinado e com regime de variação previamente estabelecido.

No Brasil, a outorga para o uso das águas dos reservatórios da União, para fins de aquicultura como um todo, é concedida pela Agência Nacional de Águas (ANA), que adota o modelo matemático desenvolvido por Dillon & Rigler (1974), como critério para definição da capacidade de suporte de um reservatório para produção de pescado, com base na carga máxima de fósforo permissível, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2006). Essa normativa dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais, bem como, estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes. O mesmo modelo e a mesma metodologia descrita são utilizados também pela AESA – (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) para concessão de outorgas de uso dos Recursos Hídricos no referido estado. A outorga de direito de uso dos recursos hídricos no Estado da Paraíba é regulamentada pelo Decreto nº 19.260, de outubro de 1997.

A aquicultura é considerada uma fonte viável para o fornecimento de proteína relativamente barata e de alto valor biológico, principalmente em países em desenvolvimento com escassez de proteína (EL-GAYAR e LEUNG, 2000). A produção mundial de peixes apresentou crescimento muito acentuado nos últimos anos, consolidando-se como um setor de grande importância econômica e

participando de maneira significativa no suprimento das necessidades proteicas da humanidade (SAMPAIO et. al. 2013).

O uso de reservatórios para a produção de peixes em gaiolas no Brasil é uma atividade que tem crescido significativamente nos últimos anos (DIAS et al., 2011). O impulso para esse crescimento foi dado a partir da regularização dos usos múltiplos dos reservatórios, entre eles o uso para fins de aquicultura, conforme o estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos, em 1997 (BUENO et al., 2013). Tanto a Lei nº 9.433 como o Decreto nº 4.895, de 2003, bem como a Instrução Normativa Interministerial nº 6, de 2004 (BRASIL, 2004) e a Instrução Normativa Interministerial nº 7, de 2005 determinam que se possa ser utilizado, para fins de aquicultura, até 1% da área do espelho da água nos ambientes aquáticos da União (Brasil, 2005).

Apesar de regulamentado, o processo para a autorização de uso de áreas individuais para fins de aquicultura no Brasil envolve trâmites bastante complexos e passa por vários órgãos públicos. No caso específico de uso de águas da União, o interessado envia seu projeto para o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), cada processo tramita pela Agência Nacional de Águas (ANA), pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), pela Marinha do Brasil e pela Secretaria do Patrimônio da União (SPU) até ser publicação no Diário Oficial da União.

No caso de autorizações de usos de águas de domínio do Estado da Paraíba, o processo é quase idêntico, passando por vários órgãos públicos como a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), Superintendência do Meio Ambiente (SUDEMA) até a publicação no Diário Oficial do Estado.

Para OSTRENSKY, (2007) a criação dos Parques Aquícolas, instrumentos que irão disciplinar o uso dos corpos d' água de domínio da União, para fins de uso na aquicultura, foi estabelecido como uma nova estrutura fundiária. Na sua definição, parque aquícola é um espaço físico contínuo em meio aquático, delimitado, que compreende um conjunto de áreas aquícolas afins, em cujos espaços físicos intermediários podem ser desenvolvidos outras atividades compatíveis com a prática da aquicultura (MPA, 2015).

A legislação pertinente à aquicultura no sistema de tanques rede é bastante complexa, particularmente quando se trata de projetos em águas da União, que são regulamentados por normas jurídicas referentes a distintos setores (produção

animal, recursos hídricos, saúde, dentre outros) e à sobreposição de atos normativos (decretos, portarias, resoluções e deliberações), (AYROZA et. al. 2008a).

Ainda segundo Ayroza et. al. (2008), o resultado disso é que a regularização dos empreendimentos envolve a elaboração de vários projetos e etapas em diferentes instituições governamentais. No âmbito legal, outro problema é que a atividade é tratada no mesmo escopo legal que as demais atividades que utilizam os recursos hídricos, tais como mineração e aproveitamento de energia elétrica.

A piscicultura é uma atividade zootécnica com grande potencial econômico principalmente na produção de proteína animal, fortalecida na medida em que se esgotam os estoques pesqueiros naturais. No Brasil, a espécie *Oreochromis niloticus*, é a espécie mais cultivada, uma vez que apresenta algumas características econômicas e ecológicas que são relevantes para a produção. Além de ser um peixe com excelente aceitabilidade no mercado, possui algumas características que o tornaram o modelo zootécnico da piscicultura nacional, tais como rápido crescimento corporal, alta rusticidade e tolerância às variáveis ambientais, desenvolvimento larval simples e habilidades para reproduzir-se em cativeiro.

Contudo, a implementação dessa atividade, em águas abertas, é mais recente para a região Sul e Sudeste, sustentando-se na criação da tilápia (CARVALHO et al. prelo) que é uma espécie exótica. De acordo com o Decreto no 4.895, de 25 de novembro de 2003 e a Portaria IBAMA no 145-N, de 29 de outubro de 1998 sua utilização na exploração da aqüicultura só será permitida em locais em que a espécie já esteja comprovadamente estabelecida no meio ambiente aquático.

Tendo em vista a importância da outorga como um dos instrumentos de controle quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos e a implantação de 4,0 (quatro) projetos de piscicultura em tanques rede nos reservatórios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Paraíba, tem-se no presente estudo a preocupação de analisar alguns fatores pertinentes à atividade piscícola nesses quatro projetos supra citados.

Como objetivo geral, este trabalho propõe analisar as outorgas de águas superficiais concedidas pela AESA aos projetos de piscicultura em tanques rede implantados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, com base em variáveis limnológicas, ambientais e sociais.

Mais especificamente este estudo pretende:

- ✓ Diagnosticar a situação atual sobre o sistema de cultivo de peixes em tanques rede nos reservatórios selecionados;
- ✓ Comparar as variáveis limnológicas nos mananciais em estudo, avaliando se com a instalação do empreendimento as características limnológicas dos mananciais foram alteradas;
- ✓ Identificar o perfil e opinião dos aquicultores e beneficiários frente às exigências da agência concedente;
- ✓ Produzir informações sobre o sistema de cultivo de peixes em tanques rede nos reservatórios selecionados, em termos de capacidade de suporte, visando contribuir para o planejamento e gestão do uso dos recursos hídricos para fins de piscicultura.

Os capítulos seguintes se estruturam da seguinte forma: capítulo dois trata da fundamentação teórica, o capítulo três apresenta os materiais e métodos, no quarto capítulo são apresentados os resultados e discussões, e o quinto e último capítulo trata das conclusões e recomendações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Recursos Hídricos

A necessidade de acúmulo de água para diversos fins determinou o barramento de rios, criando lagos artificiais ou reservatórios, sendo que seus usos preponderantes ou múltiplos têm influência fundamental em sua morfometria, morfologia e limnologia (TUNDISI et al., 2002). Isto equivale dizer, que aspectos como profundidade média, tempo de residência e a qualidade da água influenciam os usos ao qual o ambiente se destina (XAVIER, 2005).

A distribuição espacial hídrica dos recursos brasileiros não coincide com a demanda das populações. A região Norte, com apenas 7% da população brasileira, reúne 68% da água doce do país na bacia amazônica. O Nordeste, com 29% da população, tem apenas 3% da água doce. No Sudeste, 43% da população têm menos de 6% da água doce superficial (MIRANDA, 2004).

Nos últimos 50 anos, a extração anual de água doce de lagos, rios e aquíferos triplicaram e o crescimento populacional e econômico continua a incrementar a necessidade, tanto por água, quanto por serviços a ela relacionados (TUNDISI, 2003). Este fato afere aos recursos hídricos uma importância não apenas ecológica, como também política, econômica e social.

A disponibilidade de água é um bem comum, social e estratégico, apresentando-se frágil diante dos diversos usos requeridos. Esta situação é uma consequência direta dos efeitos adversos do crescimento e adensamento populacional, do aumento da produção e da diversificação de bens e serviços (ASSUNÇÃO & BURSZTYN, 2001).

Os reservatórios são sistemas aquáticos modificados, extremamente complexos e dinâmicos, que apresentam as funções principais de manutenção da vazão dos cursos de água e atendimento às variações da demanda dos usuários (PRADO, 2002). São construídos pelo barramento artificial de um vale natural ou

pela formação artificial de lagos, associados a uma bacia de drenagem natural e com vazões defluentes sujeitas a controle (CRUZ & FABRIZY, 1995).

O aproveitamento de uma área delimitada espacialmente, como um reservatório, impõe a necessidade de ordenar e dimensionar a forma e a intensidade de uso dos recursos hídricos, de modo que não ocorra a deterioração da qualidade ambiental, nem a perda das características que tornam o ambiente viável para seu aproveitamento. É de fundamental importância a seleção de áreas para a implantação do cultivo em tanques- rede e a estimativa da capacidade de suporte do meio para a atividade de piscicultura, ou seja, o nível máximo de produção suportável pelo ambiente, que representa uma condição necessária à integridade biótica e da qualidade da água nos ambientes aquáticos (FADURPE, 2003).

O barramento de um rio acarreta ainda outros efeitos negativos, dentre eles deslocamento de populações ribeirinhas (na construção da barragem), problemas de saúde pública (malária, esquistossomose, entre outros), perda de espécies nativas de peixes, perda da biodiversidade de rios, interferência no pulso de inundação, efeitos na composição química e física da água à montante e à jusante, e degradação da qualidade da água (TUNDISI, 1999).

2.2. Aspectos Limnológicos

O fósforo é geralmente o nutriente limitante ao crescimento fitoplanctônico em ecossistemas aquáticos tropicais, sendo a sua quantidade requerida pela biomassa algal equivalente a 14% da demanda para o nitrogênio (CHORUS & MUR, 1999).

A eutrofização dos ecossistemas aquáticos continentais e marinhos é o resultado do enriquecimento com nutrientes de vegetais, principalmente P e N, que são despejados de forma dissolvida ou particulada em lagos, represas e rios, sendo então transformados em matéria viva pelo metabolismo dos vegetais. A eutrofização natural é resultante da descarga normal de N e P nos sistemas aquáticos e é benéfica, já que estes são necessários à manutenção da vida aquática. A eutrofização artificial ou cultural é proveniente de despejos de esgotos domésticos e industriais e da descarga de fertilizantes aplicados na agricultura. A eutrofização cultural pode acelerar o processo de enriquecimento das águas superficiais, provocando um rápido desenvolvimento dos vegetais aquáticos, inicialmente

cianobactérias, as quais produzem substâncias tóxicas que podem causar a mortalidade de animais e intoxicação (TUNDISI, 2003).

Estudos realizados demonstram que as emissões de matéria orgânicas pelos cultivos de peixes em tanques rede, frequentemente se acumulam em uma área entre 10 a 50 metros ao redor das gaiolas. (GU; LI, 2003). A legislação brasileira através da Instrução Normativa nº 06 de 31 de maio de 2004, prevê minimamente a área de diluição da carga orgânica estipulando a relação entre 1:5 a 1:8 para tanques rede e/ou gaiolas em relação à área efetivamente ocupada pelas estruturas de cultivo e a área total a ser cedida, (BRASIL, 2004).

Durante a implantação de sistemas de cultivos de peixes em viveiros nas proximidades dos reservatórios podem ocorrer impactos ambientais, pela remoção da cobertura vegetal ou mata ciliar, para construção de viveiros ou captação de água; e, pela erosão com o carreamento de sedimentos para os cursos d'água naturais VALENTI, (2002). E, também, durante a operação da piscicultura, devido a liberação de efluentes ricos em matéria orgânica, sólidos em suspensão e minerais que são potenciais causadores de eutrofização. Outro fator de risco é a introdução de espécies exóticas, substâncias tóxicas, drogas, hormônios ou doenças no ambiente.

Os maiores impactos causados pela piscicultura em tanques rede dizem respeito ao aumento nas concentrações de fósforo, nitrogênio e matéria orgânica, tanto na água quanto no sedimento (GUO & LI, 2003). Segundo Folke & Kautsk (1992), 13% do nitrogênio e 66% do fósforo aportados via ração sofrem sedimentação; 25% do nitrogênio e 23% do fósforo são convertidos em massa (carne); e 62% de nitrogênio e 11% de fósforo ficam dissolvidos na água. Dentre os nutrientes, sabe-se que o fosfato é o mais importante para a eutrofização artificial em águas doce (ESTEVES, 1998).

A expansão do sistema de aquicultura intensiva em tanques rede é frequentemente acompanhada de degradação do ambiente aquático nas imediações das áreas de cultivo (BEVERIDGE, 1996). Resíduos diretos da aquicultura como restos de rações e excretas dos peixes, são comparados aos dos efluentes domésticos, que sem o manejo adequado adicionam grandes quantidades de fósforo e nitrogênio aos corpos hídricos.

Um importante componente das fontes de poluição difusa em bacias hidrográficas agrícolas é o fósforo (P) através do escoamento superficial. Este poluente pode acelerar o processo de eutrofização. Para controlar este processo, é necessária uma melhoria das práticas de manejo de solo (WITHERS *et al.*, 2000). Em corpos d'água utilizados para abastecimento público, a eutrofização provoca complicações, causando odor e sabor desagradáveis à água, entupimento de filtros de estações de tratamento, podendo, ainda, causar problemas à saúde da população (BRANCO 1991).

O índice do estado trófico (IET) adotado por Carlson modificado por TOLEDO *et al.* (1983) e TOLEDO (1993) tem por finalidade classificar os recursos hídricos em diferentes graus de trofia, avaliando a qualidade da água relacionada com a disponibilidade de nutrientes (fósforo e nitrogênio) e o aumento da produção primária com base no teor de clorofila-a (CL), bem como o desenvolvimento de macrófitas aquáticas. Este índice fundamenta-se em três variáveis: transparência (disco de Secchi), clorofila-a e fósforo total. Desta forma, o valor do índice relacionado ao fósforo total, (IET-P), deve ser entendido como uma medida do potencial de eutrofização, enquanto que o valor de clorofila-a (IET-CL) deve ser considerado como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador.

Tabela 1 - Classes de estado trófico, com os referentes valores de Índice de Estado Trófico (IET) e respectivas alterações observadas nos corpos d'água.

Classe Trófica	IET	Características dos Corpos d'água
Ultra-oligotrófico	<47	Água muito limpa, concentrações insignificantes de nutrientes; adequada qualidade d'água para diversos usos.
Oligotrófico	$47 \leq \text{IET} < 52$	Água limpa; pequena concentração de nutrientes; sem interferências indesejáveis na qualidade da água.
Mesotrófico	$52 \leq \text{IET} < 59$	Água com intermediária concentração de nutrientes; possíveis implicações sobre a qualidade da água, em níveis aceitáveis.
Eutrófico	$59 \leq \text{IET} < 63$	Água com baixa transparência, alta concentração de nutrientes; alterações indesejáveis na qualidade da água, frequente floração de algas.
Supereutrófico	$63 \leq \text{IET} < 67$	Água com baixa transparência; alta concentração de nutrientes; alterações indesejáveis na qualidade da água; frequente floração de algas.
Hipereutrófico	≥ 67	Água com alta turbidez, elevada concentrações de matéria orgânica e nutrientes; comportamento acentuado na qualidade da água; intensa floração de algas ocorrência de mortandades de peixes.

Adaptado de CUNHA, CALIJURI e LAMPARELLI (2013).

A produção de peixes em cultivo intensivo, como em gaiolas, resulta na produção de dejetos diversos, os quais podem estimular a produtividade primária aquática, através do processo de eutrofização, e alterar as características limnológicas do corpo d'água. A deterioração da qualidade da água irá estressar ou causar mortalidade dos estoques, podendo encorajar o desenvolvimento de organismos patogênicos, deste modo afetando a lucratividade e, até mesmo, a viabilidade do sistema de produção (FADURPE, 2003).

Diversos modelos têm sido propostos para previsão das respostas do ambiente aquático a incrementos das cargas de fósforo, a despeito de diversas restrições que ampliam a margem de erro de suas previsões. Entretanto, aqueles mais amplamente utilizados, consideram que a concentração de fósforo num corpo aquático depende de sua carga recebida, do tamanho do corpo d'água (área,

profundidade média), da taxa de renovação – fração da coluna d'água renovada anualmente pela vazão – e fração de fósforo perdido para o sedimento (BEVERIDGE, 1991).

Informações sobre dados morfométricos, principalmente os que se referem à profundidade e ao volume, também são fundamentais para conhecer a hidrodinâmica e o funcionamento limnológico do ecossistema (KUBITZA, 2011). No caso específico da implantação de tanques rede, o conhecimento da variável tempo de residência que é o tempo necessário para substituir a água do sistema e a circulação interna da mesma, durante um período hidrológico é fundamental.

O Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. O índice de Carlson (1977) tem sido usado em diferentes ecossistemas aquáticos, incluindo lagoas costeiras (SCHÄFER, 1988) e reservatórios (MATSUMURA-TUNDISI *et al.*, 1986; CALEFFI *et al.*, 1994). A modificação proposta por Toledo *et al.* (1983) para este índice, também tem sido amplamente empregada para estimar o estado trófico, principalmente de lagos e reservatório de regiões tropicais e subtropicais (TUNDISI *et al.*, 1988; MERCANTI & TUCCI-MOURA, 1999).

2.3. Piscicultura em Tanques rede

Ainda que os primeiros registros de criação de peixes no mundo sejam de 2.000 a.C, a piscicultura em tanques rede data do século XIII na China, sendo praticada nos moldes atuais apenas no século XIX na região do Sudeste Asiático. Esta tecnologia provavelmente foi desenvolvida por pescadores que precisavam armazenar peixes vivos e que, no decorrer do tempo, vislumbraram a possibilidade de engordá-los (FRASCÁ-SCORVO *et al.*, 2012).

A piscicultura comercial teve início no Japão no século XVIII e foi introduzida no Brasil somente no início do século XX (AZEVEDO, 1961). O cultivo de peixes no sistema de tanques rede é uma realidade bem mais recente, data da década de 80.

O cultivo de peixes em tanques rede pode incrementar consideravelmente a produção aquícola, criar condições para atrair novos investidores e tornar-se uma

excelente alternativa de geração de emprego e renda, além de diminuir a pressão sobre os estoques pesqueiros naturais e sobre as várzeas (AYROZA *et al.*, 2005).

No Brasil, as primeiras iniciativas de piscicultura em tanques rede tiveram problemas causados, principalmente, pelo desconhecimento da tecnologia por parte de produtores e técnicos e pela inexistência, na época, de rações comerciais nutricionalmente adequadas para atender as exigências dos peixes (OSTRENSKY *et al.*, 2008). Contudo, esta atividade vem crescendo em todas as regiões brasileiras nos últimos anos e já representa 8% dos empreendimentos aquícolas nacionais (MPA, 2013).

O território brasileiro é uma das regiões que apresenta grande potencial de crescimento da atividade, na qual está inserida a piscicultura. Dentre estas condições, estão: o clima favorável, o enorme potencial hídrico tido como uma vasta malha hídrica tanto de água doce, salobra e no mar (cerca de 5,5 milhões de hectares de água doce represadas, 8,500 km de costa marítima e mais um milhão de pescadores registrados em Colônias e Associações), a boa disponibilidade de áreas mecanizáveis para produção de grãos, matéria prima das rações, a grande oferta de insumos (alevinos e rações comerciais para peixes e apetrechos usados nos cultivos), a disponibilidade de recurso humano especializado, a criação de linhas de crédito específicas, a exemplo do Plano Safra da Pesca e Aquicultura dos anos de 2012, 2013 e 2014 que é um instrumento para tornar mais efetivas as políticas econômicas e sociais do Governo Federal, voltadas à cadeia produtiva da pesca e aquicultura no Brasil, (BRASIL, 2012).

O Nordeste brasileiro é apontado como a região que tem as melhores condições para prática da aquicultura, seja de água doce, estuarina e marinha devido aos fatores meteorológicos, edafoclimáticos e oceanográficos com pouca variação da temperatura e, conseqüentemente das variáveis físico-química da água em condições normais, ou seja, sem os efeitos da poluição.

As modalidades de cultivo de peixes em tanques rede estão expandindo em escala mundial, com altos valores de mercado do pescado, sendo o setor que mais cresce (TACON; HALWART, 2007). De acordo com os mesmos autores, o consumo mundial *per capita* aparente de produtos aquícolas cresceu em média de 9,9 kg nos

anos 1960 para 14,4 nos anos 1990 e 19,7 kg em 2013, com estimativas para 2014 e 2015 de crescimento além dos 20 kg.

A grande maioria dos sistemas de produção utilizados pela aquicultura ao redor do mundo tem causado benefícios nutricionais e sociais significativos e, geralmente, não tem acarretado grandes custos ambientais (QUEIROZ, 2002).

No Brasil a aquicultura obteve um crescimento de 43,8% entre 2007 e 2009, passando de 289,050 toneladas para 415,649 toneladas (BRASIL, 2010), portanto, indicando e reforçando a importância do desenvolvimento de ferramentas de planejamento para essa atividade, a fim de que a mesma cresça e se estabeleça de forma sustentável.

Segundo dados do IBGE (2015), a produção total da piscicultura brasileira foi de 474,33 mil toneladas em 2014, com um aumento de 20,9%, em relação à registrada no ano anterior, a produção total de 392,4 mil toneladas. A Região Norte despontou na liderança, sendo impulsionado, sobretudo pelo Estado de Rondônia, que subiu para a primeira posição do ranking das Unidades da Federação, com a despesca de 75,02 mil toneladas de peixes.

ONO e KUBITZA (2003) asseguram que uma das principais estratégias para suprir a demanda de mercado é o incremento na produção de pescado cultivado. Entre as alternativas de criação de peixes, a utilização de gaiolas ou tanques rede tornou-se uma alternativa de investimento de menor custo e maior rapidez de implantação, por utilizar ambientes aquáticos já existentes, como o mar, estuários, rios, grandes reservatórios e lagos naturais para produção intensiva de peixes, além de possibilitar melhor retorno zootécnico.

O cultivo de peixes em tanques rede é um dos métodos mais utilizados atualmente na aquicultura de águas continentais, principalmente devido ao fácil manejo e ao rápido retorno do investimento. No Brasil, têm sido feitas várias experiências com espécies nativas de peixes, no entanto, atualmente a espécie mais utilizada é a tilápia do Nilo (*Oreochromis sp.*). Quando criada em tanques rede, as tilápias apresentam índices de desempenho satisfatórios, além de ser possível cultivá-la em densidades de até 250 kg/m³ (SCHMITTOU, 1997).

O consumo de pescados no mundo foi de 116.960 mil toneladas em 2009, valor superior a 17 kg por habitante (FAO, 2010). No Brasil, a média de consumo *per capita* foi bastante inferior, ficando em torno de 9 kg, enquanto a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda um consumo de 12 kg/hab/ano. No entanto, o consumo brasileiro vem crescendo e, de acordo com o MPA, ele era pouco inferior a 6,5 kg/hab/ano em 2003. Uma elevação na demanda nacional para os patamares recomendados pela OMS representaria um acréscimo de consumo de 5.722 mil toneladas.

A piscicultura em tanques rede no Estado da Paraíba surgiu a partir de 2006 com a implantação de vários projetos nos mananciais de domínio estadual. Atualmente são monitorados pela AESA 123 açudes no Estado da Paraíba, que totalizam aproximadamente quatro bilhões de metros cúbicos, distribuídos por todo Estado, apresentando características distintas no que diz respeito ao período de ocorrência das chuvas e suas intensidades.

2.4. Capacidade de Suporte

A primeira vez que o termo capacidade de suporte surgiu em problemas ecológicos, foi no final dos anos 1890s, quando os pesquisadores do Departamento de Agricultura dos EUA conceituaram capacidade de suporte como o número de animais selvagens que uma área de pastagem poderia suportar sem a sua deterioração. Nos anos 30 do século XX, era consenso entre pesquisadores e técnicos do governo que a determinação da capacidade suporte de um ambiente permitiria o manejo da vida selvagem, mas o conceito já ganhava significados diferentes. Para alguns era o número ideal de animais selvagens (cervos) capazes de atrair visitantes para o Parque e para outros o número máximo de cervos que evitaria destruir a pastagem e os componentes vegetais associados (Young, 1998).

Ao se transportar o conceito de capacidade de suporte para ecossistemas, com o intuito de promover cultivos animais e/ou vegetais, é importante considerar esta habilidade como uma característica intrínseca do ecossistema denotando a sua produtividade máxima e também a sua capacidade de assimilar os impactos provenientes destas atividades (Odum, 1998; Angelini, 2000).

O modelo de capacidade de suporte mais testado e utilizado é o de Dillon & Rigler (1974), que representa uma modificação do modelo original de Vollenweider (1968) e considera que a concentração de fósforo total [P] em um dado corpo d'água

é determinada pela carga de P, tamanho do lago (área e profundidade média), taxa de renovação da água (fração da coluna d'água perdida anualmente para jusante) e a fração de P permanentemente perdida para o sedimento (Eq. 2.1).

Numa situação de equilíbrio,

$$[P] = L * (1-R) / z * \rho, \quad (\text{Eq. 2.1})$$

onde:

[P] é a concentração de P-total em mg/l

L é a carga de P-total em g/m²/ano

z é a profundidade média em metros

R é a fração do P-total retida no sedimento

ρ é a taxa de renovação de água em volume por ano.

$\Delta P = P_f - P_i$, é a variação na concentração total de fósforo na água, em mg/m³ calculada como a diferença entre o nível máximo (final) aceitável (P_f) disponibilizado ao ecossistema aquático pela piscicultura em tanques rede (conforme Resolução CONAMA Nº 357 de 17/03/2005) e o nível inicial de fósforo (P_i) determinado no ecossistema aquático, isto é, antes da instalação do sistema de piscicultura em tanques rede.

Por ser um processo simplificado para o estudo de capacidade de suporte o Modelo de Dillon & Rigler (1974) representa hoje a ferramenta mais utilizada para projetos aquícolas nos reservatórios brasileiros. A simplicidade de cálculos e consequentemente a facilidade de aplicação em uma variedade de situações onde a base de dados é reduzida, fez com que a Agência Nacional de Águas (ANA) e a Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca (SEAP-PR) optassem pelo emprego desta metodologia como ferramenta gerencial para a estimativa da capacidade produtiva de reservatórios e emissão de outorga para implantação de projetos aquícolas em várias regiões do Brasil.

Entretanto, surgiram nos últimos anos, algumas abordagens alternativas de estimativa de capacidade de suporte para cultivos intensivos em tanques-rede, dentre as quais os cálculos de área de influência do parque aquícola (Kubitza, 1999) e o aplicativo QUALRES (Cardoso *et al.*, 2002).

O emprego do aplicativo QUALRES como alternativa para estimativa da capacidade de suporte, baseado nas taxas de reposição das cargas de fósforo em função das oscilações de volume do reservatório, foi testado em açude da região Nordeste (Cardoso et al., 2002). Comparações com o modelo de Dillon & Righler (1974) não indicam haver diferenças apreciáveis entre os métodos, uma vez que a base conceitual de estimativas de ambos é a mesma, ou seja, a dinâmica de retirada do fósforo da coluna d'água em função da profundidade e do tempo de retenção. No entanto, a facilidade de cálculos favorece a opção pelo modelo de Dillon & Righler (1974).

Uma abordagem diferenciada para a estimativa da capacidade de suporte de reservatórios para cultivos intensivos em tanques-rede foi apresentada por Angelini, (2000) para a Represa do Lobo (Broa, São Paulo). O modelo utilizado foi o ECOPATH, o qual tem como base as inter-relações e fluxos entre os componentes da cadeia alimentar, desde a absorção dos nutrientes pelo fitoplâncton, passando pelo grazing do zooplâncton até alcançar as transferências diretas e indiretas para a comunidade de peixes, considerando ainda as taxas de fluxo de detritos. O desenvolvimento deste tipo de abordagem e a sua aplicação a outros ecossistemas exigem, no entanto, o profundo conhecimento simultâneo dos diversos compartimentos da cadeia alimentar (fitoplâncton, perifíton, macrófitas aquáticas, bentos, zooplâncton e comunidade de peixes) ainda não disponível para a grande maioria dos ecossistemas lacustres brasileiros.

De acordo com Byron e Costa-Pierce (2010), citado por Ostrensky (2011) a abordagem utilizada para o cálculo da capacidade de suporte pode ser baseada fundamentalmente em quatro métodos: o método físico, o método baseado na produção, o método ecológico e o método social. Na abordagem física, quantifica-se a área do corpo d'água que apresenta potencial para a aquicultura, mas não se abordam os limites de produção de organismos aquáticos dentro dessa área.

No método que considera os níveis de produção, estima-se a quantidade máxima em escala de organismos aquáticos que pode ser produzida em um dado ambiente. Geralmente, restringe-se a áreas menores, dentro de uma bacia hidrográfica, assumindo-se que a produção não ultrapasse a capacidade de suporte definida no método ecológico. Ou seja, considera-se a máxima produção aquícola que pode ser suportada pelo ambiente (capacidade de suporte), sem que haja alterações significativas nas relações ecológicas das espécies e populações. Para

tal avaliação, são discutidos os papéis e os impactos de cada espécie na cadeia trófica, necessitando-se levar em consideração o impacto de cada espécie separadamente. O cálculo da capacidade de suporte ecológica é uma ferramenta complexa que exige o vasto conhecimento dos componentes do sistema, interações tróficas e fluxos de energia, porém, é uma metodologia extremamente importante para o manejo do processo como um todo.

No método social, considera-se a produção aquícola máxima que pode ser realizada, sem que haja impactos sociais adversos decorrentes da degradação ecológica eventualmente causada pela aquicultura que pode comprometer outros usos e serviços ambientais. Dessa forma, o método social leva em consideração os demais usos do reservatório para a instalação de empreendimentos aquícolas.

Diversos modelos têm sido propostos para previsão das respostas do ambiente aquático a incrementos das cargas de fósforo nos ambientes aquáticos, a despeito de diversas restrições que ampliam a margem de erro de suas previsões. Entretanto, aqueles mais amplamente utilizados, consideram que a concentração de fósforo num corpo aquático depende de sua carga recebida, do tamanho desse corpo d'água (área, profundidade média), da taxa de renovação – fração da coluna d'água renovada anualmente pela vazão – e fração de fósforo perdido para o sedimento (BEVERIDGE, 1991). Neste sentido, assume fundamental importância a transparência da água, pela relação entre a capacidade de penetração da luz com a zona de assimilação pelo fitoplâncton (zona trofогênica ou de produção) e as características físico-químicas do sedimento, sobretudo quanto à presença de oxigênio e de vegetação submersa, fatores que contribuem de modo substancial para sua absorção e incorporação.

Na tabela 2 são apresentados alguns modelos que foram desenvolvidos ou modificados para cálculo de capacidade de suporte de ambientes aquáticos.

Os outros parâmetros usados para se estimar a capacidade de suporte são os seguintes: (a) conteúdo de fósforo na ração usada para alimentar os peixes, (b) conteúdo elementar de fósforo na biomassa dos peixes, (c) taxa de sedimentação de fósforo no sistema, (d) concentração inicial de fósforo total, (e) concentração final de fósforo total no sistema, (f) profundidade em metros, (g) tempo de residência ou detenção, área do braço do reservatório ou área aquícola a ser considerada.

Tabela 2 - Modelos de capacidades de suporte.

Modelo	Referências
VISQ Variáveis que integram o modo semiquantitativo	Kurtz dos Santos et al. (1997), Apud Starling et al. (2006)
STELLA (Structural Thinking Experimental Learn Laboratory with animation)	Richmond (1987)
QualRes	Cardoso et al. (2002) apud Starling (2006)
Dillon & Rigler	Dillon & Rigler (1974)
ECOPATH Modeling	Ecopath. Org (Rees e Wackemagel, 1995)
DELPH 3D	Braunisch et al. (2008)
OECD Model	OECD (1982)
Vollenweider	Vollenweider (1975)
MOHID – 3D Water Modeling System	www.maretec.org
Eco Lab, Mike 3, 11, 31	DHI – Water Environment Health

Fonte: Ostrenski *et al.* 2011.

A capacidade de suporte de um tanque-rede é determinada principalmente pela disponibilidade de oxigênio dissolvido, variando com o tamanho da estrutura e com a velocidade da corrente. Quanto maior a abertura da malha, maior a capacidade de renovação da água e, conseqüentemente, maior a produtividade; por sua vez, quanto menor a estrutura do tanque-rede, maior o número de renovações completas que podem ser feitas por unidade de tempo, o que acarreta aumento da capacidade de suporte (BEVERIDGE, 2004).

No Brasil, a outorga para o uso das águas de um reservatório da União para fins de aquicultura, é concedida pela Agência Nacional de Águas (ANA), que no momento adota o modelo desenvolvido por Dillon e Rigler (1974), como critério para definição da capacidade de suporte de um reservatório. Esse modelo, também chamado de modelo trófico, parte da classificação do grau inicial de trofia de um reservatório, estabelecendo as cargas anuais máximas permitidas para o reservatório sem que haja a alteração do seu estado trófico. Neste modelo a

tolerância do reservatório às cargas de fósforo é relacionada a dois parâmetros morfológicos: a profundidade média e o tempo de retenção de água no reservatório.

A metodologia atualmente usada e aceita para o cálculo da capacidade de suporte de reservatórios foi desenvolvida por Dillon e Rigler no ano de 1974 e, apesar de ser considerada ultrapassada pela maioria dos atores envolvidos na atividade, pois fornece resultados conservadores, ainda é o único método aceito pela Agência Nacional de Águas – ANA e alguns órgãos de meio ambiente estaduais. A AESA utiliza atualmente o modelo de Ono e Kubitza (2003) para o cálculo de capacidade de suporte e, posteriormente, para emissão das outorgas.

O modelo matemático proposto por Ono e Kubitza (2003) determina a quantidade de tanques redes que podem ser outorgadas, tomando como base o volume do epilimínio, sua profundidade, as concentrações de fósforos total que a Resolução CONAMA 357 permite para águas de classe 2 de enquadramento desejado para as águas do manancial, a concentração desse parâmetro presente nas excretas dos peixes além das áreas de influência que podem ser disponibilizadas para essa atividade.

Nesse contexto, o desenvolvimento de técnicas e métodos para o cálculo da capacidade de suporte de corpos d'água são de extrema relevância para se garantir a sustentabilidade da atividade, não causando impactos ao meio ambiente e minimizando os conflitos de uso dos recursos hídricos.

O modelo ainda considera a retenção de fósforo nos sedimentos do reservatório que subsidia a emissão de Outorgas para a instalação de áreas aquícolas visando à produção de pescados. Outros dados também são necessários para o cálculo, como por exemplo, a porcentagem de fósforo na ração e nos peixes, os quais por sua vez devem ser revistos, pois podem ser super ou subestimados, por basear-se apenas em dados pontuais conforme observado por Dantas e Attayde (2007).

Outro modelo utilizado por diversos pesquisadores é o de Vollenweider (1981) que assume: (1) que o ambiente se comporta como um extrato de água único e completamente uniforme, com concentrações uniformes de compostos químicos; (2) que as cargas são constantes ao longo do tempo; (3) que a sedimentação é o principal processo físico que ocorre, e (4) que os volumes de água são constantes.

Embora, seja um modelo bastante empregado, necessita de um banco de dados mais completo que não se limite só ao estudo do fósforo.

2.5. Outorgas de Direito de Usos para Aquicultura

A outorga foi adotada no Brasil como instrumento de garantia de quantidade e qualidade de água e como forma de disciplinamento dos seus usos, evitando ou equacionando situações de conflito (SANTILLI, 2007).

No Brasil, a outorga para o uso das águas de um reservatório da União para fins de aquicultura, é concedida pela Agência Nacional de Águas (ANA), que no momento adota o modelo desenvolvido por Dillon e Rigler (1974), como critério para definição da capacidade de suporte de um reservatório. Esse modelo, também chamado de modelo trófico, parte da classificação do grau inicial de trofia de um reservatório, estabelecendo as cargas anuais máximas permitidas para o reservatório sem que haja a alteração do seu estado trófico. Neste modelo a tolerância do reservatório às cargas de fósforo é relacionada a dois parâmetros morfológicos: a profundidade média e o tempo de retenção de água no reservatório.

Quando se trata de regularização de projetos em águas de domínio da união os órgãos envolvidos no processo de regularização desses empreendimentos aquícolas são: Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Autoridade Marítima, Agência Nacional de Águas (ANA), Secretaria de Patrimônio da União do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (SPU/MP) além da publicação no Diário Oficial da União. Em cada Estado da Federação há uma superintendência que faz o trâmite dos processos.

2.5.1. Legislação

A aquicultura como outras atividades zootécnicas, é submetida às legislações ambientais compostas por um conjunto de Leis Federais, Leis Estaduais, Decretos, Portarias e Resoluções que de forma direta ou indireta busca orientar os usos dos recursos naturais (NETO, 2002).

Por se tratar de atividade recente, existe a necessidade de maiores informações e de adequação de toda a cadeia produtiva. Nesse contexto, a legislação assume grande importância como ferramenta para o direcionamento da

aquicultura, com o objetivo de compatibilizar a viabilidade econômica da atividade com a sustentabilidade ambiental, evitando-se conflitos no uso do recurso hídrico e promovendo o desenvolvimento regional (AYROZA *et al.*, 2006).

A legalização de empreendimentos aquícolas é um procedimento burocrático, moroso e caro pelo fato de a aquíicultura ser diretamente afetada por normas jurídicas referentes a diferentes setores (produção animal, recursos hídricos, poluição ambiental, saúde, entre outros), além da sobreposição de atos normativos (decretos, portarias, resoluções e deliberações). Diante dessas dificuldades, alguns produtores ou exercem a atividade de forma irregular ou direcionam os investimentos para outros segmentos (TIAGO, 2002).

Para reverter esta situação, é preciso adotar um modelo de gestão de recursos hídricos que promova um desenvolvimento sustentável, aliando o crescimento econômico, social e à preservação ambiental. No Brasil, passo foi dado neste sentido com a aprovação da Lei Federal nº 9433 em 1997 (BRASIL, 1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Para implementar esta lei, em bacia hidrográfica, torna-se necessário o uso de ferramentas de planejamento que possibilitem incorporar os fatores que afetam a qualidade da água, os quais são diversos e possuem complexas interações entre si.

O Decreto nº. 4895 de 25 de novembro de 2003 (BRASIL, 2003), que substituiu o Decreto nº. 2869, de 09/12/1998 (BRASIL, 1998), estabeleceu as diretrizes gerais para o zoneamento dos parques e áreas aquícolas em águas públicas, de forma a subsidiar os procedimentos a serem adotados pelas empresas que administram reservatórios no ordenamento da atividade piscícola.

A Instrução Normativa Interministerial nº. 6 de 28/05/2004 (BRASIL, 2004) e a nº 7 de 28/04/2005 (BRASIL, 2005b), por sua vez, estabeleceram as normas complementares para o uso das águas públicas da União para fins de aquíicultura, fazendo vigorar o Decreto nº. 4895 de 25/11/2003.

Com o intuito de regulamentar os padrões de qualidade de água no Brasil, foi promulgada, em 2005, a resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005). Essa Resolução fornece os limites de padrões a serem medidos em

corpos d'água de acordo com cinco classes, definidas com base em seus usos preponderantes. A classe especial e a classe I e II são para usos mais nobres (abastecimento humano, dessedentação de animais e proteção da vida aquática), com diferentes graus de tratamentos. A classe III pode ser destinada a abastecimento humano, desde que tratada com processos convencional ou avançado. Já a classe IV, é destinada somente à harmonia paisagística e à navegação (MARIANI, 2006). Esta resolução veio a substituir a Resolução CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986 (BRASIL, 1986).

Por se tratar de um rio estadual, o Rio Paraíba, onde está inserido os reservatórios em estudo está subordinado à legislação específica do Estado da Paraíba. A Lei nº 6.308, de 02 de julho de 1996, estabelece a política Estadual de Recursos Hídricos, fixando critérios que determinam os períodos propícios para uso dos mananciais e das áreas ao seu redor, possibilitando a conservação da qualidade da água. Esta lei garante os aparatos legais e fundamentam os principais instrumentos de gestão da água na União e no Estado, dentre eles o enquadramento dos corpos aquáticos e a outorga de direito de uso da água.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

A área objeto da pesquisa centra-se na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba que se encontra geologicamente localizada no Estado da Paraíba, é a segunda maior bacia, com uma área de 20.071,83 km², perímetro de 1.077,98 km, compreendido entre as Latitudes 6°51'31 e 8°26'21 Sul e as Longitudes 34°48'35 e 37°2'15 a Oeste de Greenwich com altitude média de 180 metros. A bacia ocupa 38% do território do Estado, apresenta 38 grandes reservatórios e está dividida em sub-bacias: Alto curso (6.717,39 km²), Médio curso (3.925,40 km²) e Baixo curso (3.760,65 km²), (PERH, 2006). Segundo dados de projeções do IBGE (2015) toda população residente na bacia hidrográfica do Rio Paraíba somam 2.259.187 habitantes correspondendo a 56,8% da população do Estado, distribuídos por 78 municípios, com parte ou todo seu território, inseridos na mesma. O município de maior população é o de Campina Grande, com 405.072 habitantes (18%) e o de menor população é o município de Parari, com 1.795 habitantes (0,07%), conforme Figura 1.

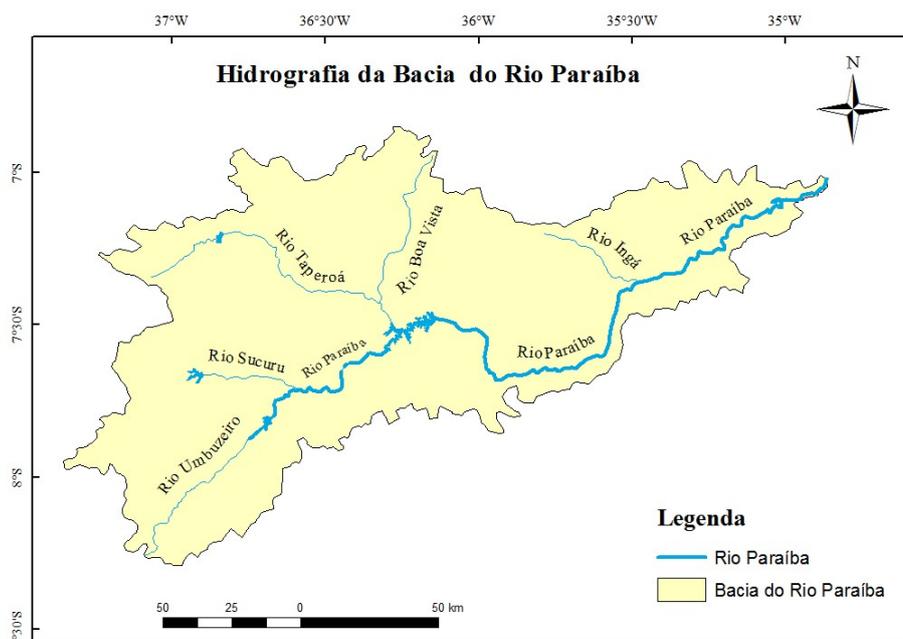


Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.

Fonte: Marcuzzo *et al.*, 2011.

3.1.1 Características dos Mananciais em Estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba

O **Açude Camalaú** está localizado no Município de Camalaú-PB, situado na microrregião do Cariri Ocidental dentro das coordenadas geográficas $7^{\circ}53'33.94''$ S e $36^{\circ}50'39.16''$ W, com capacidade de acumulação de $48.107.240 \text{ m}^3$. Sua construção foi iniciada em março de 1984 e concluída em 1988, seu principal afluente é o rio Monteiro. Suas águas são utilizadas para abastecimento humano, bem como, aqüicultura, pesca extensiva, dessedentação de rebanhos, lazer e irrigação. Abastece a Cidade de Camalaú. Atualmente, 25/08/2016, está com o volume de $5.385.060 \text{ m}^3$ correspondendo a 12,8% do seu volume total (AESA, 2016).



Figura 3 - Vista Parcial do Açude de Camalaú. Fonte: Autor, (2016).

O **Açude Cordeiro** localiza-se no Município do Congo-PB, na região do alto Paraíba ($7^{\circ}47'38.00''$ S $36^{\circ}40'14.04''$ W), com capacidade de acumulação de $69.965.945 \text{ m}^3$. Sua construção iniciou-se em outubro de 1986 e concluída em 1989. Abastece os municípios do Congo integrando um sistema adutor que distribui águas para o abastecimento das cidades de Monteiro, Sumé, Serra Branca e São João do Cariri, e ainda em ampliação. É utilizado para fins de abastecimento, irrigação, dessedentação de rebanhos, aqüicultura, pesca e em algumas iniciativas de lazer e turismo regional. Atualmente, 25/08/2016, está com o volume de 32.000 m^3 sendo considerado pela AESA correspondendo a 0,0% do seu volume (AESA, 2016), Figura 4.



Figura 4 - Vista parcial do açude Cordeiro. Fonte: Autor, (2016).

A Barragem de Acauã – localiza-se no Município de Itatuba-PB, região do médio curso do rio Paraíba, sua bacia hidráulica tem uma área de 2.300ha e capacidade de acumulação de 253.000.000 m³. Seu volume atual é de 28.532.378, em 25/08/2016, correspondendo a 11,3% de seu volume total (Figura 5) (AESA, 2015). Sua construção foi concluída em 2002, possui profundidade máxima 52 metros e média de 28 metros. Drena todo escoamento superficial da Cidade de Campina Grande, abrange as Zonas Rurais dos Municípios de Itatuba, Natuba e Aroeiras. Abastece os municípios de: Itatuba, Ingá, Juarez Tavorá e Zumbi.



Figura 5 - Vista Parcial da Barragem de Acauã (2016).
Fonte: autor (2016).

Açude de São Salvador – localiza-se no Município de Sapé-PB, baixo curso do rio Paraíba entre as Latitudes 7°06`S, 35°14`O. Abastece os municípios de: Sapé, Mari, Sobrado, Gurinhém, Cajá, Caldas Brandão e Mulungu. Seu volume em 25/08/2016 era de 12.273.607, correspondendo a 97% do seu volume total. Podemos observar, pela Figura 6, que as estruturas de cultivos não são mais os tanques rede, os aquicultores utilizaram as telas dos tanques para fazer um cercado medindo 100,0 metros de comprimento por 50,0 metros de largura e o fixaram dentro do açude, pregadas em estacas de madeira, para o cultivo dos peixes. Existe três cercados dentro do manancial (Figura 6).



Figura 6 - Vista parcial do açude São Salvador com o cercado de cultivo dos peixes. Fonte: Autor, (2016).

3.1.2 Variáveis Limnológicas

Através de uma solicitação da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República - SEAP-PR, Superintendência da Paraíba via *Ofício/SEAP/GAB-PB/Nº 90*, a SUDEMA emitiu certificados de análises de água de natureza química e bacteriológica dos mananciais paraibanos, para subsidiar a implantação do Projeto Tilápia da Paraíba a partir de 2006 (Anexos A). No sentido de obter mais informações das variações limnológicas dos reservatórios para realização dessa pesquisa, foi consultado o banco de dados da SUDEMA no período de 2006 a 2014. Os técnicos da SUDEMA realizam coletas semestrais de amostras

de água para estudo de suas qualidades em todos os mananciais utilizados para abastecimentos público da Paraíba.

Na tabela 3 são apresentados os dados de qualidade de água dos mananciais antes e depois da implantação dos empreendimentos aquícolas. Observa-se que as variáveis limnológicas da implantação do projeto de tanques rede da Barragem de Acauã, ocorrido em 08 de novembro de 2007, não estão disponíveis no banco de dados da SUDEMA.

Tabela 3 - Aspectos Limnológicos dos Mananciais em Estudo.

Mananciais	Aspectos Limnológicos Antes do Projeto (2006)*	Aspectos Limnológicos Depois do Projeto (2014)
Acauã	Dados não disponíveis - Temperatura: não disponível - pH: não disponível - O ₂ dissolvido: não disponível - N: não disponível - P: não disponível	Coleta dos dados: 02/04/2014 - Temperatura: 30 - pH: 8,56 - O ₂ dissolvido: 7,1 - N: 1,5 - P: 0,14
Camalaú	Coleta dos dados: 22/03/2006 - Temperatura: 32 - pH: 7,7 - O ₂ dissolvido: 7,8 - N: não disponível - P: 0,93	Coleta dos dados: 19/03/2014 - Temperatura: 26 - pH: 8,75 - O ₂ dissolvido: 8,4 - N: 2,1 - P: 0,08
Cordeiro	Coleta dos dados: 22/03/2006 - Temperatura: 25 - pH: 7,2 - O ₂ dissolvido: 8,2 - N: não disponível - P: 0,4	Coleta dos dados: 19/03/2014 - Temperatura: 26 - pH: 8,75 - O ₂ dissolvido: 8,4 - N: 2,1 - P: 0,1
São Salvador	Coleta dos dados: 07/06/2006 - Temperatura: 25 - pH: 8,7 - O ₂ dissolvido: 8,2 - N: não disponível - P: 0,69	Coleta dos dados: 01/04/2014 - Temperatura: 30 - pH: 8,29 - O ₂ dissolvido: 7,4 - N: 1,1 - P: 0,09

(2006)* - Período sem dados disponíveis.

3.1.3 Dados dos Projetos Tanques redes

Com iniciativa da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República – SEAP-PR, associações e colônias de pescadores e o Banco do Brasil, entre 2006 e 2010, foram implantados vários empreendimentos de

piscicultura em tanques rede nos principais mananciais do Estado da Paraíba. Ao longo da Bacia do Rio Paraíba foram selecionados quatro mananciais, a saber: Açude Camalaú, Açude Cordeiro, Barragem de Acauã e Açude São Salvador. Como beneficiários foram selecionados 21 pescadores das Colônias e/ou Associações, devidamente registradas como profissionais junto à SEAP-PR. Como estrutura de produção, cada pescador recebeu 08 tanques rede, totalizando 168 unidades em cada localidade. Além dos tanques rede financiados pelo Banco do Brasil, ainda teve rações balanceadas, alevinos, oxímetros, balanças, puçás, canoas entre outros.

O peixe cultivado nos referidos projetos é a tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus sp*) que embora se trate de um animal exótico, já é considerado como fauna estabelecida. Os peixes cultivados foram adquiridos em uma piscicultura comercial especializada em fornecer alevinos para engorda. Os tanques rede construídos com tubos de alumínio naval de 75,0 mm e dimensões de 2,0 x 2,0 x 1,2m adquiridos de uma empresa do ramo. As malhas dos tanques rede são arame 18” revestido com manta de PVC de alta aderência de 19,0mm em forma de losângulo. Figura 7.

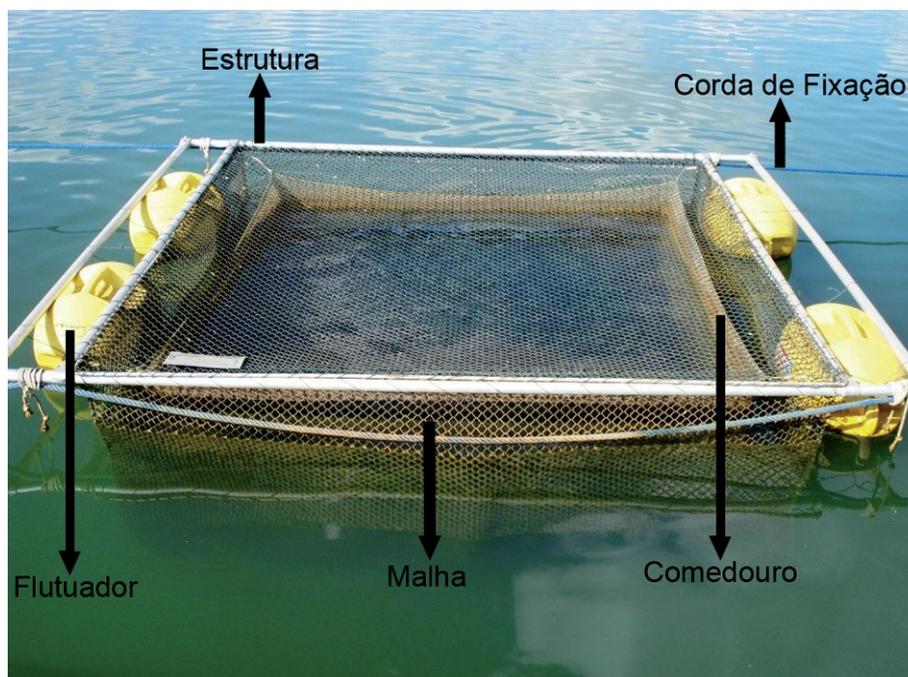


Figura 7 - Estrutura básica de um tanque rede.
Fonte: CODEVASF, (2013).

3.2. Identificação do Perfil dos Piscicultores

O modelo do questionário com as respectivas entrevistas aplicado aos aquicultores foi dividido em três partes, a primeira traça o perfil dos entrevistados (perguntas de 1 a 14), a segunda parte identifica o ambiente da organização da comunidade (perguntas de 15 a 35), identificando o conhecimento dos produtores sobre as outorgas, licenciamentos ambientais e os órgãos de gestão Federal e Estadual (ANA, AESA e SUDEMA). A terceira parte (perguntas de 36 a 70) procura analisar as estruturas de cultivos dos peixes, a situação dos mananciais frente as estiagens, bem como, a aquisição dos insumos para produção, a comercialização do pescado e a satisfação dos pescadores sobre o cultivo de tilápias em tanques rede.

A definição dos atores para a realização da aplicação dos questionários e das visitas *in loco* aos projetos implantados nos mananciais foi determinada pela disponibilidade e pelo voluntariado dos pescadores/aquicultores, contactados previamente, por meio telefônico e com a ajuda dos presidentes das Associações/Colônias, possibilitando com isso a realização do trabalho e as observações, nos respectivos empreendimentos.

Antes do início da aplicação dos questionários foi esclarecida a razão do trabalho de pesquisa. A aplicação dos questionários aconteceu nos meses de março e abril de 2016 com os respectivos piscicultores:

- 1- Onze Piscicultores da Colônia de Pescadores e Aquicultores Z - 25 sediada no Município de Camalaú – PB, se propuseram a responder as perguntas formuladas no questionário a prestar informações sobre o andamento do projeto, além de reclamarem e lamentarem por o manancial estar com seu volume reduzido impossibilitando o andamento do projeto. Ainda estão produzindo peixes em tanques rede alternando com viveiros semi-escavados em terreno natural. O número de beneficiários não é o mesmo de quando o projeto foi implantado, nem são as mesmas pessoas.
- 2- Treze Piscicultores da Colônia de Pescadores e Aquicultores Z – 32 Francisco Bezerra Evangelista, localizada no Sítio Lajinha, Município do Congo-PB, sem nenhuma exigência responderam as perguntas do questionário e esperam que o açude volte ao seu volume normal para voltar a cultivar tilápias em tanques rede. Cultivaram e comercializaram peixes até 2014. A quantidade de

aquicultores associados à colônia Z-32 responsáveis pelo projeto está bastante reduzida.

- 3- Nove associados da Associação de Piscicultores de Acauã localizada no Sítio Melancia, S/N as margens da Barragem de Acauã responderam os questionamentos e lamentaram a situação daquele manancial. O que chamou a atenção é que embora o volume do manancial esteja muito baixo continuam cultivando os peixes nos tanques rede. Além de ter novos associados o número está aquém dos 21 piscicultores que iniciaram o empreendimento.
- 4- Sete associados da Colônia de Pescadores Manoel Miguel do Anjos Z – 22, localizada no Município de Sapé –PB responderam o questionário. Observou-se que o projeto original já não existe, as telas dos tanques rede foram transformadas em cercados, colocadas dentro do manancial, para o cultivo dos peixes. O número de pescadores junto a Colônia Z-22 está bastante reduzido com relação ao do projeto original.

3.3. Concessões de Outorgas

A Política Nacional de Recursos Hídricos foi instituída pela Lei nº. 9.433, de 8 de fevereiro de 1997. Segundo essa lei, a água é um bem de domínio público, e um recurso limitado e dotado de valor econômico (CAMPOS, 2001).

A Lei Federal No. 9.433/97, em seu art. 1º define os seguintes fundamentos:

I - A água é um bem de domínio público;

II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

No artigo 5º desta lei, estão definidos os seis instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- Os planos de recursos hídricos;
- O enquadramento dos corpos de água em classes;
- A outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos;
- A cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- A compensação a municípios;
- Os sistemas de informação de recursos hídricos.

No Estado da Paraíba a Lei nº. 6.308, de 02 de julho de 1996, estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos, fixando critérios que determinam os períodos propícios para uso dos mananciais e das áreas ao seu redor, possibilitando a conservação da qualidade da água. Ambas constituem os aparatos legais que fundamentam os principais instrumentos de gestão da água na União e no Estado, dentre eles o enquadramento dos corpos aquáticos e a outorga de direito de uso dos da água.

A Paraíba vem emitindo concessões de outorgas para usos múltiplos desde 1997. Tem apresentado avanços tanto em termos dos aspectos legais como no desenvolvimento de instrumentos técnicos legais para apoiar a gestão e o planejamento de recursos hídricos através da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs).

3.4. Modelo de Capacidade de Suporte adotado pela AESA

O cálculo de capacidade de suporte para piscicultura em tanques rede consiste em avaliar o potencial impacto que ocorre em um manancial com a instalação de empreendimentos aquícolas, destinados ao cultivo de peixes dentro do reservatório.

A capacidade de suporte de todos os reservatórios de água do Estado da Paraíba para instalação de projetos de piscicultura em tanques rede é realizado através do modelo desenvolvido por Ono e Kubitza (2003).

O cálculo parte dos dados iniciais da área máxima do reservatório (A_m) e da profundidade média, a partir disso, obtêm o volume máximo a ser outorgado Eq. (3.10).

$$V = (a_m \times h_m) \quad \text{Eq. (3.10)}$$

Onde:

V = volume máximo que poderá ser outorgado (m^3);

A_m = área máxima do reservatório (m^2);

h_m = Profundidade média do reservatório (m).

Em seguida, é calculada a quantidade máxima de fósforo total, gerada para o ambiente (CP), multiplicando a concentração pré-estabelecida (C_p) seguindo da relação de Vollenweider para ambientes mesotróficos, com o volume máximo a ser outorgado (V) e dividindo o resultado por 1000, fazendo assim a transformação de unidades.

Os estudos para a determinação da capacidade de suporte em mananciais para a atividade de piscicultura em tanques rede, realizada pela AESA com base neste modelo, seguem uma sequência de cálculos para que através da produção estimada de peixes por tanques rede (Eq. 3.11), produção efetiva (Eq. 3.12), biomassa de peixes em cada tanque rede (Eq. 3.13), quantidade de ração necessária por dia (Eq. 3.14) e do teor de fósforo total contido na ração, possa ser calculada a concentração deste nutriente no tanque rede (Eq. 3.15) e o volume de diluição necessário para se obter uma concentração igual a $0,005mg/m^3$ (limite máximo de fósforo total estabelecido para ser liberado pela atividade) (Eq. 3.16).

Depois, calcula-se a razão entre o volume de referência e o volume de diluição da quantidade de fósforo total lançada por tanque rede em um dia, obtendo o número de tanques rede que poderão ser outorgados (Eq. 3.17)

$$T_{px} = (V_{tq} \times D_{px}) \quad \text{Eq. (3.11)}$$

Onde:

T_{px} = total de peixes por tanque rede (número de peixes);

V_{tq} = volume útil dos tanques rede (m^3);

D_{px} = densidade de peixes por tanque rede (número de peixes/ m^3).

$$T_e = (T_{px} \times i)/1000 \quad \text{Eq.(3.12)}$$

Onde:

T_e = total efetivo de peixes por tanque rede (número de peixes);

T_{px} = total de peixes por tanque rede (número de peixes)

i = índice de sobrevivência dos peixes (%).

$$B_{tq} = (T_e \times P_m)/100 \quad \text{Eq. (3.13)}$$

Onde:

B_{tq} = biomassa de peixes/tanque rede (Kg de peixes/tq)

T_e = total efetivo de peixes por tanque rede (número de peixes)

P_m = peso médio dos peixes na despesca (gramas).

$$R_d = (B_{tq} \times TCA)/t \quad \text{Eq. (3.14)}$$

Onde:

R_d = ração consumida por dia em cada tanque (Kg/dia/tq);

B_{tq} = biomassa de peixes/tanque rede (Kg/tq);

TCA = fator de conversão alimentar (Kg de ração/Kg de peixe);

T = Período de cultivo (dias).

$$C_{Ptq} = (p_e \times R_d)/1000 \quad \text{Eq. (3.15)}$$

Onde:

CPTq = concentração de fósforo gerada por tanque rede durante um dia de cultivo (kg/tq/dia).

Rd = ração consumida por dia em cada tanques (Kg/dia/tq);

Pe = fósforo excretado pelos peixes para cada 1000 kg de ração consumida (Kg de fósforo);

$$V_{eu} = (CDP/C_p) \times V_{tq} \quad \text{Eq. (3.16)}$$

Onde:

V_{eu} = volume de água por tanque rede para evitar a eutrofização (m^3);

CDP = concentração de fósforo gerada por m^3 $[(CPTq \times 1000)/V_{tq}]$ (gramas de fósforo/dia);

C_p = concentração de fósforo pré-estabelecida ($0,005mg/m^3$);

V_{tq} = volume útil dos tanques rede (m^3).

$$T_{tq} = (V/V_{eu}) \quad \text{Eq. (5.17)}$$

Onde:

T_{tq} = número de tanques rede que o ambiente pode suportar (unidades);

V = volume máximo a ser outorgado (m^3);

V_{eu} = volume de água por tanque rede para evitar a eutrofização (m^3).

Trata-se de um modelo que determina à quantidade de tanques rede que podem ser outorgados, tomando como base o volume do epilimínio, sua profundidade, as concentrações de fósforo total que a Resolução CONAMA nº 357/05 permite segundo a classe 2 de enquadramento desejada para as águas do manancial, a concentração desse parâmetro presente nas excretas dos peixes, além da área de influência do reservatório que pode ser disponibilizada para essa atividade.

Em favor da segurança o limite de fósforo total para o cálculo da capacidade de suporte é de $0,005\text{g/m}^3$, ou seja, a atividade de piscicultura durante todo o período de cultivo, só pode liberar para o ambiente aquático essa concentração de fósforo presente nas excretas, que é considerada de 7 kg de P-total para cada 1.000 kg de ração consumida pelos peixes.

Para o cálculo de capacidade de suporte para medidas de gerenciamento, como meio de subsidiar a outorga em tanques rede, a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, utiliza os seguintes índices na sua base de dados:

- Volume útil dos tanques rede iguala $5,0\text{ m}^3$;
- Quantidade de peixes por tanque rede na ordem de 750 unidades, o que equivale a uma densidade de estocagem de 150 peixes/m^3 ;
- Índices de sobrevivência estimados em 90%;
- Fator de conversão alimentar igual a 1,50 quilos de ração para cada quilo de peixe;
- Peso do peixe estimado durante a despesca em cerca de $1,0\text{kg}$;
- Incremento de fósforo na água durante todo o cultivo, não superior a $0,005\text{ mg/l}$, valor estabelecido por Vollenweider, (1968), mencionado por Esteves (1998) para ambientes mesotróficos.

3.5 Procedimentos Metodológicos

A metodologia oportuniza uma análise das outorgas concedidas pela AESA, a partir da implantação dos projetos de piscicultura em tanques rede nos mananciais, bem como, o comportamento das variáveis limnológicas e a identificação do perfil e opinião dos beneficiários frente às exigências do órgão concedente.

Com relação ao método ou abordagem, o trabalho caracteriza-se como uma pesquisa quali-quantitativa. Através do método qualitativo, é possível descrever a complexidade de determinado problema, analisar a inter-relação entre certas variáveis, compreender e classificar os processos dinâmicos vividos por grupos sociais e possibilitar em maior nível de profundidade, o entendimento das particularidades do comportamento dos indivíduos.

No caso da presente pesquisa, foi analisada as condições limnológicas dos quatro (4) mananciais em estudo que foram beneficiados com a concessão das outorgas de água para piscicultura em tanques rede, na Bacia do Rio Paraíba, o que caracteriza uma pesquisa quantitativa.

Quanto ao delineamento, a pesquisa foi composta por revisão bibliográfica, leituras, seleção de materiais já elaborados como livros artigos científicos, consulta ao banco de dados da SUDEMA E AESA, periódicos, obras de referências e informações disponíveis na internet.

A pesquisa de campo foi realizada com visitas aos Projetos Tilápias da Paraíba instalados em quatro (4) mananciais (Açude Camalaú, Açude Cordeiro, Barragem de Acauã e Açude São Salvador) pertencentes à Bacia Hidrográfica da Paraíba. Foram realizadas reuniões com os piscicultores e adicionalmente foi aplicado um questionário com 70 (setenta) questões abertas (Anexo B), com o objetivo de conhecer os atores envolvidos na pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Concessões de Outorgas

Os Cultivos de peixes em tanques rede nos reservatórios em estudo foram implantados entre 2007 e 2010. Iniciou-se com os projetos do açude Camalaú, Cordeiro e Acauã e em 06 de janeiro de 2010 foi instalado o do açude São Salvador. Foi constatado em visitas *in loco*, que todos os empreendimentos estão outorgados e licenciados pela AESA e SUDEMA, respectivamente, embora as licenças e as outorgas estejam vencidas. A outorga e a licença ambiental desses empreendimentos foram exigidas pela agência financiadora que no caso, é o Banco do Brasil.

Os dados de volume (m³), área (m²) e as datas de expedições das outorgas pela AESA estão contidos na tabela 4. A AESA disponibilizou 1,0 hectare de superfície d'água para cada empreendimento piscícola instalar tanques rede nos respectivos reservatórios.

Tabela 4 - Volumes (m³) e Áreas (ha) e Data das Expedições das Outorgas dos mananciais em estudo.

Localidades	Volumes (%)	Áreas (há)	Expedições das Outorgas
Açude Acauã	81,9	147,0	08/11/2007
Açude Camalaú	44,9	473,0	08/11/2007
Açude Cordeiro	38,2	610,4	20/05/2007
Açude São Salvador	90,3	189,0	06/01/2010

Fonte: AESA (2016) adaptado pelo autor (2016).

A Paraíba vem emitindo concessões de outorgas para usos múltiplos desde 1997. Tem apresentado avanços tanto em termos dos aspectos legais como no desenvolvimento de instrumentos técnicos legais para apoiar a gestão e o planejamento de recursos hídricos através da Agencia Executiva de Gestão das Aguas do Estado da Paraíba (AESA, 2016).

No Estado do Ceará que é o maior produtor e também o maior consumidor de tilápias do Brasil cultivados na modalidade de tanques rede (ABRACOA, 2010), a outorga para atividades aquícolas é emitida pela Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH, integrante do Sistema Estadual da Pesca e da Aquicultura – SEPAQ no termos da Lei nº 13.497, de 06 de julho de 2004.

Em Pernambuco a Lei nº 12.984, de 30 de dezembro de 2005 dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, previsto no artigo 220 da Constituição Estadual. No seu Art. 16 estão sujeito às outorgas pelo Poder Público os usos referentes à implementação de atividades que utilizem os recursos hídricos, além de obras e serviços que possam vir a alterar o regime de qualidade e quantidade do mesmo, A concessão administrativa, modalidade de outorga referente a usos de interesse público e a autorização administrativa referente à captação da água para outros usos, são as modalidades de outorgas administrativas existentes no estado.

No que se refere ao uso aquícola, o estado não possui uma política definida a respeito de todas as exigências e padrões de qualidade de água para a implantação dessa atividade nos seus reservatórios.

4.1.1. Limite máximo da área superficial dos corpos d'água

De acordo com a Instrução Normativa nº 7 de 28 de abril de 2005 que estabelece diretrizes para implantação dos Parques e Áreas aquícolas, no seu Art. 2º parágrafo I – estabelece um limite máximo de até 1,0% da área superficial dos corpos d'água fechados ou semiabertos considerando o ponto médio de depleção. Os açudes de Camalaú e Cordeiro não atendiam esse pré-requisito quando outorgados, pois estavam com seus volumes abaixo dos 50% especificados pela Instrução Normativa nº 7, portanto, apenas a barragem de Acauã e o açude São Salvador podiam ser atendidos pela AESA que é signatária dessa legislação.

A SEDAQ - Sistema Estadual de Pesca e Aquicultura do Estado do Ceará através da Lei nº 13.497, de julho de 2004 no seu Art.16, § 3º exige que quando se tratar de reservatório que utiliza suas águas para abastecimento da população, a área a ser utilizada não poderá ultrapassar a 0,5% (cinco décimos por cento) do espelho d'água, calculada com base no reservatório com 50% (cinquenta por cento) da sua capacidade máxima.

4.1.2. Distância do local de instalação dos tanques rede

O local de instalação dos tanques rede obedeceu a uma distância mínima de 1.000 metros da captação de água pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA exigida pela AESA. Essa distância é para permitir a autodepuração da pluma de contaminação. Observou – se que os empreendimentos estão longe do ponto de captação da água pela concessionária de distribuição da água para população, embora, não há especificado essa metragem em nenhum documento oficial. A SEPAQ, (2004), estabelece uma distância mínima de 200 metros do ponto de captação d`água dos sistemas de abastecimento público.

4.1.3. Profundidade do local de instalação dos tanques rede.

Quanto à questão da profundidade do local onde foram instalados os tanques rede dentro do manancial, não foi especificada pela AESA. Os tanques rede foram instalados nos mananciais de Camalaú, Cordeiro, Acauã e São Salvador a uma profundidade mínima de 3,0 metros. Está de acordo com a EMBRAPA (2010) que sugere que os tanques rede devem ser instalados a uma profundidade de pelo menos uma vez e meia a altura dos tanques e da Instrução Normativa nº 7 que no seu Artº 19 – I fica estabelecido que a profundidade da área selecionada para implantação de cultivos que necessitam de arraçoamento, deverá considerar a altura submersa da estrutura de cultivo com uma distância mínima de 1,50m entre a parte inferior da estrutura e o álveo de cultivo e o vão livre sob a mesma, prevalecendo sempre a que for maior. Ainda a CODEVASF, (2013) propõe que os tanques rede sejam instalados a uma profundidade de pelo menos 4,0m na cota mínima do reservatório.

4.1.4. Estimativa da capacidade de suporte

Para estimar a capacidade de suporte dos reservatórios em questão, a AESA utiliza o modelo Ono e Kubitza (2003). Através desse modelo determinam à quantidade de tanques-rede que podem ser outorgados, tomando como base o volume do manancial (epilimínio), sua profundidade, as concentrações de fósforo total que a Resolução CONAMA nº. 357/2005 permite para a classe 2 de enquadramento, a concentração dessa variável presente nas dietas dos peixes,

além da área de influencia do reservatório que pode ser disponibilizada para essa atividade.

No Estado de Pernambuco, as análises dos impactos gerados por empreendimentos aquícolas baseiam-se no monitoramento periódico da qualidade da água e na avaliação preliminar da capacidade de suporte dos reservatórios por meio do modelo desenvolvido por Ono e Kubitza (2003). É o mesmo utilizado pelo Estado da Paraíba para concessões de outorgas. Em Pernambuco já foi constatado que a piscicultura em tanques rede contribuiu para a alteração na qualidade da água em virtude do uso de rações (Oliveira et al., 2006).

A Agência Nacional de Águas - ANA utiliza o modelo de capacidade de suporte proposto por Dillon e Rigler (1974), realiza a análise dos pedidos de outorga por meio de seus especialistas, em função da capacidade do corpo hídrico de diluir a carga de fósforo gerada nos empreendimentos de piscicultura, de modo que não haja alterações negativas na qualidade da água e não se desrespeite a classe de enquadramentos dos corpos hídrico estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

4.1.5. Dados de produção dos peixes

Os dados de produção dos peixes em tanques rede nos respectivos mananciais foram disponibilizados pelos piscicultores durante as visitas *in loco*. Observou-se que há muita diferença entre o que é exigido pela AESA e o que é real dentro dos projetos. Nos projetos implantados, os piscicultores trabalham com dois estágios de cultivo visando melhorar o desenvolvimento dos peixes: a) Fase 1: alevinagem (1,0 a 50,0g); b) Fase 2: engorda ou terminação (50g a 1.000g). São utilizados 10 tanques rede na fase 1 e na fase 2 os 158 restantes. Os ciclos de produção são de dois meses na fase 1 com conversão alimentar (CA) de 1,2:1,0 ou seja, um quilo e duzentas gramas de ração para obtenção de um quilo de peixe e, na fase 2, quatro meses de cultivo e conversão alimentar (CA) de 1,6:1,0 ou seja, utilizam nas dietas dos peixes um quilo e seiscentas gramas de ração para obter um quilo de peixe. Os dados de conversão alimentar da segunda fase são superiores aos exigido pela AESA que é no máximo de 1,5:1,0 ou o consumo de 1,5 kg de ração para um kg de peixe.

Observa-se na tabela 5 outros dados relacionados ao cultivo dos peixes e confere que apenas a densidade de estocagem dos peixes por tanque rede na fase 2, é menor do que o exigido pela AESA.

Tabela 5 - Dados zootécnicos dos cultivos.

Índices zootécnicos da primeira fase de cultivo por tanque rede.	
Densidade de estocagem (alevinos /m ³)	800 alevinos/m ³
Peso inicial (g)	1,0
Peso final (g)	50,0
Ganho de peso (g)	49,0
Taxa de crescimento (g/dia)	1,22
Sobrevivência (%)	90
Biomassa inicial (kg/m ³)	0,8
Biomassa final (kg/m ³)	36,0
Ganho de Biomassa (kg/m ³)	32,0
Ganho de Biomassa (kg/tanque-rede)	176,0
Conversão alimentar	1,2
Quantidade de ração fornecida (kg/tanque)	211,0
Duração do cultivo (dias)	60 (2,0 meses)
Número de ciclos no ano	6,0
Índices zootécnicos da segunda fase de cultivo por tanque rede.	
Densidade de estocagem (alevinos/m ³)	130 alevinos/m ³
Peso inicial (g)	50,0
Peso final (g)	1.000
Ganho de peso (g)	950
Taxa de crescimento (g/dia)	7,9
Sobrevivência (%)	95
Biomassa inicial (kg/m ³)	13,00
Biomassa final (kg/m ³)	123,00
Ganho de Biomassa (kg/m ³)	110,0
Ganho de Biomassa (kg/tanque-rede)	550,00
Conversão alimentar	1,6
Quantidade de ração fornecida (kg/tanque)	880
Duração do cultivo (dias)	120 (4,0 meses)
Número de ciclos no ano	3,0

Fonte: autor (2016)

Do total da ração fornecida aos peixes, uma parcela é consumida, transformada em proteína animal e retirada do ambiente aquático no momento da despesca, principalmente, na forma de carbono, nitrogênio e fósforo. Outra parcela é transformada em fezes e metabólitos que irão se depositar no fundo desses ambientes ou se dissolver na coluna d'água.

De acordo com Queiroz (1997), outra parte significativa da ração é eliminada através das trocas de água e, finalmente, certa quantidade do gás carbônico, nitrogênio e amônia são absorvidas pelo solo e pelo ar na forma de gás de nitrogênio e amônia.

Segundo Henry, (1990), a taxa de conversão alimentar varia de acordo com diversos fatores como: sistema de criação, forma de alimento, frequência da alimentação, forma de distribuição do alimento, ambiente de estocagem, qualidade e temperatura da água. Ainda Ono & Kubitza, (2003), os impactos ambientais da piscicultura em tanques rede sobre a qualidade da água poderiam ser minimizados pelo uso de rações de alta qualidade (maior digestibilidade e conversão alimentar), pois o arraçoamento constitui a fonte primária de nutrientes adicionados ao sistema aquático, na forma de fezes, excretas ou perdas de ração não consumidas.

Para o acompanhamento do desenvolvimento dos peixes os piscicultores realizam pesagens mensais, chamadas biometrias, para correção do quantitativo de ração a ser administrada. Nesse processo o piscicultor pesa periodicamente uma pequena parte dos peixes entre 10 a 20% da quantidade total do tanque rede. São realizadas quatro biometrias durante o ciclo de cultivo de cada tanque rede. O arraçoamento é feito em média cinco vezes ao dia, sendo oferecida ração específica para cada fase de desenvolvimento dos peixes.

Para Furlaneto et al. (2006), o uso de ração de boa qualidade e alta digestibilidade, aliado a um programa alimentar eficiente contribui para o bom desempenho e saúde dos animais, além de reduzir a poluição do meio ambiente.

Os tanques rede de engorda ou terminação foram povoados com peixes de tamanho uniformes. Durante a visita aos projetos foram encontrados tanques rede em vários estágios de desenvolvimento dos peixes visando à oferta escalonada de produção. De acordo com os dados demonstrados, verificou-se que o aporte de ração é superior ao exigido pela AESA e com isso a quantidade de fósforo possivelmente supera o estipulado.

Segundo Kubitza (1999), O nível máximo de arraçoamento para tanques rede instalados em pequenas represas, não deve ultrapassar 20 a 30 kg de ração/ha/dia. Isto é suficiente para sustentar uma biomassa econômica de 2.000 a 3.000 kg de peixes/há sem grandes prejuízos a qualidade da água da represa ou açude.

Trabalho realizado por Sampaio et. al. (1998) conclui que os alimentos usados em cultivos de peixes em tanques rede devem ser nutricionalmente completos e estáveis na água, de preferência na forma extrusada e flutuante.

Segundo Andrade et al. (2005) as rações podem representar 52% ou mais dos custos de produção e devido a competitividade do mercado aquícola, os produtores optam em adquirir rações menos onerosas, que pode comprometer a

qualidade da dieta e o desempenho do crescimento dos peixes. Segundo Silva (2009), as tilápias são alimentadas com rações balanceadas, extrusadas, com teores de proteínas variando de 28% a 56% (nas alevinagens) fornecidas pelas indústrias especializadas, ficando as taxas de alimentação entre 2 a 5% da biomassa/dia. Ainda Boyd (1999) as práticas de alimentação e nutrição dos peixes confinados tem impactos ambiental mais ou menos severos, conforme a intensidade do regime de produção.

As despescas dos tanques rede são realizadas no final de cada ciclo de produção e envolve todos os associados, sempre nos horários da manhã. Como essa operação exige muita habilidade e rapidez para preservar a qualidade dos peixes, há um esforço dos pescadores para despescar cada tanque no máximo entre 45 a 60 minutos.

Mesmo com o número bastante reduzido de aquicultores (13) e o volume bastante reduzido, o projeto de tanques rede da Barragem de Acauã continua em atividade produzindo seis (6) toneladas de pescado/mês, comercializado o quilograma *in natura* a R\$ 7,67 (sete reais e setenta e seis centavos) ao Programa de Aquisição de Alimentos – PAA da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. O pescado é adquirido e doado a 1.300 famílias carentes, cadastradas junto à igreja católica do Município de Itatuba - PB. Este projeto da CONAB tem validade durante 10 meses de cada ano, foi implantado em 2016 e já foi renovado para mais uma etapa em 2017.

O projeto de piscicultura em tanques rede do açude São Salvador mesmo com mudança na modalidade, pois estão cultivando os peixes em cercado em um dos meandros do reservatório, continua produzindo, porém, em baixa escala entre 0,8 a 10 toneladas/mês em razão da desistência de alguns beneficiários do projeto. Toda produção é comercializada para os atravessadores de pescados da localidade, que por sua vez vendem os peixes nas feiras livres. O quilo do peixe é vendido entre R\$ 6,50 a 7,50 *in natura* dependendo do peso por unidade dentro dos projetos. Os valores adquiridos com a comercialização do pescado, uma parte é depositada em uma instituição financeira para aquisição de ração e alevinos dos cultivos subsequentes e a outra parte é rateada entre os associados.

Os Projetos de piscicultura em tanques de Camalaú e Cordeiro estão paralisados em razão do volume crítico dos reservatórios e as estruturas de cultivo guardadas nos referidos galpões.

4.2. Variáveis Limnológicas

4.2.1. Temperatura da água

A temperatura da água dos mananciais em estudo sofreu pouca variação desde a implantação dos projetos, como demonstrado na figura 8 Para espécie em cultivo e por se tratar de um peixe tropical, a temperatura ficou dentro da sua taxa de conforto que é de 27 a 32 °C na maior parte do tempo. Os valores da temperatura da água em relação à Resolução CONAMA 357/05, não foram especificados nas amostras emitidas pela AESA.

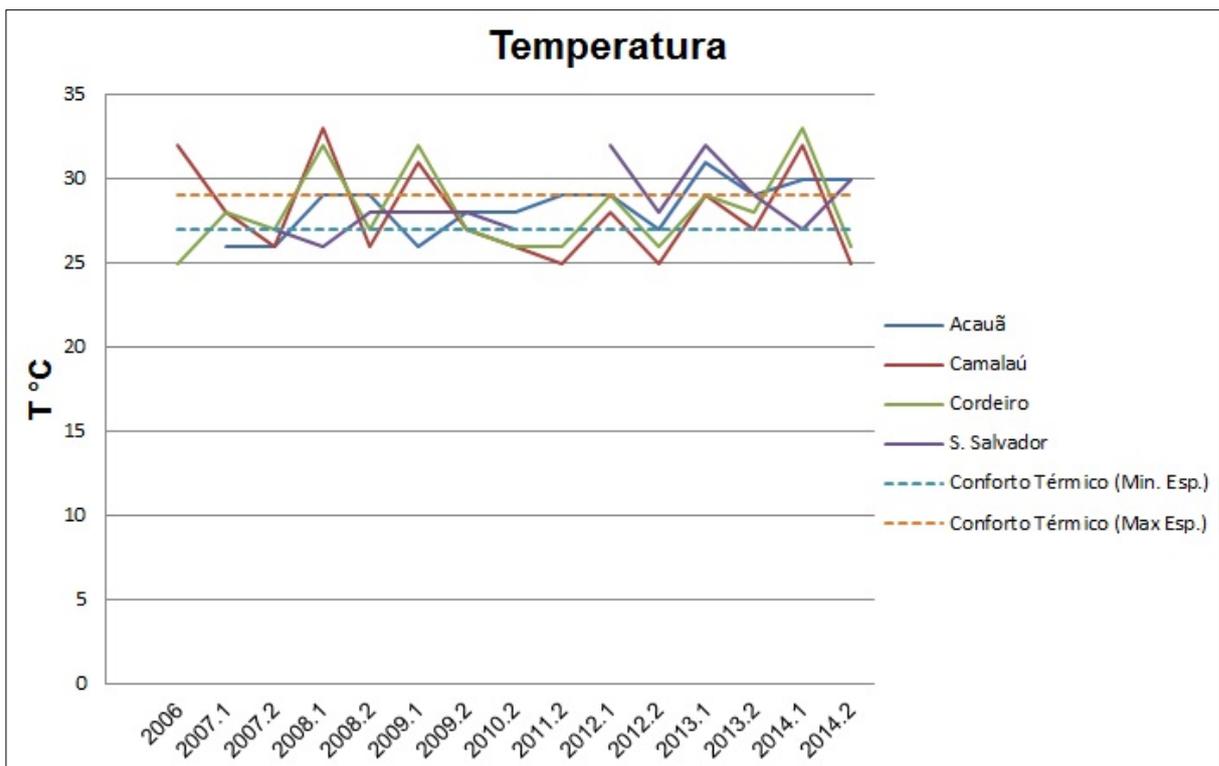


Figura 8 - Variação da Temperatura em períodos semestrais nos mananciais em estudo de 2006 a 2014.

Fonte: SUDEMA – Modificado pelo autor (2016).

De acordo com Henry, (1995), as mudanças na estrutura térmica em ecossistemas aquáticos devem-se à variação da radiação solar durante todo o ano,

decorrente da modificação em sua incidência, cujo ângulo varia temporalmente e com a latitude, bem como à sua penetração seletiva em profundidade.

Segundo Kubitza (1998), as tilápias são peixes tropicais que apresentam conforto térmico entre 27 a 32°C, temperaturas acima de 32°C e abaixo de 27°C reduzem o apetite e o crescimento dos peixes, abaixo de 20°C o apetite fica extremamente reduzido e aumenta o risco de doenças. O mesmo autor ainda descreve que temperaturas abaixo de 14°C são letais para as tilápias.

4.2.2. Oxigênio Dissolvido

As concentrações de oxigênio dissolvido nos reservatórios foram predominantemente superiores àqueles recomendados pela Resolução nº. 357/05 do CONAMA, que é de 5,0 mg.L⁻¹ desde a implantação dos projetos nos respectivos mananciais (Figura 9). Só nos anos de 2008.2, 2011.2 e 2013.1 houve uma alteração negativa dessa variável nos mananciais de Acauã, Camalaú e São Salvador, respectivamente. Entretanto, não houve influência negativa para a espécie cultivada, pois a mesma tem tolerância a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água.

Segundo Esteves, (1998) as principais fontes de oxigênio dissolvido na água são a atmosfera e a fotossíntese. Ainda o mesmo autor afirma que as perdas ocorrem devido à decomposição da matéria orgânica, perdas para atmosfera, respiração dos organismos aquáticos, oxidação de íons metálicos como o ferro e o manganês.

De acordo com Shimittou, (1997) quanto menor o tanque rede é maior a densidade de peixes, maior será a renovação da água e a oxigenação, resultando em uma maior capacidade de suporte, uma vez que a oxigenação depende da troca de água promovida pela movimentação dos peixes dentro do tanque rede, ou pela opção das correntes.

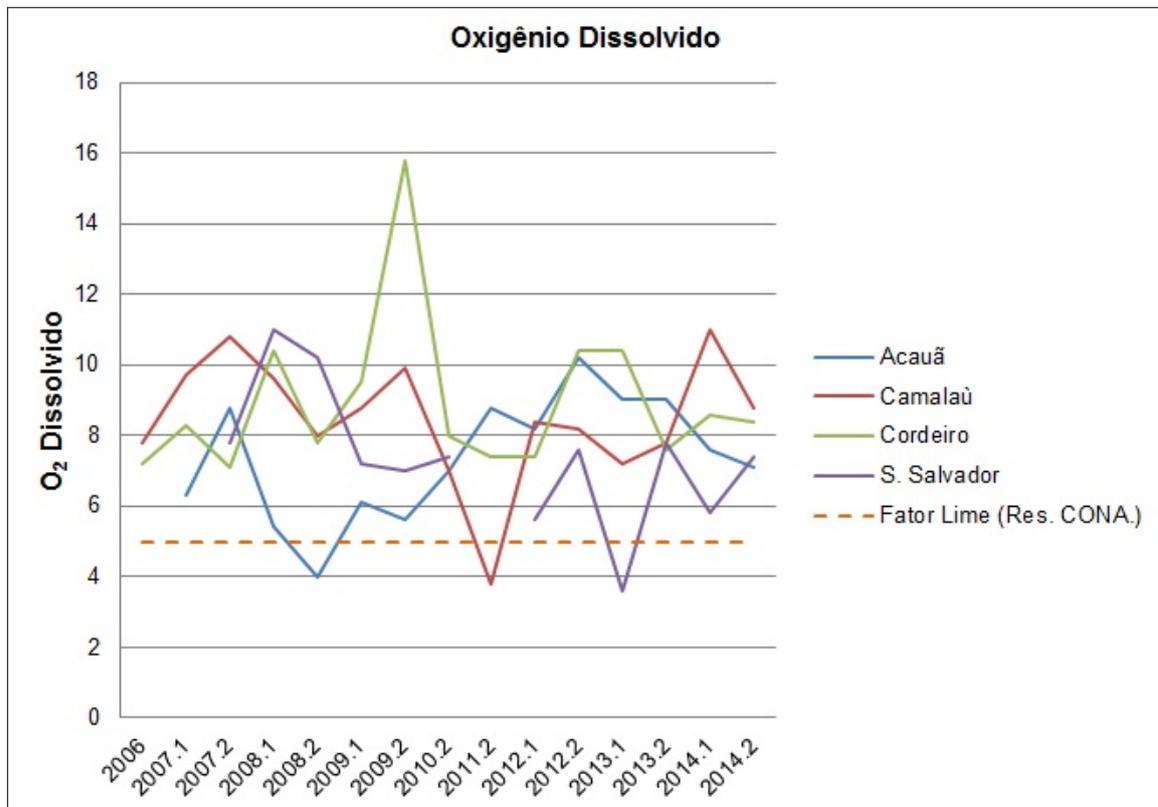


Figura 10 - Variação do oxigênio dissolvido em períodos semestrais nos mananciais em estudo no período de 2006 a 2014.

Fonte: SUDEMA modificado pelo autor (2016).

Segundo Kubitza, (2007), o produtor deve assegurar um nível de oxigênio de pelo menos 3 a 4mg/l pela manhã no interior dos tanques-rede, de forma a manter um adequado desempenho dos peixes. Ainda para o mesmo autor, os níveis de oxigênio abaixo de 2mg/l, além de prejudicarem o desempenho (crescimento e conversão alimentar), podem deixar os peixes mais susceptíveis ao manuseio e doenças, aumentando a mortalidade no cultivo.

Para Costa (1991), Esteves (1998) e Silva (1996), o oxigênio dissolvido (OD) na água é uma das variáveis mais importantes para caracterização de ecossistemas aquáticos, sendo suas principais fontes a atmosfera e a fotossíntese.

4.2.3. Potencial hidrogeniônico (pH).

Para o potencial hidrogeniônico (pH), os valores observados nos mananciais em estudo encontram-se dentro dos limites considerados satisfatórios para a espécie cultivada, conforme descrito. O pH da água nos reservatórios apresentaram poucas variações tendo sido registrado o menor valor de 6,15 na Barragem de

Acauã em 2013.2 e o maior no Açude Cordeiro com 9,26. A faixa de pH entre 6,0 e 9,0 corresponde ao padrão de potabilidade em vigor no Brasil de acordo com a Resolução CONAMA 357/05. Dados da variação do pH dos mananciais estão descritos na figura 10.

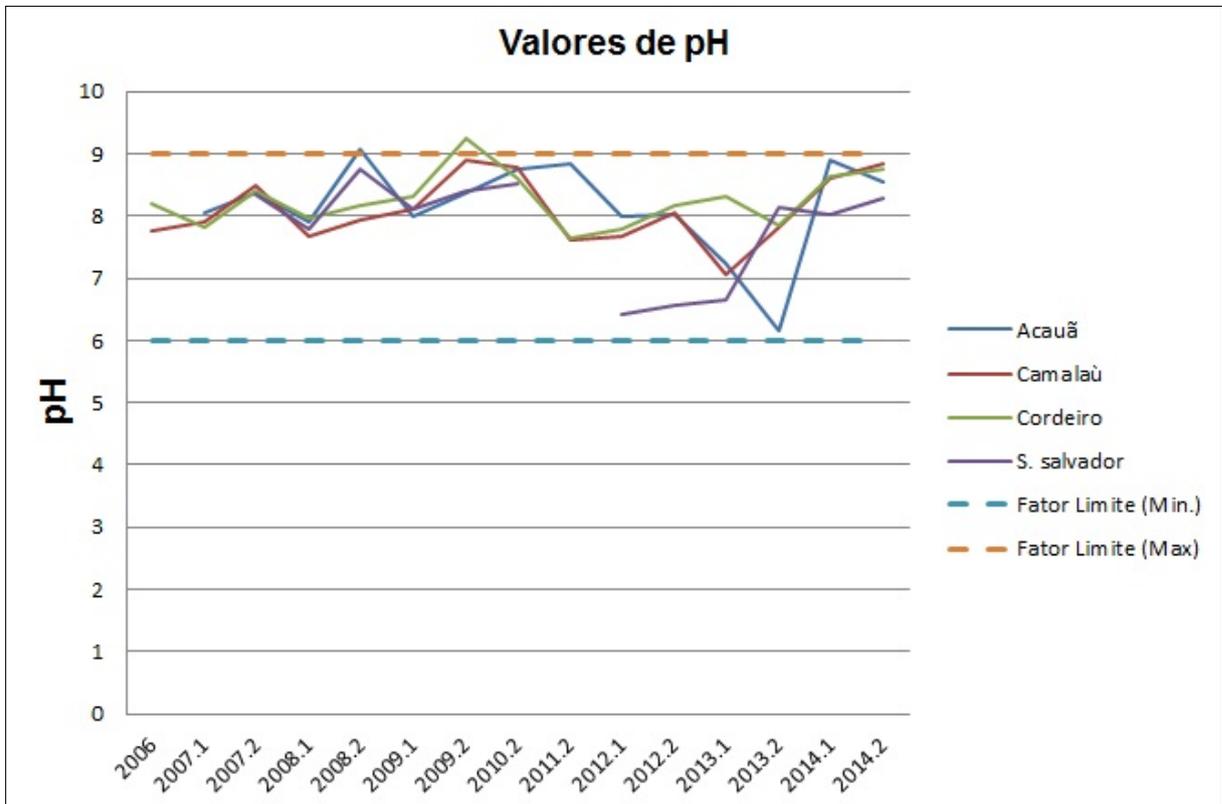


Figura 11 - Variação do pH em períodos semestrais nos mananciais em estudo no período de 2006 a 2014.

Fonte: SUDEMA (2006), modificado pelo autor (2016).

Para espécies em cultivo segundo Kubitzka, (1998), o pH da água deve ser mantido entre 6,0 a 8,5. Valores de pH abaixo de 4,5 e acima de 10,5 provocam significativa mortalidade dos peixes. O mesmo autor afirma que foi registrada mortalidade de 50% dos peixes após 19 dias com pH 4,0.

Para Esteves, (1998), os açudes nordestinos, especialmente durante o período de estiagem, apresentam valores de pH geralmente superiores a 8,0.

4.2.4. Nitrogênio total

A concentração de nitrogênio total dos reservatórios está descrita na figura 11, onde se pode observar o comportamento dessa variável no período de 2006 a 2014. Nota-se que o menor valor foi encontrado no açude Cordeiro de $0,4 \mu\text{g.L}^{-1}$ no

ano de 2007 e de $3,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ que é o maior valor, na barragem de Acauã em 2013. De uma maneira geral, os valores de nitrogênio foram idênticos ou não apresentaram diferenças significativas antes ou depois da implantação dos empreendimentos aquícolas.

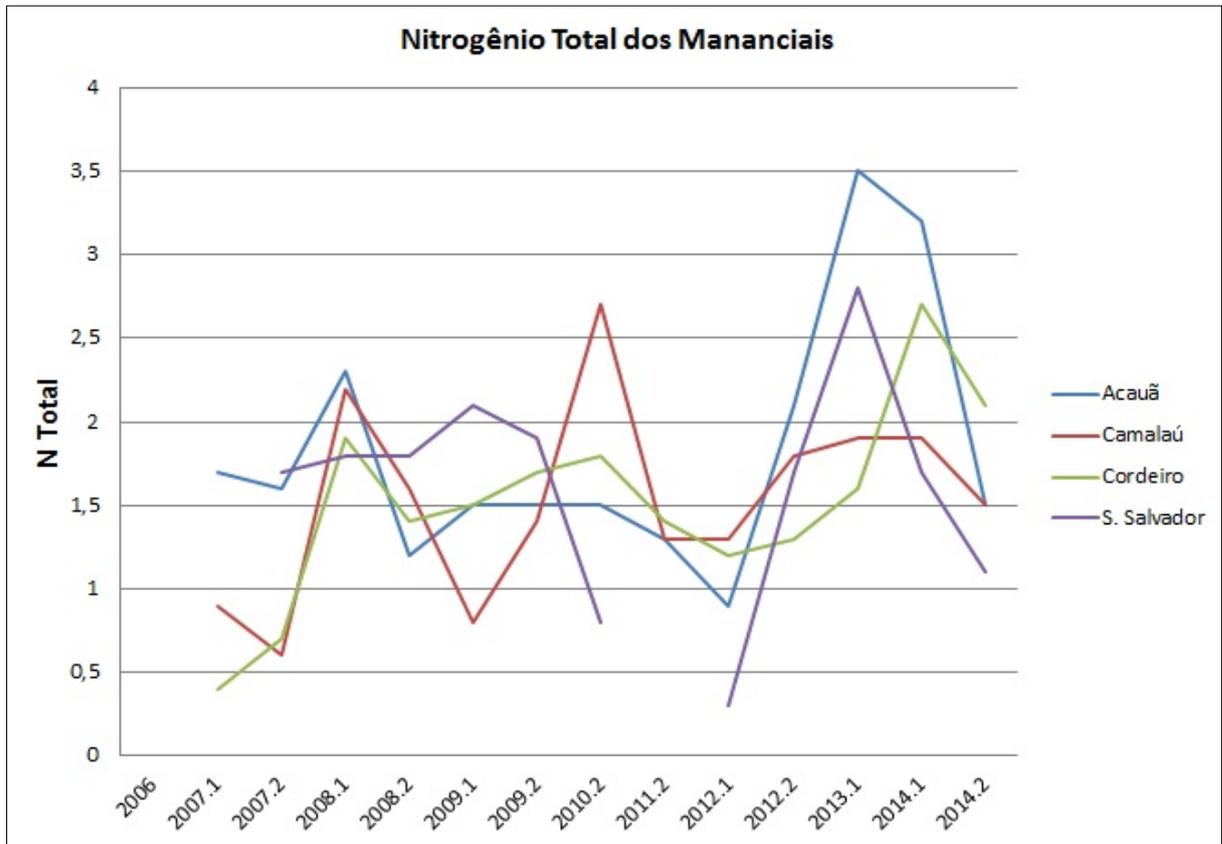


Figura 12 - Valores de nitrogênio.
Fonte: SUDEMA (2016), modificado pelo autor.

Para Schimittou (1997) a concentração de nitrogênio na ração peletizada é de 55,0 kg de nitrogênio para cada 1.000 kg de ração, sendo que, aproximadamente 58% dessa concentração é excretada pelos peixes, o que contribui com o excesso de matéria orgânica, sobretudo em ambientes com grande biomassa de peixes.

De acordo com James et al, (2011) o nitrogênio é um elemento indispensável aos organismos, pois faz parte da constituição celular, sendo um fator limitante à produção primária e ao crescimento de algas.

4.2.5. Fósforo total (PT)

As concentrações do fósforo total (PT) apresentados nas coletas de água pela SUDEMA e base para emissão das outorgas para piscicultura em tanques rede pela AESA, são descritas na figura 12 em intervalos semestrais, entre os anos de 2006 a 2014.2 nos respectivos reservatórios. Os maiores valores de PT ocorreram em 2008.2 no açude Cordeiro (1,05 mg/l) e no açude Camalaú (1,04mg/l), respectivamente. Foram registrados os menores valores de PT no açude Camalaú (0,03mg/l) no ano de 2014.1. Este valor está em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05 que é de 0,03 m/l para ambiente classe 2.

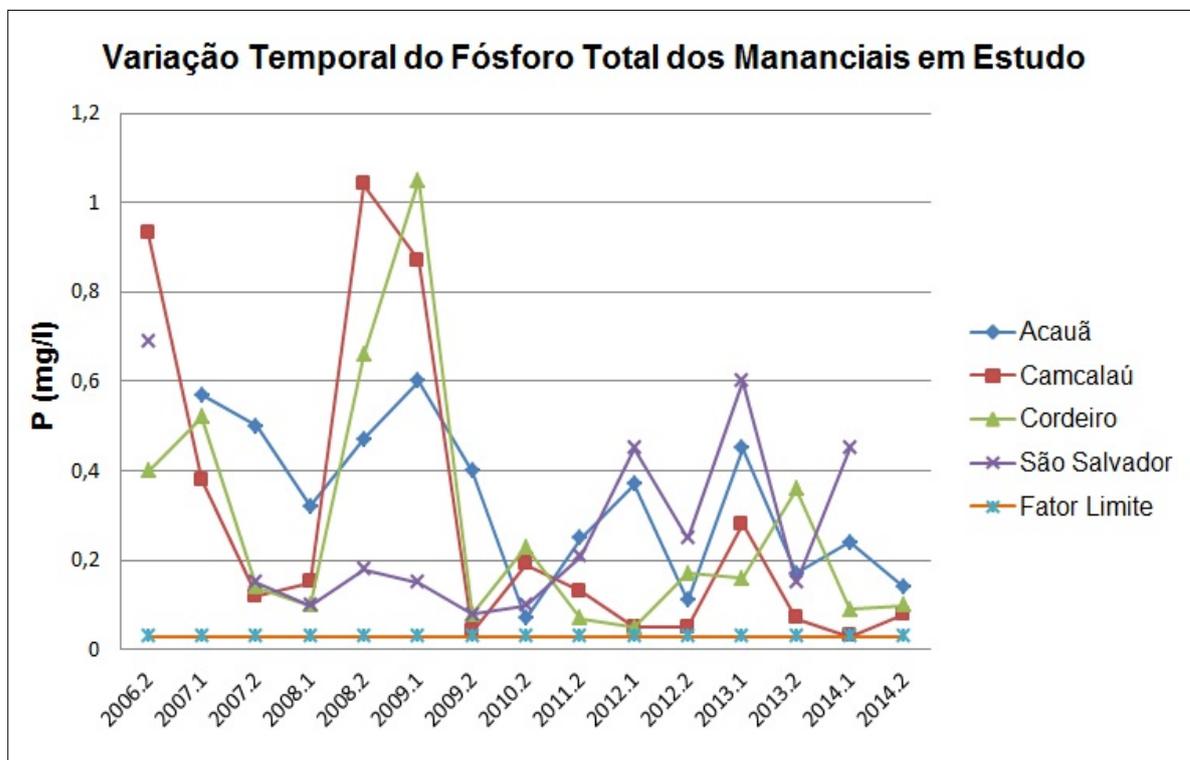


Figura 13 - Variação da concentração de fósforo total – PT nos mananciais em estudo no período de 2006 a 2014.

Fonte: SUDEMA, modificado pelo autor (2016).

De acordo com Furuya, (2007), os peixes não podem absorver eficientemente o fósforo dissolvido no meio aquático e muitas vezes a quantidade é baixa tornando a ração a principal fonte deste mineral. Ainda Penczak, (1982), indica que somente 32% do fósforo são utilizados para o metabolismo dos peixes e os 68% são transferidos para o meio ambiente sendo este capaz de induzir o processo de

eutrofização dos ambientes. Reforçando esta ideia, Alves e Baccharin, (2005), informam que 66% do fósforo aportado pelo arrazoamento intensivo vão para o sedimento, 11% ficam dissolvido na água e 23% são incorporados nos peixes cultivados.

De acordo com Branco (1986), as fontes naturais são as rochas, que através do intemperismo liberam compostos inorgânicos de fósforo, e os gases da atmosfera.

Segundo Sugiura et al. (2000), na aquicultura comercial os peixes maiores consomem mais de 90% do alimento ministrado no ciclo de produção, eliminando grande proporção de fósforo no ambiente.

Kubitza (1997), utilizando ração completa extrusadas, cita que 6,0 kg de fósforo foram aplicados no sistema para produzir uma tonelada de peixes produzidos. Corroborando com esta afirmação Boyd (1999) afirma que a piscicultura e as práticas de alimentação e nutrição dos peixes confinados tem impactos ambientais mais ou menos severos, conforme a intensidade do regime de produção.

4.3. Perfil dos Piscicultores

Com o propósito de conhecer o perfil dos piscicultores beneficiários dos projetos de piscicultura em tanques rede, foram realizadas visitas *in loco* aos locais onde estão instalados os empreendimentos aquícola, entrevistados os aquicultores e aplicado um questionário (anexo) com 70 perguntas. As visitas aconteceram entre março e abril de 2016 e a aplicação do questionário nos dias no dia 09/05/2016 no açude Camalaú e Cordeiro, dia 16/05/2016, no Açude Acauã dia 19/05/2016 e no Açude São salvador no dia 21/05/2016.

Em relação à faixa etária perguntas de 01 a 05 do questionário, a maioria está entre 25 e 35 anos correspondendo a 43%, na faixa entre 18 e 25 anos são 9,0 aquicultores correspondendo a 20% e mesma quantidade na faixa entre 35 e 45 anos. O menor percentual foi registrado na faixa entre 45 e 55 anos com apenas 4,0 aquicultores correspondendo a 9%. Quanto ao gênero 79% são do sexo masculino e 31% do sexo feminino.

A escolaridade mencionada pelos beneficiários dos projetos o maior valor foi encontrado com ensino médio completo correspondendo a 31%, 20,45% com

escolaridade médio incompleto, 27,7% com ensino fundamental incompleto e 27,7% com fundamental completo.

Passado os primeiros momentos da aplicação do questionário, com as perguntas de 15 a 22, buscou-se logo inferir o grau de experiência dos piscicultores na atividade, se eram filiados a alguma entidade de classe ligada a aquicultura e por quanto tempo estavam cultivando peixes no respectivo reservatório. Esta primeira abordagem foi necessária para entender se era possível os pescadores entenderem as questões subsequentes. Foi identificado que a piscicultura nos quatro reservatórios ainda é muito recente, uma vez que todos os entrevistados afirmaram ter iniciado suas atividades como aquicultores entre quatro e dez anos. Em torno de 52% afirmaram ter experiência com piscicultura em tanques rede e os demais com a pesca artesanal na região. Na questão da filiação a alguma entidade aquícola, 100% responderam que sim.

Os questionamentos referentes às perguntas de 28 a 39 procuram identificar se os aquicultores sabem o significado de: AESA, SUDEMA, ANA, Licenciamento Ambiental, Outorgas e se perceberam alguma mudança na qualidade da água dos reservatórios que esteja impactando o cultivo dos peixes. Em relação à AESA e SUDEMA 100%, responderam que sim, já em relação à ANA ficaram confusos e foi necessário explicar que trata-se da Agência Nacional de Águas. Quanto ao licenciamento ambiental e outorgas 58% afirmaram que sabem o que significa e os demais 42% disseram que não tinham conhecimentos sobre o seu significado nem para que serviam. Dos entrevistados, 62% perceberam mudanças na qualidade da água de cultivo, inclusive, relataram que houve mortalidade de peixes no período da manhã. Os demais disseram não ter havido mudanças e que sempre aparecia peixes mortos dentro dos tanques rede.

Excluindo os reservatórios com nível crítico (Camalaú e Cordeiro), portanto, com a piscicultura desativada, nos demais foi perguntado dentro das questões 36 a 39: “Como você classifica a situação hoje do açude/barragem, levando em consideração a produção de peixes cultivados?” A totalidade dos pescadores da barragem de Acauã afirmaram que a água não está boa, tem mau cheiro, sempre morrem peixes e que a produção está muita baixa. Com os pescadores do açude

São Salvador houve unanimidade em afirmar que a água continua do mesmo modo de quando se iniciou a piscicultura naquele reservatório.

As perguntas de 40 a 49 são referentes à produção do pescado, meses do ano onde se produz mais, o destino dessa produção e a aquisição dos insumos. Quanto à produção mensal em Acauã os aquicultores afirmaram que de setembro a dezembro é a melhor época devido principalmente à temperatura e a transparência da água. No açude São Salvador os aquicultores acham melhor o período que não chove. A produção dos dois projetos é 100% comercializada dentro do Estado da Paraíba como também a aquisição dos insumos (alevinos e ração).

Quando questionados com a pergunta: “Você acha que as condições ambientais desse açude/barragem são ideais para o cultivo de peixes em tanques rede”? Referentes aos itens 50 a 52, os aquicultores da barragem de Acauã na sua totalidade, afirmaram que as condições não são boas e que já houve tempos melhores, inclusive antes quando o nível do manancial estava mais elevado, os peixes cresciam mais rápido. O mesmo questionamento foi feito aos aquicultores do açude São Salvador e a resposta é que as condições ambientais desde a instalação do projeto nunca houve alteração. Portanto, as condições ambientais para os aquicultores são ideais.

Por fim, através das perguntas 66 a 70, foi questionada se as condições dos beneficiários dos projetos tinham melhorado depois que começaram a cultivar peixes em tanques rede e se eles pretendiam deixar essa atividade? Houve unanimidade nas respostas aos dois questionamentos em todos os projetos. A resposta foi que a vida tinha melhorado, pois o lugar não oferecia coisa melhor e eles até que não trabalhavam muito, pois programavam plantões de 24 horas em dias alternados da semana de forma que, sempre sobram dias livres para trabalhar em outra atividade como pescar, cuidar das roças, trabalhar à diária entre outros e tinham o seu dinheiro garantido com a comercialização dos peixes cultivados. Da mesma forma, não houve nenhuma afirmação de desistência.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os atributos considerados no referente estudo evidenciaram a complexidade do ambiente aquático, decorrente da interrelação entre seus aspectos estruturais e funcionais, que por sua vez são influenciados por um conjunto de fatores relacionados a toda bacia hidrográfica. Sendo assim, é difícil determinar, em reservatórios quais alterações na qualidade da água são decorrentes da piscicultura em tanques rede, uma vez que as variáveis limnológicas podem ser alteradas por ocupações desordenadas da bacia hidrográfica, por fatores climáticos e pelos múltiplos usos das suas águas.

De uma maneira geral, os valores das variáveis limnológicas obtidas nas amostragens de águas superficiais emitidas pela SUDEMA no período de 2006 a 2014 e base para concessão das outorgas estão dentro dos padrões desejáveis para a espécie cultivada (*Oreochromis niloticus*), à exceção da temperatura nos meses mais quentes que ficou acima do ideal e, conseqüentemente, teve o nível de concentração de oxigênio reduzido. Isso implica em cuidados no manejo dos cultivos em tanques rede podendo o piscicultor reduzir a oferta do alimento até que haja uma melhora nessas variáveis.

Como se trata de uma atividade intensiva onde o único alimento disponível para as espécies cultivadas é a ração e esta contém fósforo e nitrogênio em sua composição, torna-se inconteste que haverá dispersão desses nutrientes para o meio aquático, por excreção dos peixes ou sobra dos alimentos, que possam provocar alterações na qualidade da água. Por essa razão, os resultados encontrados pelo presente estudo não permitem que sejam desconsiderados possíveis impactos ambientais que venham a ocorrer nas localidades onde estão implantados os empreendimentos aquícolas.

Mesmo que o fósforo e o nitrogênio sejam as variáveis preponderantes para a eutrofização de ambientes aquáticos, observa-se pelas amostras da SUDEMA que antes da implantação dos projetos de piscicultura em tanques rede nos reservatórios pesquisados, seus níveis já estavam bem acima do permitido pela legislação vigente, no caso, a Resolução CONAMA 357.

É importante considerar que estamos nos referindo a sistemas localizados em regiões semiáridas, onde a ocorrência de eventos mais prolongados de estiagem são comuns e o tempo de residência das águas nos reservatórios acompanham esses eventos. Além disso, séries de dados de monitoramento de longa duração para calibração de modelos são escassos. Portanto, torna-se indispensável o monitoramento limnológico dos reservatórios para fins de conservação da qualidade da água e preservação da qualidade dos recursos hídricos.

Diante das circunstâncias como se encontram os reservatórios torna-se necessário que os aquicultores mantenham apenas uma fase de cultivo (engorda) e não duas como vêm ocorrendo, a fim de minimizar o aporte dos nutrientes contidos nas rações. Da mesma forma utilizem apenas alevinos tipo II (com peso entre 35 e 50 gramas) evitando assim o uso de rações em pó específicos para alevinos tipo I (0,5 a 3,0 gramas) que contém em sua formulação maior teor de fósforo e nitrogênio.

O estado como detentor dos poderes constituídos para administrar os recursos hídricos, deve discutir com os aquicultores as normas legais que devem seguir, sem que haja prejuízo para a atividade nem tampouco para os reservatórios a fim de que possa haver harmonia e a atividade seja segura para ambos.

E por fim, diante dos dados expressos, concluímos que as concessões das Outorgas pela AESA foi adequada, embora, careça de estudos mais detalhados tendo em vista, que esses mananciais são usados para o abastecimento público.

RECOMENDAÇÕES

- Ampliar medidas de gerenciamentos de qualidade de água dos mananciais através de análises específicas para cada uso múltiplo, criando um mecanismo para os projetos já implantados que quando o nível de água do manancial chegar a um ponto estipulado, os tanques rede possam ser retirados de dentro do reservatório e só possam retornar depois de uma avaliação prévia.
- Realizar estudos comparativos e mais detalhados quanto ao cálculo de capacidade de suporte através dos modelos matemáticos utilizados pela AESA e ANA;
- Incentivar os pesquisadores das Universidades e as instituições de pesquisas a desenvolver estudos a respeito das temáticas relacionadas à capacidade de suporte;
- Capacitar os usuários dos projetos quanto às boas práticas de manejo (BPM) do uso dos recursos hídricos com uma abordagem sistêmica;

REFERÊNCIAS BIBLIORÁFICAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas. Disponível em: www.aesa.pb.gov.br. Acesso em 10 de setembro de 2016

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA - Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos. Brasília: 2013.

ANA. Agência Nacional de Águas. Outorgas de direito de uso. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em 21 de julho de 2016.

ANGELINI, R. 2000. Avaliação da capacidade de suporte da represa do Broa para a colocação de tanques-rede. Anais do Seminário Internacional. “Represa do Lobo 30 anos”. 17pp.

ASSUNÇÃO, F. N. A. & Bursztyn, M. A. A., 2001. Conflitos pelo uso dos recursos hídricos, in Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais. Org. por Theodoro, S. H., Garamond/CDS, Rio de Janeiro.

AYROZA, D.M.M.R; FURLANETO, F.P.B; AYROZA, L.M.S. 2005 Regulamentação do acesso territorial aos tanques rede em área de preservação permanente – APP, no Estado de São Paulo. *Panorama da Aqüicultura*, Rio de Janeiro, 90: 63-65.

BEVERIDGE, M. Cage and pen fish farming. Carrying capacity models and environmental impact. *FAO Fish. Tech. Pap.*, n. 255, 131p. 1984.

BEVERIDGE, M. *Cage aquaculture*. 3rd ed., Oxford. Fishing News Books, 2004. 368p.

BEVERIDGE, M. **Cage aquaculture**. Oxford: Fishing News Books, 1991, 351.p

BEVERIDGE, M.C.M. 2004 *Cage Aquaculture*. 3a ed. India: Blackwell Publishing. 200p.

BEVERIDGE, M.C.M. **Cage Aquaculture**. **Fishing News Books**. Blackwell Science. Oxford. 2nd Edition, 1996. 35/PP.

BOYD, C. E., 1999. Aquaculture sustainability and environmental issues. *World Aquaculture*, v.30,p.10-72, 1999

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management**. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 1998

BRANCO, S. M. Hidrobiologia aplicada a Engenharia Sanitária. CETESB/ASCETESB, 1986

BRANCO, S.M. A água e o homem. In: PORTO, R.L.L.; BRANCO, S.M.; CLEARY, R.W.; COIMBRA, R.M.; EIGER, S.; LUCA, S.J.; NOGUEIRA, V.P.Q & PORTO, M.F.A., orgs. Hidrologia ambiental. São Paulo, ABRH, 1991. p.3-26

BRASIL. Instrução Normativa Interministerial Nº. 6, de 28 de maio de 2004. Estabelece as normas complementares para a autorização de uso dos espaços físicos em corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências. 2004.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

BYRON, C.J.; COSTA-PIERCE, B.A. Carrying capacity tools for use in the implementation of an ecosystems approach to aquaculture. In: ROSS, L. et al. (Eds.). Site selection and carrying capacity estimates for inland and coastal aquaculture. Rome: FAO, 2013. p. 87-101. (FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings, 21).

CALEFFI, S.; ZANARDI, E.; BEYRUTH, Z. Trophic state of Guarapiranga reservoir in 1991-1992. Verh. Int. Ver. theor. Angew. Limnol., v. 25, p. 1306-1310, 1994.

CARLSON, R.E. The trophic state concept: a lake management perspective. In: 3rd. Annual Conference. EPA – US Environmental Protection Agency – Lake and Reservoir. P. 427-430. 1977.

CESP. **1996**. Aspectos limnológicos, ictiológicos e pesqueiros de reservatórios da CESP no período de 1986 a 1994. Relatório técnico, CESP, Departamento de Estudos e Planejamento Ambiental (*Série Pesquisa e Desenvolvimento*, 136), São Paulo, 81p.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio ambiente. Resolução nº. 357 – 17 de março de 2005.

CRUZ, H. C.; FABRIZY, N. L. P. (1995). Impactos Ambientais de Reservatórios e Perspectivas de Uso Múltiplo. Revista Brasileira de Energia, v. 4, n. 1. Disponível em: <<http://www.sbpe.org.br/v4n1t1.htm>>. Acesso em: 20 de agosto de 2016.

DANTAS, M.C.; ATTAYDE, J.L. Nitrogen and phosphorus content of some tropical and temperate freshwater fishes. *Journal of Fish Biology* (in press) 2006.

DILLON, P.J. & RIGLER, F.H. A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorous concentration in a lake water. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, v. 31, p. 1771-1778. 1974.

ESTEVEES, F. A., 1998. Fundamentos de limnologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

FADURPE – Fundação Apolônio Salles de Desenvolvimento Educacional. Monitoramento limnológico e da produção pesqueira do reservatório de Sobradinho - Subprojeto: Zoneamento da piscicultura em tanques rede – Relatório Final. Recife, FADURPE/CHESF/UFRPE, 2003a.

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. The State of Woeld Fisher and Aquaculture, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/sofia/en> Acesso em: julho. 20016.

FIGUEIREDO, D. R.; AZEITEIRO, U. M.; ESTEVES, S. M., GONÇALVES, F. J.; PEREIRA, M. J. 2004. Microcystin producing blooms-a serious global public health issue. *Ecotoxicology and Enviromental Safety*, v.9, n.1, p. 151-163.

FOLKE, C.; KAUTSKY, N. Aquaculture with its Environment; Prospects for Sustainability. *Ocean and Coastal Management*, Orlando, v.17, p. 5-24, 1992.

FRASCÁ-SCORVO, C.M.D.; SCORVO FILHO, J.D.; DONADELLI, A.; TURCO, P.H.N. 2012 Piscicultura em tanques rede em represas rurais. *Pesquisa & Tecnologia*, , 9(1): 1-5.

FURLANETO, F.P.B.; AYROZA, D.M.M.R,; AUROZA, L.M.S. 2006. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (*Oreochromis spp.*) em tanques rede no Médio Parapanema, Estado de são Paulo, safra 2004/05. *Informações Econômicas*, São Paulo, 36(3): 63-69

FURLANETO, F.P.B.; AYROZA, D.M.M.R,; AUROZA, L.M.S. 2006. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (*Oreochromis spp.*) em tanques rede no Médio Parapanema, Estado de são Paulo, safra 2004/05. *Informações Econômicas*, São Paulo, 36(3): 63-69

FURUYA, W.M., 2007. Redução do impacto ambiental por meio de ração. In: Seminário de aves e suínos, 7., 2007, Belo Horizonte; Seminário de Aquicultura, maricultura e pesca, 3., 2007, Belo Horizonte. *Anais...Belo Horizonte: Avesui*, 2007. P.121-139.

GUO, L.; LI, Z. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. *Aquaculture*, v. 226, p. 201-212, 2003

HENRY, R. amônia ou fostato como agente estimulador do crescimento do fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). **Revista Brasileira de biologia**, v.50, n4, p.883-892, 1990.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/recursospesqueiros>. Acesso em 26 de agosto de 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível online: www.ibge.gov.br. Acesso em agosto de 2016.

JAMES, R. Thomas et al. Nitrogen dynamics in Lake Okeechobee: forms, functions and changes. *Hydrobiologia*, v. 669, p. 199-212, 2011.

KUBITZA, F., 1997. Qualidade do alimento, qualidade da água e manejo alimentar na produção de peixes. *Anais... Simpósio sobre manejo de peixe*, CBNA:Cyrino, J.E.P. 1997.

MAGALHÃES, V.; SOARES, R.M.; AZEVEDO, S.M,F.O 2001. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá lagoon (Rio de Janeiro, Brasil): ecological implication and humam health risk. *Toxicon*, 39: 1077 – 1085.

MARENGONI, N. G. Production of the nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Chitralada strain) reared in cages with different stocking densities. *Archivos de Zootecnia*, v. 55, n. 210, p. 127-138, 2006.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; HINO, K.; ROCHA, O. Características limnológicas da Lagoa do Taquaral (Campinas, SP), um ambiente hipereutrófico. *Ciênc. Cult.*, v. 38, p. 420-425, 1986.

ODUM, E.P. **1988**. *Ecologia*. Ed. Guanabara-Koogan. 379p.

OLIVEIRA, M. S.; ALMEIDA, L. C.; SILVESTRE, A. N.; SEVERI, W. Avaliação do Impacto de Aquicultura em Tanques-Rede em Reservatório de Abastecimento Público: Uma Experiência de gestão compartilhada na Barragem do rio da prata – Município de bonito-PE. VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2006.

OSTRENSKY, A.; BORGUETTI, J.R.; SOTO, D. 2008 *Aquicultura no Brasil: O desafio é crescer*. 1ª ed. Brasília: Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca/ Food and Agriculture Organization. 276p.

PARAÍBA – Lei Estadual nº 6.308, de 02 de julho de 1996. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e da outras providências, no Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em 10 de setembro de 2016.

PEARSON, T.H.; GOWEN, R.J. Impact of caged farming on the marine environment. In: OLIVER, P., COLLERAN, E. (Ed.). *Interaction between aquaculture and environment*. Dublin: The National Trust for Ireland, 1990.p.13.

PENCZAK, T. et al. The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *J. appl. Ecol.*, Oxford, v. 19, n. 2, p.371-398, 1982.

PERH–PB - Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Resumo Executivo e Atlas. 2007

QUEIROZ, J. F. Código de Melhores Práticas de Manejo para Aqüicultura. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 12, 2002, Goiânia. Anais...Goiânia: ABRAq, Conferências e Palestras, p.12-22, 2002

SANTILLI, J. Aspectos Jurídicos da Política Nacional de Recursos Hídricos. 2007, 19p. Série Grandes Eventos Meio Ambiente. Esc. Sup. Do Min. Público da União. Online. Disponível em: <http://www3.esmpu.gov.br/linha-editorial/outras-publicações/serie-grandes-eventos-meio-ambiente/serie-grandes-eventos-meio-ambiente/?searchterm=Juliana%20Santilli>. Acesso em 23/08/2016.

SCHAFFER, A. 1984. Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais. Porto Alegre. Editora UFRGS. 532 p.

SCHIMITTOU, H. R. Produção de peixes em alta densidade de Tanques-rede de pequeno volume. Campinas, SP: Mogiana Alimentos e Associação de Soja, 1997.78p.

SCHMITTOU, H.R. Produção de peixes em alta densidade em tanques rede de pequeno volume. Traduzido por Eduardo Ono Ed. Coelho, S.R. Mogiana Alimentos S/A . Campinas, SP, 1997.

SEPAQ-CE – Sistema Estadual da Pesca e da Aquicultura. Outorgas para a Piscicultura, 2004.

SILVA, José William Bezerra. **Tilápias**: Biologia e cultivo: Evolução, situação atual e perspectivas da tilapicultura no Nordeste Brasileiro. Fortaleza: UFC, 2009.

SRH-CE. Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Outorga. Disponível em: www.srh.ce.gov.br/frame-institucional.htm. Acesso em 22 de Outubro de 2016.

SUGIURA, S.H.; HARDY, R.W.; ROBERTS, J.R. The pathology of phosphorus deficiency in fish – a review. *Journal of Fish Diseases*, v.27, p.255-265, 2004.

TIAGO, G.G. 2002 In: _____ (Ed.). *Aqüicultura, meio ambiente e legislação*. 1.ed. São Paulo: Annablume. 162p

TLUSTY, M. F.; SNOOK, K.; PEPPER, V. A.; ANDERSON, M. R. The potential for soluble and transport loss of particulate aquaculture wastes. *Aquaculture Research*, v. 31, n. 10, p. 745-755, 2000.

TOLEDO JR., A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação e processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: **Anais do 12º. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária**. P. 1-34, 1983.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: Rebouças, A; Braga, B; Tundisi, J.G. *Uso e conservação*. 2. ed. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados, USP. P 195-225 , 2002.

TUNDISI, J.G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos. RiMa; IIE, 2003. 248p

VOLLENWEIDER, R. A. **Eutrophication** – A Global Problem – *Water Quality Bulletin*. Vol. 6, Numero 3, 1981

WITHERS, P.J.A.; DAVIDSON, I.A. & FOY, R.H. Prospects for controlling diffuse phosphorus loss to water. *J. Environ. Qual.*, 29:167-175, 2000.

XAVIER, C. F. Avaliação da Influência do uso e Ocupação do Solo e de Características Geomorfológicas sobre a Qualidade das Águas de dois Reservatórios da Região Metropolitana de Curitiba – Paraná. Curitiba. 2005. 167p. (Dissertação de mestrado, UFPR).

YOUNG, C.C. 1998. Defining the range the development of carrying support in mamagement practice. *Jornal of Hitorry of Baiologym* 31:61-83.

ANEXOS

Anexo I – Questionário aplicado aos Piscicultores.

Pesquisa de Campo

Diante da pouca disponibilidade de dados para embasar estudos sobre a implantação do Projeto Tilápia da Paraíba, capaz de identificar possíveis problemas de ordem, técnica, social, ambiental e econômica nos mananciais onde foram instalados os empreendimentos de piscicultura em tanques rede, principalmente na Bacia do rio Paraíba, objetivo da pesquisa, aplicou-se este questionário com a finalidade de compreender toda dinâmica que cerca a atividade.

QUESTIONÁRIO

Qual sua faixa de idade?

01 () 15 a 25 anos

02 () 25 a 35 anos

03 () 35 a 45 anos

04 () 45 a 55 anos

05 () mais de 55 anos

Sexo

06 () Masculino

07 () Feminino

Você é de qual Município -----?

Qual a sua Escolaridade?

08 () 1º grau incompleto

09 () 1º grau completo

10 () 2º grau incompleto

11 () 2º grau completo

Qual seu estado civil

12 () Casado

13 () Solteiro

14 () Outros

Há quanto tempo você exerce a profissão de Aquicultor?

15 (x) de 1 a 5 anos

16 () de 5 a 10 anos

17 () de 10 a 20 anos

18 () de 20 a 30 anos

19 () mais de 30 anos.

Você faz parte de alguma Colônia, Associação ou Cooperativa de Pescadores?

20 (x) Sim – Qual-----?

21 () Não.

Quais as principais vantagens que você ver em participar de Colônias, Associações e Cooperativas de Pescadores? _____

_____ E as desvantagens de participar dessas entidades? _____

Há quanto tempo você está cultivando peixes neste Açude/Barragem?

22 () de 1 a 5 anos

23 () de 5 a 10 anos

Tem outra atividade que complemente sua renda

24 () Sim – Qual -----?

25 () Não

Você sabe o que é uma Outorga de água?

26 () Sim – Explique -----

27 () Não

Você já ouviu falar na Agência Nacional de Águas – ANA? Teve contatos com alguém dessa agência? Em que circunstâncias? _____

28 () Sim

29 () Não

Você já ouviu falar na Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba – AESA? Teve contatos com alguém dessa agência? Em que circunstâncias? _____

30 () Sim

31 () Não

Você já ouviu falar na Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA? Teve contatos com alguém dessa agência? Em que circunstâncias? _____

32 () Sim

33 () Não

Durante o tempo que você está cultivando peixes em tanques rede, já houve alguma visita das Instituições citadas?

34 () Sim. Quantas vezes? _____. O que foi perguntado?-----
-----?

35 () Não

O que mais lhe deixa satisfeito na sua atividade? -----

O que mais lhe desagrada nessa atividade? -----

Como você classifica a situação hoje o açude/barragem, levando em consideração a produção dos peixes cultivados?

36 () Problemática

37 () Não sei

38 () Boa

39 () Muito boa

Por que? -----

Quais são os meses do ano onde a produção de peixes cultivados nos tanques rede é mais alta?

40 () Janeiro a Abril

41 () Maio a Agosto

42 (x) Setembro a Dezembro

Os insumos necessários para manutenção do empreendimento é adquirido no Estado da Paraíba?

43 () Sim

44 () Não – Onde?-----

Qual a produção aproximada de peixes mensal?

45 (x) 5 a 10 toneladas

46 () 10 a 15 toneladas

47 () 15 a 20 toneladas

Qual o custo de produção? Como você acha que o custo de produção poderia ser reduzido?

Há incidências de doenças no cultivo dos peixes nesse açude?

48 () Sim.

49 () Não.

Você acha que as condições ambientais desse açude/barragem são ideais para o cultivo de peixes em tanques rede?

50 () Sim.

51 () Não.

Você sabe utilizar os equipamentos para aferição das variáveis físico-químico da água?

52 () Sim.

53 () Não

Toda produção é vendida aqui no Estado da Paraíba?

54 () Sim

55 () Não – Para onde?-----

A venda da produção é fracionada?

60 () Sim – Como?-----

61 () Não

Onde é comercializada a produção dos peixes?

62 () Feiras livres

63 () Rede de Supermercados

64 () Atravessadores

Você acha difícil fazer a comercialização da produção?

65 () Sim

66 () Não.

Que sugestões você daria para melhorar a comercialização.

Você acha que melhorou sua condição de vida depois que começou a cultivar peixes em tanques rede?

67 () Sim – Por que?-----

68 () Não

Você queria deixar de cultivar peixes em tanques rede?

69 () Sim – Por que?-----

70 () Não

Anexo II – Certificado de qualidade de água da Barragem Cordeiro

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA

Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Minerais



Superintendência de Administração do Meio Ambiente

CERTIFICADO DE ANÁLISES

N.º 065 / 2006

NATUREZA DO TRABALHO:

Análises físico-química e Bacteriológica.

MATERIAL:

Amostra colhida na Barragem Cordeiro no município do Congo - PB.

INTERESSADO:

PROJETO TILÁPIAS

Ofício/SEAP/GAB-PB/Nº 90.

RESULTADOS

Amostra		712	Limites
Estação de Amostragem		Açude Cordeiro	
Data de Coleta		22 de março de 2006	CONAMA
Hora de Coleta		15:30	357/2005
Tipo de Amostra		Instantânea	Classe 2
Temperatura Ambiente	°C	32	N.E
Temperatura da Amostra	°C	28	N.E
Cor	mg/L PtCo	21	75
Turbidez	UNT	8	100
pH		7,72	6,0 a 9,0
Condutividade Elétrica - CE	µS cm ⁻¹	522	N.E
Sólidos Dissolvidos Totais – SDT	mg/L	355	500
Salinidade	ppt	0	0,5
Alcalinidade Total	mg/L CaCO ₃	8	N.E
Acidez Total	mg/L CaCO ₃	15	N.E
Cloretos	mg/L Cl	88	250
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	144	500
Amônia	mg/L NH ₄ -N	0,30	N.E
Nitrito	mg/L NO ₃ -N	0,02	1,0
Nitrato	mg/L NO ₂ -N	0,3	10,0
Ferro Total	mg/L Fé	0,11	0,3
Fósforo Total	mg/L P	0,41	0,1
Oxigênio Dissolvido	mg/L O ₂	7,0	Min. 5,0
DBO 5,20	mg/L O ₂	1,0	Max. 5,0
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	37	1000

N.E = Não Especificado

Os Resultados contidos neste documento têm significação restrita e referem-se exclusivamente a amostra colhida pela SUDEMA.

João Pessoa, 04 de julho de 2006.

Quim. Maria de Fátima Lins de Menezes
Coordenadora_CMA

Anexo III – Certificado de qualidade de água do açude São Salvador

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA

Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Minerais



Superintendência de Administração do Meio Ambiente

CERTIFICADO DE ANÁLISES

N.º 062/2006

NATUREZA DO TRABALHO:

Análises físico-química e Bacteriológica.

MATERIAL:

Amostra colhida na Barragem São Salvador no município de Sapé - PB.

INTERESSADO:

PROJETO TILÁPIAS

Ofício/SEAP/GAB-PB/Nº 90.

RESULTADOS

Amostra		1336	Limites
Estação de Amostragem		Açude São Salvador	
Data de Coleta		07 de junho de 2006	CONAMA
Hora de Coleta		06:30	357/2005
Tipo de Amostra		Instantânea	Classe 2
Temperatura Ambiente	°C	27	N.E
Temperatura da Amostra	°C	26	N.E
Cor	mg / L PtCo	37	75
Turbidez	UNT	25	100
pH		7,81	6,0 a 9,0
Condutividade Elétrica - CE	µS cm ⁻¹	583	N.E
Sólidos Dissolvidos Totais – SDT	mg / L	396	500
Salinidade	ppt	0	0,5
Alcalinidade Total	mg / L CaCO ₃	5	N.E
Acidez Total	mg / L CaCO ₃	4	N.E
Cloretos	mg / L Cl	92	250
Dureza Total	mg / L CaCO ₃	60	500
Amônia	mg / L NH ₄ -N	0,14	N.E
Nitrito	mg / L NO ₃ -N	0,02	1,0
Nitrato	mg / L NO ₂ -N	0,3	10,0
Ferro Total	mg / L Fé	0,15	0,3
Fósforo Total	mg / L P	0,17	0,1
Oxigênio Dissolvido	mg / L O ₂	6,8	Min. 5,0
DBO 5,20	mg / L O ₂	6,6	Max. 5,0
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	149	1000

N.E = Não Especificado

Os Resultados contidos neste documento têm significação restrita e referem-se exclusivamente a amostra colhida pela SUDEMA.

João Pessoa, 04 de julho de 2006.

Quim. Maria de Fátima Lins de Menezes
Coordenadora CMA

Controle 103
Amostra 1336

Anexo IV – Certificado de qualidade de água do açude de Camalaú

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA

Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Minerais



Superintendência de Administração do Meio Ambiente

CERTIFICADO DE ANÁLISES

N.º 064/2006

NATUREZA DO TRABALHO:

Análises físico-química e Bacteriológica.

MATERIAL:

Amostra colhida na Barragem Camalaú no município de Camalaú - PB.

INTERESSADO:

PROJETO TILÁPIAS

Ofício/SEAP/GAB-PB/Nº 90.

RESULTADOS

Amostra		711 Açude Camalaú	Limites
Estação de Amostragem			
Data de Coleta		22 de março de 2006	CONAMA
Hora de Coleta		14:50	357/2005
Tipo de Amostra		Instantânea	Classe 2
Temperatura Ambiente	°C	32	N.E
Temperatura da Amostra	°C	29	N.E
Cor	mg / L PtCo	20	75
Turbidez	UNT	12	100
pH		7,79	6,0 a 9,0
Condutividade Elétrica - CE	µS cm ⁻¹	432	N.E
Sólidos Dissolvidos Totais – SDT	mg / L	294	500
Salinidade	ppt	0	0,5
Alcalinidade Total	mg / L CaCO ₃	7	N.E
Acidez Total	mg / L CaCO ₃	11	N.E
Cloretos	mg / L Cl	62	250
Dureza Total	mg / L CaCO ₃	104	500
Amônia	mg / L NH ₄ -N	0,19	N.E
Nitrato	mg / L NO ₃ -N	0,02	1,0
Nitrato	mg / L NO ₂ -N	0,4	10,0
Ferro Total	mg / L Fé	0,24	0,3
Fósforo Total	mg / L P	0,93	0,1
Oxigênio Dissolvido	mg / L O ₂	7,8	Min. 5,0
DBO 5,20	mg / L O ₂	1,4	Max. 5,0
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	2	1000

N.E = Não Especificado

Os Resultados contidos neste documento têm significação restrita e referem-se exclusivamente a amostra colhida pela SUDEMA.

João Pessoa, 04 de julho de 2006.

Quim. Maria de Fátima Lins de Menezes
Coordenadora_CMA

Controle 53
Amostra 711