

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E**  
**MEIO AMBIENTE**

**JORGE LUIZ ARAÚJO DA SILVA**

**REUSO DE RESÍDUO ORGÂNICO DA PISCICULTURA COMO**  
**CONDICIONANTE DE SOLO NO SEMIÁRIDO**

**Recife**  
**2017**

**JORGE LUIZ ARAÚJO DA SILVA**

**REUSO DE RESÍDUO ORGÂNICO DA PISCICULTURA COMO  
CONDICIONANTE DE SOLO NO SEMIÁRIDO**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), da Associação em Rede Plena (UFC, UFPI, UFRN, UFPB, UFPE, UFS, UESC) como requisito para a obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

**Prof<sup>(a)</sup>. Dr<sup>a</sup> Maria do Socorro Bezerra Araújo**  
Orientadora

**Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva**  
Coorientador

**Recife  
2017**

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB4-1291

S586r Silva, Jorge Luiz Araújo da.  
Reuso de resíduo orgânico da piscicultura como condicionante de solo no semiárido / Jorge Luiz Araújo da Silva. – 2017.  
105 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria do Socorro Bezerra Araújo.  
Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.  
Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Recife,  
2017.  
Inclui referências e apêndices.

1. Sustentabilidade e meio ambiente. 2. Peixes - Criação. 3. Gestão ambiental.  
4. Impactos ambiental. 5. Resíduos sólidos. 6. Solos. I. Araújo, Maria do Socorro  
Bezerra (Orientadora). II. Silva, Ronaldo Faustino da (Coorientador). III. Título

363.7 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2018-050)

**REUSO DE RESÍDUO ORGÂNICO DA PISCICULTURA COMO CONDICIONANTE  
DE SOLO NO SEMIÁRIDO**

JORGE LUIZ ARAÚJO DA SILVA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em: 04/setembro/2017.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria do Socorro Bezerra de Araújo (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria do Carmo Martins Sobral (1º Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>º</sup>. Dr. Dário Costa Primo (1º Examinador Externo)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Renata Maria Caminha Mendes Oliveira Carvalho (2º Examinador Externo)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (3º Examinador Externo)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva (3º Examinador Externo)  
Universidade Federal da Paraíba

Dedico a minha mãe Terezinha Araújo da Silva,  
esposa Diana Ferraz Araújo da Silva e meus filhos  
Thais Ferraz Araujo da Silva e Jorge Ferraz Araújo  
da Silva.

## AGRADECIMENTOS

Ao eterno Deus que me deu felicidade ao encontrar pessoas e instituições para executar esse trabalho com isenção e esperança na vitória.

Às Instituições Públicas e Privadas, em especial à Universidade Federal de Pernambuco, em especial ao Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), pela relevância em passar a sociedade conhecimentos necessários para as atividades sócio-econômicas e bem-estar das pessoas através de pesquisadores dedicados para tais fatos acontecerem.

À orientadora Professora Maria do Socorro Bezerra Araújo e ao coorientador Professor Dr. Ronaldo Faustino da Silva, pela relevância da orientação prestada através do incitamento, sugestões e correções apropriadamente apresentadas, à constante disponibilização de ajuda e à anuência do crédito e amizade no decorrer deste trabalho. Para sempre agradecido.

Ao Departamento de Energia Nuclear (DEN – UFPE), em especial aos professores Dario Primo, Everardo Sampaio e Romulo Menezes pela presteza em passar informações valiosas ao trabalho. Ao funcionário Gilberto e seus colegas pela relevante operacionalização das tarefas em laboratórios.

À Prefeitura Municipal de Itacuruba pelo apoio de campo e conhecimento que foram passados por gestores.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), Instituto de Pesquisa Agrônômica (IPA), DIOCESE, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), PROJECT INNOVATE, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) com contribuição de suas pesquisas desenvolvidas e marco regulatório das produções, Associações e Cooperativa.

Pelos fornecedores de insumos (COPERVALE, DURANCHO, PESCANOVA, POLINUTRI, GUARAVES, GRANJA SÃO LUIZ, AGROPECUÁRIA ESTRELA DA MANHÃ) que contribuíram com os dados técnicos empregados na atividade.

Ao pesquisador e amigo Dr. Jorge Vitor Ludke (EMBRAPA) pela constante atenção em atender às demandas de pesquisas apresentadas no que se refere ao agronegócio e seus gargalos. Minha eterna gratidão.

À Professora Jarcilene Cortez que viabilizou a área para realização do experimento na casa de vegetação do Centro de Ciências Biológicas da UFPE (CCB/UFPE) com fundamental contribuição na pesquisa desse trabalho.

À colega mestranda Andreza dos Santos Rodrigues de Melo pela dedicação nas coletas de dados de campo e laboratório, assim como, os conhecimentos das técnicas operacionais que levaram aos resultados obtidos.

Ao Pesquisador Dr. José Coelho de Araújo Filho (EMBRAPA) pelas orientações de coleta de campo na sua área de expertise, solo, colaborando com o objeto da pesquisa. Sempre grato.

Ao amigo e Professor Dr. Lucivanio Jatobá pelo o incentivo ao longo dos trabalhos e contribuição científica.

Ao pastor e agrônomo Wellington Valois por ter cedido uma estufa na sua propriedade para uma avaliação de campo e assistir à todo o processo aplicando seus conhecimentos na produção de mudas. Bastante agradecido ao apoio para atender a investigação.

Ao ex-prefeito de Itacuruba Romero Magalhaes Ledo pelo apoio inquestionável que recebi e aos pesquisadores apresentados para a realização dos trabalhos no município. Meu eterno agradecimento ao amigo que sempre esteve presente em todas as ações.

À secretaria do PRODEMA, em especial à Solange e Tarciso, pela presteza em acompanhar às demandas burocráticas durante o exercício acadêmico.

Aos piscicultores que outorgaram as coletas das amostras de sedimento em suas áreas e concederam relevantes informações para essa pesquisa.

A Banca examinadora pela presteza nas relevantes orientações para fazer os ajustes necessários o qual tornou esse trabalho o melhor elaborado possível. Muito grato.

Meu apreço àqueles que participaram de maneira direta ou indiretamente na diligência dos fatos que subsidiaram na colaboração desse trabalho.

A todos que colaboraram na execução dessa pesquisa, *MINHA GRATIDÃO!*

*“Só sei que nada sei”  
Sócrates*

## RESUMO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos determina a adequação da produção comercial de peixes às regras de redução dos passivos ambientais. Os resíduos orgânicos da piscicultura gerados em tanques escavados podem ser usados na produção vegetal em função das propriedades físicas e químicas que apresentam sendo usados como fonte de nutrientes e como condicionador de solos. A produção de lodo sedimentado em tanques escavados foi quantificada e as qualidades agrônomicas para o desenvolvimento agrícola em solos no semiárido na região de Itaparica no Nordeste do Brasil foram avaliadas. Estudou-se, em avaliações em campo e experimento em casa de vegetação o potencial de uso dos sedimentos dos tanques escavados. Finalmente, foi proposta a gestão do lodo visando a sua transformação em adubo organo-mineral e, dessa forma, ao integrar a produção animal com a produção vegetal via reciclagem de nutrientes, é factível possibilitar que o impacto ambiental seja minimizado e seja proporcionada uma agregação de valor ao passivo ambiental. A primeira etapa desse estudo foi determinar o conteúdo de nutrientes de valor agrônomico do resíduo resultante da produção de alevinos, no semiárido de Pernambuco. Os parâmetros analisados nas caracterizações físicas e químicas das amostras de resíduos foram: matéria orgânica, umidade a 65°C, relação carbono/nitrogênio e macronutrientes totais (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio). Os resultados analíticos revelaram uma considerável reserva de nutrientes essenciais para as plantas tomando como referência esterco de animais. O resíduo dos tanques escavados apresentou tendência de valores mais altos desses nutrientes, principalmente em K e Mg, atingindo cerca de 2,5 a 5 vezes mais e de 2 a 4 vezes mais, respectivamente, que os esterco de animais. Na sequência, por ciclo de produção de alevinos, foi quantificada a produção do lodo de sedimentação retirado dos tanques escavados. O acréscimo de lodo por ciclo de produção é estimado na ordem de 278 kg por hectare ao dia e a deposição estimada de matéria orgânica e nitrogênio total foi, respectivamente, de 3,2 e 1,4 kg por hectare ao dia. Com base nos nutrientes NPK estimou-se um valor financeiro (ano base 2015) um equivalente parcial de 7500 R\$ por hectare ao ano para os lodos acumulados nos tanques escavados. Após, visando o aproveitamento do lodo na produção vegetal, foi realizado um experimento, em casa de vegetação, com 35 dias de duração para avaliar o potencial de uso do lodo na produção de alface crespa. O lodo foi incorporado em um solo (camada de 0-20 cm de um Planossolo Háplico) nos níveis de 25, 50 e 75% sendo avaliado também o uso exclusivo do solo (0%) ou do lodo (100%) como substrato. O delineamento experimental usado foi em blocos casualizados com cinco repetições por tratamento, cada repetição foi composta por três vasos cada um com uma planta. Foram avaliados os pesos ao natural e seco, o diâmetro do caule e a concentração de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea da planta. Na colheita da alface, a maior produção para massa seca da parte aérea foi alcançada ao nível de 75% de inclusão do lodo. Por último foi realizada uma avaliação econômica financeira para o processamento e industrialização do lodo visando a produção de um adubo organo-mineral para comercialização considerando o potencial de formatar um plano de negócios. Os resultados indicaram que os sedimentos possuem um razoável valor fertilizante e podem ser utilizados como condicionador de solos.

**Palavras-chave:** Piscicultura-agricultura sustentável. Concentração nutricional do lodo. Gestão. *Lactuca sativa*. Macronutrientes. Planossolo Háplico.

## ABSTRACT

The National Solid Waste Policy order the adequacy of commercial fish production to the rules for reducing environmental liabilities. The organic residue from fish production generated in the ponds is prone to be used in vegetal production in function of the physical-chemical properties that are present, and so, being used as source of nutrients and as conditioner of soils. A “on field” evaluation was done for quantify the sediment production in the ponds and to ascertain the agronomic qualities of sludge for agricultural development in the soils of Itaparica semi-arid region in Northeast Brazil. Field evaluation studies and experiment in a greenhouse for prescribe the potential use of the sludge were undertaken. Finally, a proposal was set for management strategy to transform the sludge into organo-mineral fertilizer. By integrating animal production with plant production, nutrient cycling minimizing the environmental impact and adding value to environmental liabilities is possible. The first step of this study was to determine the agronomic nutrient content of the residue resulting from the production of fingerlings in the semi - arid region of Pernambuco. The parameters analyzed in physical and chemical characterization of the sludge samples were organic matter, humidity at 65°C, carbon/nitrogen ratio and total macronutrients (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium). The analytical results revealed a considerable reserve of essential nutrients for plants when compared to the reference values of animal manures. The residue of the fish ponds showed a tendency of higher values of these nutrients, mainly in K and Mg, reaching about 2.5 to 5 times more and 2 to 4 times more, respectively, than animal manures. Estimate of the amount of sludge produced on fishponds, embracing a fingerling production cycle, was quantified. The increment of sludge per production cycle was 278 kg.ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> and the estimated deposition of organic matter and total nitrogen was, respectively, 3.2 and 1.4 kg.ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>. Based on the NPK nutrients, a financial value (base year 2015) was estimated as a partial equivalent of 7500 R\$ ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> for the sludge accumulated in the fishponds. Next, in aim of evaluate the potential of sludge use in the production of crisp lettuce, an experiment was carried out in greenhouse for 35 days using a soil originated from 0-20 cm layer of a Haplic Planossoil as substrate. The sludge incorporated at 25, 50 and 75% levels, and the exclusive use of soil (0%) or sludge (100%) compounded the five treatments. The experimental design was a randomized block with five replicates per treatment and three pots, each with one plant, per replicate. The parameters evaluated were natural and dry weight, stem diameter and nitrogen, phosphorus and potassium concentration in the aerial part of the plant. In the lettuce harvest, the substrate with the 75% inclusion level of sludge reached the highest yield for dry mass of aerial part. Lastly, we proposed a technological route for processing and industrialization of the sludge aiming the production of an organo-mineral fertilizer for commercialization considering the potential to format a plan of business. Conclusively the results indicated that the sludge have a moderate fertilizer value and is great soil conditioner.

**Keywords:** Sustainable pisciculture-agriculture. Sludge nutritional concentration. *Lactuca sativa*. Management. Macronutrients. Haplic Planossoil.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1-</b> Tilápia nilótica.....	22
<b>Figura 2-</b> Filé de tilápia.....	22
<b>Figura 3-</b> Localização Geográfica de Itacuruba-PE.....	37
<b>Figura 4 -</b> Arranjos Produtivos da RD Itaparica-PE piscicultura.....	39
<b>Figura 5 -</b> Recorte Geográfico da Vila do Coite- Itacuruba-PE .....	40
<b>Figura 6-</b> Preparo para experimento na casa de vegetação.....	43
<b>Figura 7-</b> Coleta para análise física, nutrientes, densidade e capacidade de retenção de umidade. Foram realizadas análises nas plantas e solo.....	43
<b>Figura 8 -</b> Limites da área dos tanques escavados concedidos para uma cooperativa de produtores pela Prefeitura Municipal de Itacuruba com anuência da CHESF.....	44
<b>Figura 9 -</b> Tamanho inicial dos tanques escavados para o projeto da CODEVASF para criação integrada carpa, suínos e marrecos. Cada tanque tem a dimensão de 6.250m <sup>2</sup> (25 metros de largura x 250,00 metros de comprimento) resultando em uma área total de 100.000m <sup>2</sup> .....	49
<b>Figura 10 -</b> Superior esquerda (1): vista aérea parcial dos tanques escavados usados na produção de alevinos de tilápia, Superior direita (2): lodo em tanque escavado logo após colheita dos alevinos, Inferior esquerda (3): Lodo em tanque escavado em fase de secagem, Inferior direita (4): Lodo seco pronto para colheita.....	50
<b>Figura 11 -</b> Lodo coletado após se apresentar em forma de torrões como mostrado na Figura 6d é iniciada a coleta e ensaque do lodo.....	50
<b>Figura 12 -</b> Software SEAP utilizado para estudo de viabilidade econômica de projetos indústrias, agropecuários e serviços.....	53
<b>Figura 13 -</b> Evolução na concentração de nitrogênio no substrato com o aumento da porcentagem de lodo.....	62
<b>Figura 14 –</b> Evolução na concentração de fósforo no substrato com o aumento da porcentagem de lodo.....	62
<b>Figura 15 -</b> Evolução na concentração de potássio no substrato com o aumento da porcentagem de lodo.....	62
<b>Figura 16-</b> Vista dos cortes transversal e longitudinal de leito de secagem. Esse modelo será o utilizado na secagem do lodo para produção do adubo organomineral.....	76

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Produção estimada de peixes em toneladas e valor da produção em R\$ no Brasil e regiões.....	24
<b>Tabela 2</b> - Descrição dos insumos, preparação do solo, plantio, tratos culturais e colheita para implantação de um hectare de melancia de nível técnico médio.....	48
<b>Tabela 3</b> - Relação de equipamentos em unidade dimensional (ud) para uma produção de 5.000 kg de adubo organomineral.....	54
<b>Tabela 4</b> - Especificação do adubo organomineral para atender as exigências do cultivo da melancieira com aplicação de 10 toneladas por hectare (2 kg por cova).....	55
<b>Tabela 5</b> - Caracterização de valor agrônômico das amostras de resíduo dos tanques escavados, em umidade a 65° (U), matéria orgânica (M.O), nutrientes totais: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), e relação carbono total/nitrogênio total (C/N).....	57
<b>Tabela 6</b> - Comparação dos valores médios de características do resíduo dos tanques escavados (em umidade a 65°C (U), matéria orgânica (MO) e nutrientes totais: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) com os de insumos orgânicos (esterços de animais) usados normalmente em cultivos agrícolas.....	60
<b>Tabela 7</b> - Características químicas e físicas dos substratos com diferentes proporções de lodo de sedimentação de tanques escavados com criação de alevinos e de solo (Planossolo Háplico), coletados no município de Itacuruba, Pernambuco.....	61
<b>Tabela 8</b> - Massa verde e seca da parte aérea e diâmetro do caule das plantas de alface, cultivadas com diferentes proporções entre lodo e solo (n = 15).....	64
<b>Tabela 9</b> - Valores médios da concentração de nitrogênio, fósforo e potássio na massa seca da parte aérea das plantas de alface cultivadas em casa de vegetação, com diferentes proporções entre lodo e solo (n = 15).....	65
<b>Tabela 10</b> - Dados informados da produção de alevinos e juvenis do tanque VR6 na Vila do Coite em Itacuruba-PE.....	67
<b>Tabela 11</b> - Dados informados da produção de alevinos e juvenis do tanque VR4 em sistema intensivo em dois ciclos na Vila do Coite em Itacuruba-PE.....	68
<b>Tabela 12</b> - Contribuição parcial em termos de nutrientes de cada componente do adubo organo-mineral formulado para uma aplicação de 10 toneladas por hectare .....	70
<b>Tabela 13</b> - Relação de equipamentos para uma produção de 5.000 kg de adubo organo mineral.....	74
<b>Tabela 14</b> - Descrição dos equipamentos, construção civil e veículo necessários à produção de 5.000 toneladas de adubo organomineral. O valor dos equipamentos foi convertido para a cotação do dólar do dia 30.09.2017 (US\$ 3,129) e totaliza US\$93.596,77.....	75
<b>Tabela 15</b> - Dados Irradiação Global Horizontal (IGH) - Itacuruba (PE) no ano de 2016 onde foi colocado o aparelho Piranômetro para Irradiação Global Horizontal medidor de irradiação no projeto horta comunitária em Itacuruba (PE).....	78
<b>Tabela 16</b> - Dimensionamento dos leitos de secagem para uma produção de 5.000 kg ao dia para uma produção de 100.000 kg mensal.....	78
<b>Tabela 17</b> - Custos operacionais para a produção de cinco toneladas de adubo com 100% de lodo de tanques escavados para aplicação em melancia.....	80
<b>Tabela 18</b> - Cotação de venda dos nutrientes NPK na Central de Adubos em Petrolândia (PE).....	81
<b>Tabela 19</b> – Orçamento de Implantação de um hectare da cultura de melancia irrigada para agricultores de nível tecnológico médio.....	82

<b>Tabela 20</b> - Fluxo de caixa de investimento para produção de cinco toneladas diárias de lodo de tanques escavados para uso em melanciaira.....	83
<b>Tabela 21</b> - Custos operacionais da fábrica de adubo organomineral destinado à lavoura de melanciaira quando operado em bateladas de 5 mil kg ao dia.....	85
<b>Tabela 22</b> - Fluxo de caixa de investimento para produção de cinco toneladas diárias de adubo organomineral a partir a partir de lodo de tanques escavados, esterco de poedeira e pó de coco para uso em melanciaira.....	86

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
B	Boro
BPMs	Boas Práticas de Manejo
C	Carbono
C:N	Relação Carbono: Nitrogenio
Ca	Cálcio
CO <sub>2</sub>	Gás Carbonico
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente
DQO	Demanda química de oxigênio
g.kg <sup>-1</sup>	Grama por quilograma
H	Húmus
ha.ano <sup>-1</sup>	Hectare ano
ha.d <sup>-1</sup>	Hectare dia
HD	Homem Dia
HM	Hora Máquina
K	Potássio
kg.ha <sup>-1</sup>	Quilograma por hectare
L	Lodo
Mg	Magnésio
mg.L <sup>-1</sup>	Miligrama por litro
MO	Matéria orgânica
MPA	Ministério da Aquicultura e Pesca
Na	Sódio
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
PC	Pó de coco
RD	Região de Desenvolvimento
S	Enxofre
T1;T2;T3;T4;T5	Tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5
UD	Unidade Dimensional
VPL	Valor Presente Líquido
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>19</b>
2.1	O AGRONEGÓCIO DA PISCICULTURA.....	19
2.1.1	Crescimento da piscicultura.....	20
2.1.2	A tilapicultura no semiárido do Nordeste.....	22
2.2	RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO CONDICIONANTE DE SOLOS.....	24
2.2.1	Sedimentos da produção de tanques escavados.....	25
2.2.2	Nutrientes dos sedimentos dos tanques escavados.....	27
2.2.3	Solo e reuso da matéria orgânica.....	29
2.3	ADMINISTRAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS DE TANQUES ESCAVADOS NO SEMIÁRIDO.....	30
2.3.1	O meio ambiente e os impactos gerados na produção em tanques escavados.....	30
2.3.2	Análise de cadeia de produção no agronegócio.....	32
2.3.3	Tecnologias na produção de adubos organo-mineral.....	34
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
3.2	ESTUDO DE CASOS.....	40
3.2.1	Estudo de Caso 1 - Qualidade do resíduo de tanques de produção de alevinos condicionante de solos no semiárido de Pernambuco: subsídios para gestão ambiental.....	40
3.2.2	Estudo de Caso 2 - Manejo de lodo de lagoas de peixes nas margens do reservatório de Itaparica: uma alternativa para melhorar a produção agrícola.....	41
3.2.3	Estudo de Caso 3 - Avaliação econômica do lodo de tanques escavados as margens do reservatório Itaparica para reuso como condicionante de solos: uma alternativa para pequenos e médios produtores agrícola de adubo orgânico e organomineral.....	44
3.2.3.1	A análise físico-química do lodo e seu potencial qualitativo e quantitativo para uso como condicionante de solos em produções de pequeno e médio porte da região.....	46
3.2.3.1.1	<i>Levantamentos das análises físicas e químicas realizadas para identificar o potencial agrícola do lodo de tanques escavados como condicionante de solo.....</i>	<i>46</i>
3.2.3.1.2	<i>Levantamento da quantidade do lodo gerado dos tanques escavados na área da cooperativa.....</i>	<i>48</i>
3.2.3.2	Alternativas de resíduos agroindustriais para combinação com o lodo de tanques escavados visando composição do adubo organomineral.....	51
3.2.3.2.1	<i>Resíduos orgânicos de esterco de galinha gerados das produções de aves de postura de ovo comercial nas mesorregiões do Sertão e São Francisco de Pernambuco.....</i>	<i>51</i>
3.2.3.2.2	<i>Resíduo orgânico pó de coco gerado dos processos de produção de envase de água de coco na região de Itaparica.....</i>	<i>51</i>
3.2.3.3	Adubos de fonte mineral para compor o adubo organomineral.....	52
3.2.3.4	Análise econômico-financeira para produção de adubo organomineral a partir do lodo de tanques escavados da piscicultura: uma alternativa como condicionante de solo para região semiárida de PE.....	52
3.2.3.4.1	<i>Estrutura para implantação de um processo de produção de adubo orgânico na forma farelada usando o lodo dos tanques escavados para uso nos solos das produções agrícolas da região.....</i>	<i>54</i>
3.2.3.4.2	<i>Estrutura de custo para produção do adubo organomineral de lodo.....</i>	<i>55</i>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>57</b>

<b>4.1</b>	<b>ESTUDO DE CASO 1 - Qualidade do resíduo de tanques de produção de alevinos condicionante de solos no semiárido de pernambuco: subsídios para gestão ambiental.....</b>	<b>57</b>
4.1.1	Valor nutricional, umidade, matéria orgânica, relação C:N.....	57
4.1.2	Avaliação comparativa com esterco de bovinos, frango de corte e resíduos de tanques escavados.....	<b>59</b>
<b>4.2</b>	<b>ESTUDO DE CASO 2 - Manejo de lodo de lagoas de peixes nas margens do reservatório de itaparica: uma alternativa para melhorar a produção agrícola.....</b>	<b>61</b>
4.2.1	Características químicas e físicas do lodo para uso como condicionante de solos em cinco níveis de mistura.....	61
4.2.2	Avaliação da alface ( <i>Lactuca sativa</i> ) após o uso do lodo realizado em casa de vegetação com cinco tratamentos.....	<b>64</b>
<b>4.3</b>	<b>ESTUDO DE CASO 3 – Avaliação econômica do lodo de tanques escavados as margens do reservatório de itaparica para reuso como condicionante de solos: uma alternativa para pequenos e médios produtores agrícola de adubo orgânico e organomineral.....</b>	<b>67</b>
4.3.1	Avaliação quantitativa da produção de lodo na área de estudo.....	67
4.3.2	Avaliação do potencial do lodo como única fonte de nutrientes.....	69
4.3.3	Avaliação da composição percentual do adubo organomineral e particularidades sobre a disponibilidade de nutrientes.....	70
4.3.4	Considerações econômicas sobre o valor relativo do adubo organomineral perante o equivalente adubo químico.....	71
4.3.5	Análises econômica e financeira da produção de composto organomineral de resíduos de lodo gerados de tanques escavados as margens do reservatório de Itaparica.....	<b>71</b>
4.3.5.1	Caracterização social econômica e financeira da produção de adubo organomineral de lodo de tanques escavados da Cooperativa.....	72
4.3.5.2	Estudos de viabilidade econômico-financeira da produção do organomineral para produtores de melancia de média tecnologia com a utilização do lodo de tanques escavados gerados da produção de juvenis de tilápia.....	79
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>87</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>90</b>
	<b>APÊNDICE A - TRABALHOS PUBLICADOS.....</b>	<b>103</b>
	<b>APÊNDICE B – COMENTÁRIOS À LEI FEDERAL 6.894.....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A bacia do Rio São Francisco é uma referência obrigatória de pesca, onde se pratica tanto a pesca de subsistência quanto a comercial. O Rio São Francisco apresenta 2.780 km de extensão, passando por sete Estados, onde ocorrem onze represamentos com área alagada que corresponde a 23,3% da área represada no país (PLANVASF, 1989).

A barragem de Itaparica, situada no médio Rio São Francisco no semiárido nordestino, ocupa uma área de 834 km<sup>2</sup> e totaliza um acúmulo de quase 1,1 x 10<sup>10</sup> m<sup>3</sup> de água. O reservatório atende a três atividades de importância econômica: geração de energia, irrigação e piscicultura intensiva. Neste contexto, atualmente, a piscicultura como atividade econômica, visando geração de renda, está concentrada em três municípios (ITACURUBA, 2013).

No município de Itacuruba, na Vila do Coité estão localizados 26 ha de viveiros de peixes em tanques escavados que pela gestão municipal, foram reativados para produção de alevinos de tilápia utilizando esses mesmos tanques. Na moderna piscicultura a produção semi-intensiva de alevinos é uma das etapas essenciais, tendo em vista que, a produção de alevinos e juvenis de tilápia da Vila do Coité é comercializada para empresas, associações dos municípios que compõem a Região de Desenvolvimento (RD) de Itaparica e estados vizinhos.

Nesta atividade desenvolvida em Itacuruba são gerados sedimentos na ordem 2,5 x 10<sup>3</sup> t.ano<sup>-1</sup> (ITACURUBA, 2013). Além dos viveiros reativados, na Região de Desenvolvimento (RD) Itaparica existem ainda 80 ha de viveiros em fase de reativação. Isto totaliza, atualmente, mais de 100 ha de viveiros já estabelecidos e, desde que estejam em plena atividade produtiva, terão uma geração de lodos de até 1 x 10<sup>4</sup> t.ano<sup>-1</sup>.

A produção de peixes em tanques escavados também gera resíduos orgânicos, que precisam ser retirados periodicamente. São restos da alimentação utilizada na piscicultura que são depositados nos fundos dos tanques, caracterizados como lodo. Um dos problemas desta atividade econômica é como dispor estes resíduos de forma a não causar riscos de contaminação ambiental. O uso agrícola do lodo de esgoto é uma prática que tem sido incentivada. Entretanto, para que o lodo de esgoto possa ser utilizado como fertilizante orgânico ou condicionador de solo, faz necessária uma higienização prévia, para transformar seu potencial poluidor em um insumo de grande importância para os solos agrícolas tropicais (ANDREOLI et al., 1999), mas pouco se sabe sobre o aproveitamento de resíduo do fundo dos tanques de produção de peixes para este mesmo fim.

A drenagem, armazenamento, utilização e descarte de lodo de fundo de tanques escavados é um tema de alta prioridade para a pesquisa, em particular devido ao fato da produção em tanques ser frequentemente antagonizada pelas autoridades ambientais e pelo público (AVNIMELECH; RITVO, 2003). Portanto, existe a necessidade de se definir manejos adequados e utilização de critérios técnicos apropriados, na implantação desta atividade econômica. Segundo Lin e Yi (2003) existe falta de documentação científica sobre os aspectos quantitativos e qualitativos de lodos dos viveiros nas diferentes fases de produção da tilápia e isto dificulta a adoção mais ampla do uso desses lodos para aproveitamento em atividades agrícolas.

O Nordeste brasileiro, principalmente sua porção semiárida, sofre uma grande carência de pesquisas que visem o melhor desenvolvimento das práticas agropecuárias (SÁ, 2002).

Ao longo dos anos, a crescente degradação ambiental, resultado de constante e profunda ação antropogênica, tornou-se foco central nas discussões de conferências e encontros internacionais para o meio ambiente. A questão ambiental passou a ser vista, cada vez mais, como um elemento essencial a ser considerado no processo de gestão (GOBBI; BRITTO, 2005). Estima-se que dois bilhões de hectares de solo estão degradados devido à atividade humana, área maior que a dos Estados Unidos e do México juntos e, que muitas espécies estão ameaçadas de extinção devido à degradação ou destruição de habitats e a outras causas (DOERING et al., 2002).

Ações de inovação apontaram para a mudança de mentalidade no nível institucional das empresas. Por outro lado, existe o aumento na demanda de fertilizantes (fósforo e potássio), depleção de recursos naturais combinado com aumentos de preços dos insumos (ARNOLD, 2010). O manejo dos recursos naturais, tem se tornado um consenso quando levado em considerações as questões mais emblemáticas para o desenvolvimento mundial. Segundo Perey e Benn (2015) a mudança de mentalidade na direção da sustentabilidade ecológica vem inserida nas recomendações da coalisão TEEB (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity in Business and Enterprise* - 2013) e no Fórum Mundial para o Capital Natural (2013).

A gestão dos resíduos sólidos em atividades da agropecuária no Brasil é uma demanda que se consolida com a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e é complementada com os Planos Estaduais de Resíduos Sólidos (ITEP, 2012). O relatório da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) apresenta o Brasil com elevado potencial para a aquicultura, mas os dados ainda mostram o país como franco importador de pescados (RABOBANK, 2016).

Na moderna piscicultura, na produção intensiva de tilápia, existe um imenso impacto ambiental que necessita ser mitigado. Para fazer uma gestão adequada do lodo gerado em tanques escavados usados para criação de alevinos e visando um manejo correto é necessária a sua quantificação e a caracterização do seu valor nutricional.

Ante o exposto, a hipótese central da pesquisa é que o lodo do fundo dos tanques de produção de alevinos é uma alternativa de aproveitamento como condicionante de solo na região semiárida, uma vez que os solos desta região apresentam as seguintes características: i) comumente possuem baixos teores de materiais orgânicos, ii) sofrem elevado intemperismo físico e químico e, iii) naturalmente apresentam baixas concentrações de alguns micronutrientes.

O objetivo deste trabalho é propor a gestão do resíduo orgânico resultante dos viveiros da piscicultura como condicionante de solos no semiárido, para a microrregião do reservatório de Itaparica.

Dessa forma, são ponderados três estudos, os quais contribuirão na consecução dos objetivos sugeridos:

- **Estudo de caso 1:** Qualidade do resíduo de tanques de produção de alevinos como condicionante de solos no semiárido de Pernambuco: subsídios para gestão ambiental;
- **Estudo de caso 2:** Manejo de lodo de lagoas de peixes nas margens do Reservatório de Itaparica: uma alternativa para melhorar a produção agrícola;
- **Estudo de caso 3:** Avaliação econômica do lodo de tanques escavados nas margens do reservatório de Itaparica para reuso como condicionante de solos: uma alternativa de adubo orgânico e organomineral para pequenos e médios produtores agrícolas.

Para tanto, são apresentados os seguintes objetivos específicos:

- O objetivo do estudo de caso 1 é avaliar a qualidade agronômica do resíduo do fundo de tanques de produção de alevinos no semiárido nordestino, para seu aproveitamento como insumo orgânico condicionante de solos.
- O objetivo do estudo de caso 2 é avaliar a eficácia do lodo gerado em lagoas de criação de alevinos de tilápia em manejo intensivo como condicionador de solo para produzir alface, a fim de gerenciar esse resíduo e evitar a sua disposição inadequada no meio ambiente.
- O objetivo do estudo de caso 3 é propor uma rota tecnológica para processamento e industrialização do lodo visando à produção de um adubo organo-mineral para comercialização considerando o potencial de formatar um plano de negócios.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O AGRONEGÓCIO DA PISCICULTURA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO, 2000), o emprego estimado no setor da produção primária de pesca e aquicultura foi da ordem de 35 milhões de pessoas, sendo 65% na pesca marítima, 15% na pesca continental e 20% na aquicultura (PORTAL ODM, 2013).

Aquicultura é a ciência que estuda e aplica os meios de promover o povoamento dos animais aquáticos, é a criação de animais aquícolas orientada por meios científicos. No ano de 2003 os trabalhadores da pesca e aquicultura já representavam 2,6% dos 1.300 milhões de pessoas economicamente ativas neste trabalho (FAO, 2006).

Conforme Sirol, Salaro e Andrade (2000) a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), é a espécie de peixe mais popular no Brasil, sendo cultivada em 22 estados brasileiros, e teve uma produção anual entre 30 e 40 mil toneladas (ARRUDA, 2004). Em dez anos, entre 2005 e 2015, a produção do peixe mais cultivado no Brasil, a tilápia, saltou 223% com a modernização e a intensificação da produção tanto em tanques-rede em reservatórios quanto em viveiros escavados (EMBRAPA, 2017).

A Tilápia do Nilo foi uma das primeiras espécies oriundas da aquicultura a ser beneficiada, sendo atualmente comercializada na forma de filés congelados, porém a sua tecnologia emergente proporciona um rendimento baixo, em torno de 30 a 38% (NOGUEIRA, 2003). Quando o país necessita gerar riquezas e trabalho, a curto e médio prazo, a piscicultura surge como uma possibilidade de transformar-se numa indústria que movimentava milhões de dólares em diversos países (ANDRADE, 1989).

A piscicultura é um ramo da aquicultura, atividade do setor primário em maior expansão no mundo (VALENTI et al., 2000), contribuindo de forma significativa no aumento da oferta de alimento de alta qualidade voltada para o cultivo de peixes em cativeiro.

Esta prática é uma tradição antiga dos povos milenares como chineses, indianos e vietnamitas. Essa atividade vem crescendo rapidamente nos últimos anos e se desenvolvendo cada vez mais. A criação de peixes em cativeiro pode ser de espécies exóticas, como a carpa, a tilápia e a truta, ou de espécies nativas brasileiras como pacamã, curimatã, matrinxã, cari, cascudo, piaui, piaba e surubim.

O aumento da produção, da qualidade, da inovação e o aperfeiçoamento de técnicas tornam a piscicultura uma promissora atividade econômica. Atualmente essa atividade é vista como uma nova opção de agronegócio, e está inserida no meio rural, dividindo espaço com a agricultura e pecuária. Um dos motivos que gerou essa modificação no campo, foi a necessidade dos agricultores viabilizarem todos os seus espaços para o cultivo de produtos diferenciados, aumentando a renda em suas propriedades. A criação de peixes é uma dessas alternativas que além de dinamizar, econômica e socialmente a produção local e, quando realizada de maneira responsável contribui para a preservação ambiental (APL-SE, 2011).

Considerada por muitos como uma atividade que impulsiona o desenvolvimento social e econômico, a piscicultura possibilita o aproveitamento efetivo dos recursos naturais locais, principalmente os hídricos. Nessa atividade há praticamente o aproveitamento total dos resíduos. Seu produto, o peixe, é um alimento de alto valor nutritivo e de fácil aceitação no mercado, o que proporciona ao piscicultor ganhos significativos que contribuem para a economia local. Porém, como qualquer outra atividade econômica, necessita de planejamento básico e estratégias para produzir bons resultados (APL-SE, 2011) e diminuir seus impactos negativos.

O Brasil tem grande potencial para o desenvolvimento da piscicultura, dadas às condições naturais favoráveis. São 8.350 km de costa, 5,3 milhões de hectares de águas represadas em reservatórios de hidrelétricas, que somadas aos rios, lagos e lagoas representam 12,3% da água doce mundial, distribuídas na maior parte das regiões (SANTOS, 2005).

### **2.1.1 Crescimento da piscicultura**

São conhecidos diversos sistemas de produção de peixes (ZIMMERMANN et al., 2001), entretanto os mais comuns são a produção em viveiro ou tanque escavado, os de fundo natural, ou a produção em tanques-rede (gaiolas). O manejo em viveiros de fundo natural varia em função da produtividade desejada, disponibilidade hídrica e quantidade de ração fornecida. Sistemas em tanques escavados eutrofizados que tenham como fonte de alimento apenas o fitoplâncton e baixa renovação de água apresentam uma produção de peixe na ordem de 1,0 a 3,7 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Estes sistemas disponibilizados em tanques tenham, além do fitoplâncton, a suplementação alimentar por meio de dieta balanceada atingem entre 5 a 16 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (KUBITZA, 2011). Ao aumento da produtividade corresponde um maior fluxo de nutrientes no sistema produtivo e, conseqüentemente, o aumento de resíduos sedimentado (lodo) que é rico em nutrientes minerais para uso agrícola.

Shigaki et al. (2006) definem o estado trófico das águas em ultraoligotróficas, oligotróficas, mesotróficas, eutróficas e hipereutróficas em função do fósforo dissolvido na água, respectivamente, nas concentrações de menos de  $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ , de menos de  $0,010$  a  $0,020 \text{ mg. L}^{-1}$ , de  $0,010$  a  $0,050 \text{ mg. L}^{-1}$ , de  $0,025$  a  $0,100 \text{ mg. L}^{-1}$  e, acima de  $0,100 \text{ mg. L}^{-1}$  de água. Porém, Francis et al. (2004) afirmaram que uma concentração de fósforo dissolvido de  $0,3$  a  $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$  de água é necessária para o crescimento máximo dos peixes. Segundo Knud-Hansen et al. (1993) para a produção de tilápia é necessário um aporte otimizado de nitrogênio e fósforo nos níveis de  $1460$  e  $362 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , respectivamente.

Para estimar a contribuição dos insumos orgânicos (ração e adubos naturais) e inorgânicos (calcário e adubos minerais) na acumulação de lodos em viveiros escavados são adotados os seguintes pressupostos: (i) consumo de material orgânico pelo peixe é mínimo e a maior parte da entrada deposita-se no lodo (HARGREAVES, 1998); (ii) em tanques de suplementação alimentar, 15% da alimentação oferecida não é consumida (BOYD; TUCKER, 1995) e 30% do alimento ingerido é excretado na forma fezes (PORTER et al., 1987) e (iii) 50% da produção diária do fitoplâncton vão para os sedimentos (SCHROEDER et al., 1991). Assim, o material orgânico disponível e não consumido, das fezes e de excreções de metabólitos gerados nesta atividade é depositado no fundo dos tanques e através de seus efluentes promove a eutrofização da água dos viveiros (VALENTI et al., 2000), e quando descartada nos corpos hídricos, aumenta o seu estado trófico.

Com o avanço das pesquisas em nutrição e práticas de manejos e controle sanitários, consolidaram o crescimento da piscicultura com a expansão de empreendimentos que utilizam tanques-rede em reservatórios nas regiões Sudeste e Nordeste (MPA, 2010).

Problemas de ordem ambiental estão relacionados à má qualidade da água, ocasionada pela ação de poluentes diversos, inclusive a própria ração.

A exemplo de outras atividades do setor primário, tais como agricultura, pecuária além da própria aquicultura tradicional, o sistema de cultivo em tanque-rede pode provocar impactos negativos em relação ao meio ambiente. No Brasil, os primeiros passos para sua normatização ocorreram a partir do Decreto Lei nº 1.965/95 que trata da utilização de águas públicas na aquicultura. Nele, são estabelecidas as exigências e/ou regras gerais ao estabelecimento de criação de organismos aquáticos, em termos de: autorização prévia, estudos de impacto ambiental, modalidade de licenciamento, fiscalização, monitoramento, (EMBRAPA, 2009).

A Região de Desenvolvimento (RD) de Itaparica tem um grande potencial de água, se utilizado de forma sustentável na aquicultura, tornará a região uma grande exportadora de

pescados. Essas atividades, em relevância, a de produção de alevinos em tanque-escavados, com elevada produtividade, tem como consequência direta a produção de metabólitos e excretas, acúmulo de substâncias tóxicas, maior demanda de oxigênio dissolvido pelos indivíduos criados nos tanques, com possível déficit no balanço de oxigenação (OSTRENSKY et al, 2008).

Apesar do grande crescimento da produção de tilápias em tanques-rede no Brasil, boa parte da produção deste peixe ainda vem do cultivo em tanques de terra (viveiros). Após a finalização da despesca da maioria dos peixes, deve-se aguardar entre dois a três dias para que os sólidos em suspensão decantem. Somente após esse tempo é que deve ser feita a drenagem total do viveiro e a remoção do restante dos peixes. A adoção destas práticas ajuda a reduzir o uso de água, o volume de efluentes e o aporte de sólidos e nutrientes nos corpos d'água receptores da água da piscicultura, (KUBITZA, 2009).

### 2.1.2 A tilapicultura no semiárido do NE

A produção de tilápia no Brasil aumentou 86% entre os anos de 2006 e 2009, ultrapassando 130 mil toneladas, 39% do total de pescado proveniente da piscicultura continental.

A tilápia é o peixe mais utilizado neste sistema de criação por apresentar crescimento rápido e bom rendimento de filé, além de ampla aceitação no mercado nacional e internacional, conforme a Figura 01 e 02 (OSTRENSKY et al., 2008)

**Figura 01** - Tilapia nilótica



Fonte: Revista Globo Rural (2017)

**Figura 02** - Filé de tilápia



Fonte: Revista Globo Rural (2017)

A região Nordeste apresenta condições climáticas, principalmente, toda do vale do São Francisco é bastante propícia para a piscicultura devido à boa qualidade da água, boa oxigenação, menor amplitude térmica e temperaturas médias entre 25 e 27°C durante o ano, tais fatores climatológicos melhoram a conversão alimentar e diminuem o ciclo produtivo, quando comparadas às regiões cujo cultivo também é bastante desenvolvido como o sudeste (PENSA, 2008); hidrobiológicas, onde a região possui bom potencial para a produção de peixes em cativeiro, podendo tornar-se grande referência mundial nesse setor se tiver sua produção desenvolvida de maneira organizada, respeitando o meio ambiente e a realidade social e cultural dos envolvidos (APL-SE, 2011); e de infraestrutura por os reservatórios hidrelétricos do SBSF apresentarem as condições ideais para a prática da piscicultura, funcionando como grandes depósitos, devido a estes reservatórios estarem dispostos ao longo do rio São Francisco em forma de cachoeiras e pelo fluxo de suas águas acontecerem de forma constante e sua acumulação com breve tempo de residência. Isto só é possível com o manejo de comportas construídas pela Chesf e regulamentada pela Agência Nacional de Águas (ANA) para o controle da vazão do rio, conforme o período de estiagem e a necessidade da geração de energia elétrica. Os reservatórios do SBSF recebem geralmente águas turbinadas, advindas da geração de energia. Apenas no período de boa precipitação os reservatórios também recebem águas vertidas promovendo maior quantidade de oxigênio dissolvido e menor tempo de residência da água. Sendo assim, este ecossistema aquático represado funciona de forma peculiar, com características intermediárias entre rio e lago (Tenório, 2011), isto indica maior segurança para a produção de peixes de forma intensiva nessas águas adequadas para a exploração dessa atividade.

A Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF, 2008) estimula o investimento na piscicultura intensiva no Rio São Francisco para geração de emprego e renda no semiárido nordestino, principalmente através da consolidação de Arranjos Produtivos Locais - APLs (APL-SE, 2011). Estes APLs são formados na sua maioria por pequenos empreendimentos (PIZAIA et al., 2008). No município de Itacuruba o negócio da tilápia teve em 2015 um valor de produção de 5,7 milhões de reais (IBGE, 2015) e uma geração de 600 empregos diretos e indiretos, o equivalente a cerca de 30% da mão de obra disponível no município.

Atualmente todas as regiões brasileiras desenvolvem a piscicultura. O que revela a importância da atividade no Brasil e em especial no Nordeste, que ocupa a segunda posição na produção de peixes, logo atrás de região Sul, com uma participação de 20,9% na produção

nacional. Porém, quanto ao total do valor da produção em R\$ da mesma, descrito na Tabela 1, o Nordeste participa apenas com 16,8% da produção piscícola do Brasil (APL-SE, 2011).

**Tabela 1** - Produção estimada de peixes em toneladas e valor da produção em R\$ no Brasil e regiões.

<b>Brasil e Regiões</b>	<b>Total (t)</b>	<b>Total (R\$)</b>
<b>Brasil</b>	<b>209.812,00</b>	<b>772.418.700,00</b>
Norte	26.138,00	112.856.350,00
<b>Nordeste</b>	<b>43.915,50</b>	<b>129.528.500,00</b>
Sudeste	35.214,00	133.788.400,00
Sul	64.483,50	249.535.100,00
Centro-Oeste	40.061,00	146.710.350,00

Fonte: IBAMA (2007)

## 2.2 RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO CONDICIONANTE DE SOLOS

Para manter o solo com os nutrientes em equilíbrio, a agricultura sustentável procura aproveitar os processos e principalmente os recursos de origem biológica, para obter fertilizantes. Os biofertilizantes é o produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando sua produtividade, sem ter em conta seu valor hormonal ou estimulante, fornecendo nutrientes naturais para as culturas e para os microrganismos, com custos de produção baixíssimos, que permitem reduzir os gastos com produtos químicos entre 50 e 80% (ROSA, 1998).

Dentro do conceito de qualidade do solo, a Matéria Orgânica do Solo (MOS), tem sido reconhecida como um dos mais importantes atributos (DORAN; PARKIN, 1994).

A MOS influencia diretamente os processos físicos, químicos e biológicos do solo. Fatores como, por exemplo, o pH, a capacidade de troca iônica e estrutura do solo (ZECH et al., 1997), também podem contribuir de forma indireta para o sequestro de carbono da atmosfera (BAYER et al., 2000; GLATZELA et al., 2003), podendo ter efeito também na atividade microbiana e na estabilidade de agregados (BALESDENT et al., 2000, KALBITZ et al., 2003).

A matéria orgânica é um dos principais indicadores da qualidade do solo e sustentabilidade agrícola de determinado manejo empregado, devido ao seu impacto em outros indicadores físicos, químicos e biológicos do solo (LARSON; PIERCE, 1991; REEVES, 1994). A matéria orgânica tem um papel vital na manutenção da fertilidade do solo e no aumento da produtividade, na estabilidade e sustentabilidade do ecossistema natural e

agrícola (MENDONÇA; LOURDES, 2005). Ela está relacionada com diversas características do solo que definem o seu potencial produtivo e a sua erodibilidade, tais como tamanho e estabilidade dos agregados, capacidade de armazenamento e infiltração de água no solo, densidade do solo, lixiviação, biomassa e atividade microbiana, mobilização de substâncias tóxicas, solubilização de nutrientes das partículas dos solos, além de ser uma fonte de macro e micronutrientes para os vegetais (PAVAN; CHAVES, 1998).

Para aumentar a fertilidade do solo, é comum a adição de matéria orgânica na forma de esterco animal e adubação verde (LOPES, 1998), bem como o aproveitamento de lodos e efluentes (SILVA et al.; 2001). O resíduo gerado na produção animal é de grande utilidade para fins agrícolas, quer como condicionante das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, em virtude de seu conteúdo de material orgânico, quer como fonte de nutrientes para as plantas cultivadas, em virtude de sua composição química (LIMA; GONÇALVES, 1999).

O impacto alcançado com o uso dessa prática é dependente das condições de clima, fertilidade e estrutura do solo, manejo do solo e manejo, quantidade e qualidade dos lodos adicionados (MORAES et al.; 2002; REINERT et al., 2006).

### **2.2.1 Sedimentos da produção de tanques escavados**

A piscicultura é uma atividade que utiliza a combinação entre elevadas densidades de estocagem de peixes e altas taxas de alimentação. A importância do alimento natural em sistemas de produção com o uso de rações suplementares ou completas, visam um aumento na produtividade e melhora na conversão alimentar. Os piscicultores e nutricionistas devem estar atentos para ajustar a densidade dos nutrientes nas rações e o manejo alimentar em função do sistema de cultivo adotado, otimizando a produtividade e minimizando os custos de produção, que deterioram a qualidade da água dos tanques escavados de cultivo, produzindo um ambiente rico em nutrientes e sólidos suspensos, compostos principalmente por fitoplâncton e zooplâncton, restos de ração e matéria fecal, aumentando assim a Demanda Química de Oxigênio (DQO) (ZANIBONI FILHO, 1997) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

Segundo Mizanur et al. (2004) essas acumulações excessivas de matéria orgânica (MO) provoca maiores oscilações de temperatura na água, acelera a proliferação de macrófitas e aumenta a atividade microbiana. Em função disso, a produção de alevinos em tanque-escavados, com elevada produtividade, tem como consequência direta a maior demanda de oxigênio dissolvido com possível déficit no balanço de oxigenação (OSTRENSKY et al., 2008).

A principal origem dos sedimentos acumulados não poderia ser explicada através da água afluyente e das entradas naturais de materiais orgânicos, pois não foram grandes fontes quando medições temporais de densidade a granel de sedimentos foram realizadas para verificar a importância relativa de cada origem nas estimativas desses sedimentos acumulados. Nutrientes liberados durante a mineralização das entradas de materiais orgânicos adicionados enriquece o sedimento acumulado, especialmente com nitrogênio (MUENDO, 2006).

Os insumos orgânicos (ração e adubo) foram quantificados diariamente até o final do ciclo (sistema semi-intensivo) e sua contribuição para a acumulação de sedimentos foi estimada com base nos seguintes pressupostos: (i) consumo de material orgânico (estrume) por peixe é mínima e a maior parte da entrada deposita-se no sedimento (HARGREAVES, 1998); (ii) em tanques de suplementação alimentar, 15% da alimentação oferecida não é consumida (BOYD; TUCKER, 1995) e 30% do alimento ingerido são excretados na forma de fezes (PORTER et al., 1987) e (iii) 50% da cultura diária do fitoplâncton geram sedimentos (SCHROEDER et al., 1991). A adição de estrume é para estimular a cadeia alimentar natural dos alevinos e juvenis (fitoplacton e zooplacton).

Para estimar a parte da sedimentação a partir da coluna de água, cuja produtividade primária foi estimada, utilizou-se o método mensal água livre (HALL; MOLL, 1975). O sedimento acumulado é rico em nitrogênio, potássio trocável e matéria orgânica, portanto, tem um elevado potencial como fonte de nitrogênio e potássio, e de ser um condicionador do solo. O declínio quantitativo de fósforo disponível nos sedimentos sugere que o fósforo residual no sedimento do fundo de viveiros pode estar em formas não disponíveis (MUENDO, 2006).

Do ponto de vista de gestão, a acumulação de sedimentos é uma ameaça, tendo em vista que o acúmulo deste sedimento é uma ameaça pelo acúmulo de minerais (NPK) que vai sendo depositado no fundo dos tanques escavados diminuindo seu volume gradativamente e para isso, deve-se ser retirado, tratados e reutilizados de forma consciente para não causar danos ao meio ambiente (BOYD et al.; 2002).

Além dos impactos nos próprios sistemas de criação, tem-se o impacto ambiental, uma vez que estes sistemas geram efluentes e águas de má qualidade são devolvidas ao ambiente. Quando comparados com os efluentes domésticos, estes apresentam grande volume com baixas concentrações de nutrientes (FOLKE et al.; 1994). Porém, o seu lançamento contínuo nos ecossistemas aquáticos pode provocar a eutrofização artificial com impactos negativos sobre a biodiversidade local (IWAMA, 1991; BEARDMORE et al.; 1997).

Para manter volumes desejados dos tanques escavados e um ambiente propício para o crescimento dos peixes, os sedimentos acumulados precisam ser removidos periodicamente (BRIGGS; FUDGE-SMITH, 1994; JAMU; PIEDRAHITA, 2001; BOYD et al., 2002). Portanto, a gestão dos sedimentos removidos de tanques escavados torna-se uma preocupação científica. Descarte de sedimentos de tanques escavados para sistemas naturais representa uma ameaça ambiental (BRIGGS; FUDGE-SMITH, 1994; SMITH, 1996) e é um desperdício de nutrientes valiosos (LIN; YI, 2003).

Segundo Muendo (2006) até 173 toneladas de sedimento do fundo,  $\text{ha}^{-1}.\text{ciclo}^{-1}$ , podem acumular-se nos tanques de produção de tilápia semi-intensiva. É fundamental a adoção de Boas Práticas de Manejo (BPM), que podem ser evidenciadas nos nutrientes e sólidos em suspensão contidos nos efluentes gerados, anualmente, em produção de cultivo em viveiros, em um sistema semi-intensivo ( $455 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$  de nitrogênio,  $238 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$  de fósforo e  $196.000 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$  de sólidos em suspensão). No caso de sistemas de produção intensivos os valores podem ser até três vezes maiores, ponderou Ostrensky (2002).

Paez-Osuna et al. (1999) verificaram que 47,2% da entrada de fósforo em sistema de produção de tilápia foi absorvido pelos sedimentos em viveiros e Martin et al. (1998) constataram que até 38% da quantidade total de nitrogênio é acumulada no lodo. Segundo Macedo (2007) as BPMs na construção e manutenção dos viveiros têm como ênfase entre outras ações usar o lodo acumulado no fundo dos viveiros para reparos dos taludes dos próprios viveiros e para condicionante de solos.

### **2.2.2 Nutrientes dos sedimentos dos tanques escavados**

Na aquicultura os animais acumulam entre 5% e 40% de nutrientes da alimentação (carbono, nitrogênio, fósforo). A média da retenção de nutrientes por peixes e camarão, calculada a partir de dados publicados, é de 13% em carbono, 29% de nitrogênio e 16% de fósforo (BERALDO et al, 2003).

O acúmulo de carbono, nitrogênio e fósforo, como uma fração da composição de nutrientes nos solos dos viveiros de peixe, tem sido relatado por vários pesquisadores (EREN et al.; 1977; AVNIMELECH; LACHER, 1979).

A maior parte do nitrogênio (75%) e fósforo (80%) não absorvido em peixe capturado foi encontrada no fundo do tanque (AVNIMELECH; LACHER, 1979). O carbono orgânico (CO), em grande medida, foi consumido pela respiração e lançado como  $\text{CO}_2$ . O acúmulo de

carbono orgânico nos sedimentos foi em torno de 25% deste como ingrediente adicionado na ração (AQUACULTURE, 2003).

Estima-se que 26% do nitrogênio e 24% do fósforo aplicado como alimentação são acumulados nos sedimentos de viveiros de criação intensivos (LIN e NASH, 1996). Foi avaliado que os sedimentos acumulados oriundos da alimentação contêm em torno de 24% de nitrogênio e 84% do fósforo (FUNGE-SMITH; BRIGGS 1998).

Conforme Paez-Osuna et al.; 1997 em uma produção de camarão semi-intensiva, nos sedimentos acumulados foi detectado 63,5% do fósforo adicionado ao processo. Neste contexto, foi verificado também por PAEZ-OSUNA et al.;1999 que 47,2% da entrada de fósforo foi absorvido pelos sedimentos nos tanques, enquanto Martin et al.; (1998) constataram que até 38% da quantidade total de nitrogênio são acumulados nos sedimentos.

Segundo Munsiri et al.; 1996 foi observado uma maior concentração de nutrientes em sedimentos mais velhos em comparação com tanques mais recentes. Ritvo et al. (1998) observaram que as concentrações de vários elementos no sedimento (lodo) aumentaram durante o ciclo de crescimento em viveiros de camarão. Determinaram que as concentrações de C, N, Mg, K, Na e B aumentaram rapidamente em novos viveiros, atingindo níveis máximos em cinco ciclos consecutivos de produção. As concentrações de S, P e Zn nos sedimentos continuaram a aumentar. O pH do solo diminuiu acentuadamente após um ciclo de crescimento, mas ficou estabilizado (RITVO et al., 1997a).

Smith (1996) constatou que 70-80% dos sedimentos acumulados em viveiros de camarão eram constituídos de uma mistura de minerais: quartzo, caulinita e mica-ilita, 5-10% de ferro amorfo, alumínio e silício, 5-10% de matéria orgânica e de compostos voláteis, e não encontraram uma relação entre a acumulação de sedimentos e fatores como a entrada orgânica, manejo de viveiro ou a produtividade.

Hopkins et al. (1994), trabalhando em tanques forrados com plástico, sugeriram que as fontes dos sedimentos acumulados em um tanque são restos de comida, fezes, plâncton em decomposição, detritos transportados por via aérea, solo erodido e microrganismos.

Smith (1993) verificou que os sedimentos acumulados em viveiros de camarão continham grandes quantidades de sílica e que as diatomáceas estavam em uma parte significativa dos sedimentos. As diatomáceas são protistas unicelulares com frústula silicosa e cada frústula é formada por duas valvas, ligeiramente desigual (a menor das valvas encaixa-se na maior). As diatomáceas servem de alimento para pequenos crustáceos e para larvas de invertebrados e peixes. Os registros mais antigos são de diatomáceas marinhas do Cretáceo, mas hoje são encontradas em vários ambientes aquáticos e até semi-aquáticos, como em solos

úmidos e presas a vegetais ou árvores (epífitas). A frústula das diatomáceas é que fica preservada em sedimento, podendo formar até mesmo um diatomito, rocha rica em diatomáceas (ARMSTRONG; BRASIER, 2005).

Na agricultura o diatomito é usado como inseticida porque absorve a película protetora que envolve o corpo dos insetos e serve para aumentar a aeração de solos, reduzindo sua compactação e permitindo maior fluxo de água e ar, o que favorece o crescimento das raízes e a transferência de nutrientes. A falta de documentação científica sobre os aspectos quantitativos e qualitativos de sedimentos dos viveiros dificulta a adoção mais ampla e promoção do uso de sedimentos de viveiros na agricultura (LIN; YI, 2003).

### **2.2.3 Solo e reuso da matéria orgânica**

O solo é um capital natural finito, não renovável no curto prazo, e a produtividade biológica que ele gera é utilizada em primeiro lugar pelas pessoas para a produção de alimentos, daí a degradação da terra ter um impacto direto sobre a produtividade agrícola (CHASEK, et al.; 2014).

O solo é um reservatório de água para as plantas, e todas as práticas de manejo de água em agricultura visam à manutenção de seu nível em condições ideais para o desenvolvimento das culturas (REICHARDT, 1988). A capacidade dos solos de sustentar o crescimento de plantas e das atividades biológicas é função das propriedades físicas (entre elas a retenção de água), químicas e biológicas. A disponibilidade de água é o fator dominante relacionado com o crescimento de plantas, pois além do seu efeito direto também afeta a resistência mecânica, a aeração e a temperatura do solo (PEDROTTI et al., 2001).

Segundo Bertoni et al. (1990), tal como a agricultura, a erosão tem a sua raiz no passado, e seus processos são regionalmente interdependentes porque muitos deles foram estabelecidos pela introdução de novas culturas e novos métodos de cultivo.

A exploração intensiva de áreas com agricultura ou pecuária familiar de subsistência no semiárido normalmente levam à degradação do solo, representada pela queda na fertilidade e pela intensificação dos processos erosivos. Resíduos orgânicos de baixo custo podem ser usados como uma tecnologia alternativa para a agricultura nessas áreas, que deve estar alicerçada a uma preocupação socioambiental e a modelos tecnológicos que promovam o desenvolvimento econômico e social (AZEVEDO, 2002).

A matéria orgânica acumulada no sedimento de ambientes aquáticos pode melhorar a condição do solo agrícola, através do aumento da capacidade de retenção de água, aeração e estabilidade na produção de frutas e hortaliças (MILLER; DONAHUE, 1990).

Os sedimentos são ricos em matéria orgânica, nitrogênio e potássio e acumulam-se nos tanques de peixes durante a cultura (BRIGGS; FUNGE-SMITH, 1994; HOPKINS et al.; 1994; KROM et al.; 1985; SMITH, 1996; JAMU; PIEDRAHITA, 2001; BOYD et al.; 2002), podendo posteriormente ser reusados de outra forma, principalmente na agricultura.

### 2.3 GESTÃO DOS RESÍDUOS GERADOS DE TANQUES ESCAVADOS NO SEMIÁRIDO

A gestão sustentável da terra afeta uma variedade de tópicos, áreas de necessidade e atores relacionados. A proteção da viabilidade e sustentabilidade das soluções é assegurada por uma gestão do conhecimento inter e transdisciplinar. Esta gestão garante que conhecimentos integrados de várias disciplinas sejam orientados para o problema e também, o conhecimento prático esteja envolvido no desenvolvimento de estratégias e implantação de ações relevantes.

As diferentes atividades de um negócio com suas características, recursos tecnológicos e financeiros específicos, devem contribuir para um resultado comum: o lucro. Para um melhor desempenho, essas áreas necessitam de uma linguagem compreensível para que o negócio possa caminhar como um todo, estabelecer essa linguagem e trabalhar para que os planos definidos sejam alcançados. Essa responsabilidade diz respeito, também, a uma variável atualmente considerada estratégica na condução dos negócios: aquela relativa ao meio ambiente, aos aspectos ecológicos (FERREIRA, 1998).

Segundo o Anuário Brasileiro (2014), no contexto da aquicultura brasileira, a evolução da realidade indica franca expansão como atividade econômica que vai se estruturando, com maior adoção de tecnologias em um processo de produção intensiva.

#### **2.3.1 O meio ambiente e os impactos gerados na produção em tanques escavados**

A tendência atual traz a gestão ambiental como uma alternativa que vem ao encontro dos interesses socioeconômicos da humanidade, e, envolve cada vez mais o segmento empresarial, pois passou a ser vista pelas organizações, mais como geradora de lucros do que

de custos, e ainda está ligada diretamente à sustentabilidade (REVISTA EM AGRONEGÓCIO E MEIO AMBIENTE, 2014).

Historicamente, o agronegócio sempre se apresentou como um setor voltado para a exploração dos recursos naturais (clima, solo, matéria-prima, etc) de um território, com preocupações menores em relação a outros fatores, como o desempenho produtivo e a preservação ambiental. No entanto, mudanças tecnológicas, econômicas, sociais e políticas ocorridas ao longo da história evidenciam claramente o aumento da importância desses e outros fatores para o sucesso deste setor (GARCIA, 2005).

Quando decide instituir uma área responsável pela gestão do meio ambiente, a instituição espera que ela possa contribuir positivamente para seu resultado global. A criação dessa área deveria ser o resultado da percepção de como as questões sociais, políticas e econômicas diretamente ligadas ao meio ambiente estão afetando esse resultado (FERREIRA, 1998).

O fato de uma empresa poluir não é necessariamente suficiente para ela decidir cuidar do meio ambiente. Esse fato está ligado a outros, por exemplo, se existem restrições legais para a existência dessa poluição; se essa poluição está causando prejuízo a terceiros, que podem solicitar indenizações; se começa a haver restrições de mercado sobre os produtos fabricados por ela, que poluam o meio ambiente ou, quando não houver restrição legal para a comercialização do produto fabricado que polui, pode haver restrição da própria sociedade que, por conscientização, deixa de comprar determinados produtos que afetam negativamente os sistemas ecológicos (FERREIRA, 1998).

O relatório Brundtland (WCED, 1987) é considerado o alerta inicial para a mudança de mentalidade sobre a sustentabilidade do planeta. A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) declarou os anos 2005 a 2014 como a década para a educação do desenvolvimento sustentável.

Segundo Rafiee e Saad (2005) na produção intensiva da tilápia com a aceleração e intensificação dos ciclos de nutrientes que fluem nos sistemas são gerados impactos ambientais afetando tanto a qualidade da água como a formação de lodos sedimentados no caso da produção em tanques escavados.

De acordo com a NBR 10.004/2004 quanto à origem, os resíduos sólidos podem ser classificados em domiciliares, comerciais, públicos, industriais, hospitalares e de saúde, aeroportos, portos, terminais rodoviários, terminais ferroviários, agrossilvopastoris e de construção civil. Os resíduos sólidos também são classificados de acordo com sua

periculosidade à saúde humana e ao meio ambiente. Esta classificação está baseada no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº 12305/2010.

Conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos agrossilvopastoris são os produzidos nas atividades de agricultura, pecuária e silvicultura, e podem ser divididos em: orgânicos - originados nas sobras de biomassa das colheitas e das criações de bovinos, suínos, aves e outros animais; inorgânicos – tratam das embalagens produzidas nos segmentos de agrotóxicos, de fertilizantes e de insumos farmacêuticos veterinários, incluindo os resíduos sólidos domésticos (RSD) oriundos do âmbito rural.

### **2.3.2 Análise de cadeia de produção no agronegócio**

Segundo a visão de gerenciamento de cadeia de produção ou cadeia de valor, é preciso que o gestor veja sua empresa apenas como um elo de uma cadeia de empresas - a cadeia de valor – que executa as atividades relevantes necessárias para disponibilizar produtos e serviços ao consumidor final (MIRANDA, 2002).

Cadeia de produção é o conjunto de atividades executadas para produzir e entregar um produto ou serviço aos consumidores finais. Esse conjunto de atividades inclui desde a produção ou extração de matérias-primas básicas, seu processamento, transporte, armazenagem e distribuição, até a entrega aos consumidores (MIRANDA, 2002).

Segundo a obra *A Concept of Agribusiness*, de Davis e Goldberg (1957), o conceito de *agribusiness* ou agronegócio designa a organização de cadeias agropecuárias, industriais e de serviços mantenedoras de sinergias de caráter tecnológico, comercial e econômico. A matéria-prima do agronegócio é oriunda do setor agropecuário compreendendo os seguintes aspectos:

- formação de cooperativas de produtores;
- análise do mercado consumidor de insumos e implementos, correlacionados à matéria prima da cadeia produtiva;
- obtenção de conhecimentos por parte de novos modelos de agricultura irrigada, produção de insumos, bens e serviços para a produção agrícola, processo industrial, comercialização e consumo;
- plantio e colheita utilizando implementos agrícolas;
- processamento industrial;
- controle de qualidade;
- venda do produto para mercado interno e externo.

A visão de cadeia de valor nasceu a partir da constatação de que, para sobreviver de forma competitiva, a organização deve gerenciar suas atividades ciente de que pertence a uma cadeia de atividades que transcende as barreiras legais que definem (visão legalista que define a pessoa jurídica ou física) e que, dependendo da maneira como se relaciona com as demais empresas que executam as atividades relevantes da cadeia, a organização pode construir uma cadeia de valor ou, em outros termos, uma cadeia de produção eficiente. É necessário que as atividades das empresas que compõem a cadeia de valor sejam organizadas de forma eficiente e competitiva em relação às outras que competem pelo mesmo consumidor final. Ante o exposto é relevante a controladoria empresarial, afinal, ser uma instituição bem-sucedida não basta, é preciso estar em uma cadeia de valor bem-sucedida (MIRANDA, 2002).

Conforme Amorim (1998), *Cluster* é um conjunto numeroso de empresas, pequenas e médias, operando em regime de intensa cooperação, onde cada uma das firmas executa um estágio do processo de produção. O termo “cluster” é utilizado com o objetivo de se ligar os ganhos econômicos às empresas aglomeradas, enquanto alguns autores relacionam a Arranjo Produtivo Local (APL) a ganhos que transcendem retornos econômicos, como formação de capital social, entre outros. No entanto, cada vez mais os pesquisadores estão usando APL em substituição a “cluster”, mesmo porque é quase impossível que ganhos econômicos não resultem em ganhos não econômicos. Portanto, neste trabalho, as empresas de agronegócio se cooperam passando a existir uma sinergia e ganho em escala, podendo ser aplicado o conceito de Arranjo Produtivo Local (APL) para identificar as empresas que compõe a cadeia de produção.

No processo de gestão quando este é apoiado na análise multicritérios os aspectos econômicos, sociais, técnicos e naturais são considerados interligados e contíguos apresentando um grau de ordem nas relações e interações entre estes aspectos que podem ser definidos como elementos. Então se distinguem elementos naturais e técnicos, atores e símbolos (normas, leis, conceitos, regulamentos). Isso pode ser em relações dirigidas, aleatórias ou não (sem direção e sem explicação) ou conflituosas. Os atores lidam com prioridades conflitantes resultantes das suas responsabilidades sociais por um lado, e considerações de viabilidade econômica, por outro lado. A cadeia de valores tem aspectos subjetivos caracterizados por inseguranças e lacunas de conhecimento que não podem ser completamente eliminados pelo conhecimento científico. No entanto, a política e a administração devem chegar a decisões que não podem ser derivadas apenas e diretamente dos resultados científicos. De forma genérica, os riscos e os problemas podem ser vistos como construções sociais, que não existem de forma objetiva. O conflito exemplar entre o uso

eficiente da terra e a proteção natural mostra a existência de raciocínio específico do ator (ELAN, 2012)

### **2.3.3 Tecnologias na produção de adubos organo-mineral**

O mercado de fertilizantes organominerais cresceu a uma taxa média de 10 % ao ano na última década no Brasil. Estima-se que em 2009 foram produzidas e comercializadas cerca de 3,5 milhões de toneladas de fertilizantes organominerais, a partir de matérias-primas como esterco, turfa, resíduos da indústria sucroalcooleira, farinhas de ossos e sangue, tortas diversas, e resíduos agroindustriais. A maior parte desta produção é comercializada na forma de farelo ou em pó, e o consumo é concentrado praticamente ao setor da olericultura, fruticultura, culturas perenes e floricultura (ABISOLO, 2010).

A matéria orgânica é um componente fundamental da capacidade produtiva dos solos, devidos aos efeitos já mencionados e pela melhoria das condições do solo que por sua vez, favorecem a atividade da biomassa microbiana. Desse modo, a adoção de práticas de uso e manejo do solo deve levar em consideração, entre outros aspectos, os efeitos dos teores de matéria orgânica dos solos (LOPES; GUILHERME, 2007; BAYER; MIELNICZUK, 2008).

Os fertilizantes orgânicos são os adubos mais antigos empregados na agricultura, provenientes de resíduos de origens animal e vegetal. Já os adubos químicos ou minerais são os que passam por processamento industrial. A mistura entre esses dois tipos de fertilizantes dá origem aos adubos organominerais (CIANCIO, 2010).

A agricultura brasileira cresceu bastante nos últimos anos e, atrelado a esse crescimento, houve aumento no consumo de fertilizantes fosfatados. Mais de 99% dos fertilizantes fosfatados são produzidos a partir de reservas de rochas fosfáticas e apenas uma quantidade muito pequena é fornecida na forma de escórias básicas originadas como um subproduto da indústria do aço. Um dos pontos de maior preocupação em relação aos recursos mundiais de rochas fosfáticas refere-se à possível longevidade de exploração das jazidas face à crescente demanda desse recurso natural (YAMADA; ABDALLA, 2004).

Segundo Ciancio, 2010, no Brasil, a fabricação de fertilizantes organominerais iniciou-se após sua incorporação na legislação brasileira, através do Decreto nº 86.955 de 18 de fevereiro de 1982 (BRASIL, 1982), sendo posteriormente atualizado no Decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004 (BRASIL, 2004). Esses fertilizantes poderão conter no máximo 25% de umidade, no mínimo 8% de carbono orgânico, capacidade de troca catiônica (CTC) mínima de 80 mmolc kg<sup>-1</sup> e soma de nutrientes primários (N, P e K) mínima de 10% (BRASIL, 2009).

Os fertilizantes organominerais têm como objetivo aumentar o teor de nutrientes dos materiais orgânicos e a eficiência dos fertilizantes minerais (NOVAIS et al., 2007). Santos et al. (1996) avaliaram o efeito da utilização de torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel na cultura da cana-de-açúcar e concluíram que essa associação organomineral proporcionou aumento nos teores de sólidos solúveis, de açúcares redutores totais e de sacarose nos colmos, sendo que melhores resultados foram obtidos pela combinação 2,6 e 2,7 t.ha<sup>-1</sup> de torta de filtro associado a 160 e 190 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

Teixeira et al. (2011) e Scaramuzza et al. (2011) verificaram incremento de 20% na produção de matéria seca em plantas de milho e soja, respectivamente, quando utilizou-se fertilizante organomineral comparativamente com uma fonte mineral, confirmando resultados observados por Grohskopf et al. (2011).

Os fertilizantes organominerais, comparativamente aos fertilizantes minerais, têm como vantagem o fato de serem formados com resíduos que são passivos ambientais de outros sistemas de produção, em consonância com a atual Política Nacional de Resíduos Sólidos, valorizando o reaproveitamento e a agregação de valor aos resíduos sólidos, pois os fertilizantes organominerais são produzidos pela associação entre fontes orgânicas (frutas, dejetos de animais e compostos orgânicos) e fontes minerais (fertilizantes solúveis e agrominerais). A utilização de adubação organomineral reduz as emissões de gases de efeito estufa, representando ganhos ambientais em relação ao uso dos resíduos *in natura* (JUNEK et al., 2014).

O uso desses resíduos para a produção de fertilizantes organominerais pode eliminar imediatamente 50% do passivo ambiental gerado pelos mesmos, e até 2020, com a ampliação da capacidade instalada para produção desse tipo de fertilizantes, pode-se chegar a amenizar o passivo ambiental das atividades de avicultura e suinocultura em até 80%. Para tanto, espera-se aumento da produção nacional de fertilizantes de base orgânica, principalmente devido ao maior consumo de fertilizantes organominerais, de 6,3 para 12 milhões de toneladas por ano até 2015 e para 20 milhões de toneladas por ano até 2020 (FERTBIO, 2010).

Diferentemente do sistema de produção de fertilizantes minerais, que exige grandes investimentos e instalações de grande porte, o setor de fertilizantes organominerais se enquadra em arranjos produtivos locais, associando-se a outros sistemas de produção, podendo ser uma alternativa para empresas de pequeno e médio porte. Esse modelo industrial normalmente gera mais empregos diretos que as grandes indústrias de fertilizantes. Nesse sentido, o Ministério da Agricultura preparou o Plano Nacional de Fertilizantes em que são

sugeridas medidas de incentivo às pequenas e médias empresas regionais para a produção de fertilizantes organominerais (FERTBIO, 2010).

Conforme Gittinger (1984) em “Análisis Económico de Proyectos Agrícolas”, a execução de um projeto está fundamentada em criar custos para bens de capital, capazes de produzir benefícios durante um período prolongado e de prestar-se logicamente para o planejamento, financiamento e execução de um empreendimento. Esta atividade constitui-se de um ponto de partida e um ponto final específico. Podendo produzir benefícios suscetíveis de valoração em termos monetários ou bens intangíveis.

Em relação às vantagens comparativas do fertilizante organomineral em relação ao uso de resíduos *in natura*, observa-se uma redução significativa das perdas de nitrogênio pelo uso de fertilizante organomineral em relação à aplicação superficial de resíduos de suínos e aves, uma vez que o enterro ou injeção do resíduo no sulco de plantio reduz a volatilização de amônia. Nessa mesma lógica, o uso de fertilizantes organominerais reduz as emissões de gases de efeito estufa, representando ganhos ambientais em relação ao uso dos resíduos *in natura* (FERTBIO, 2010).

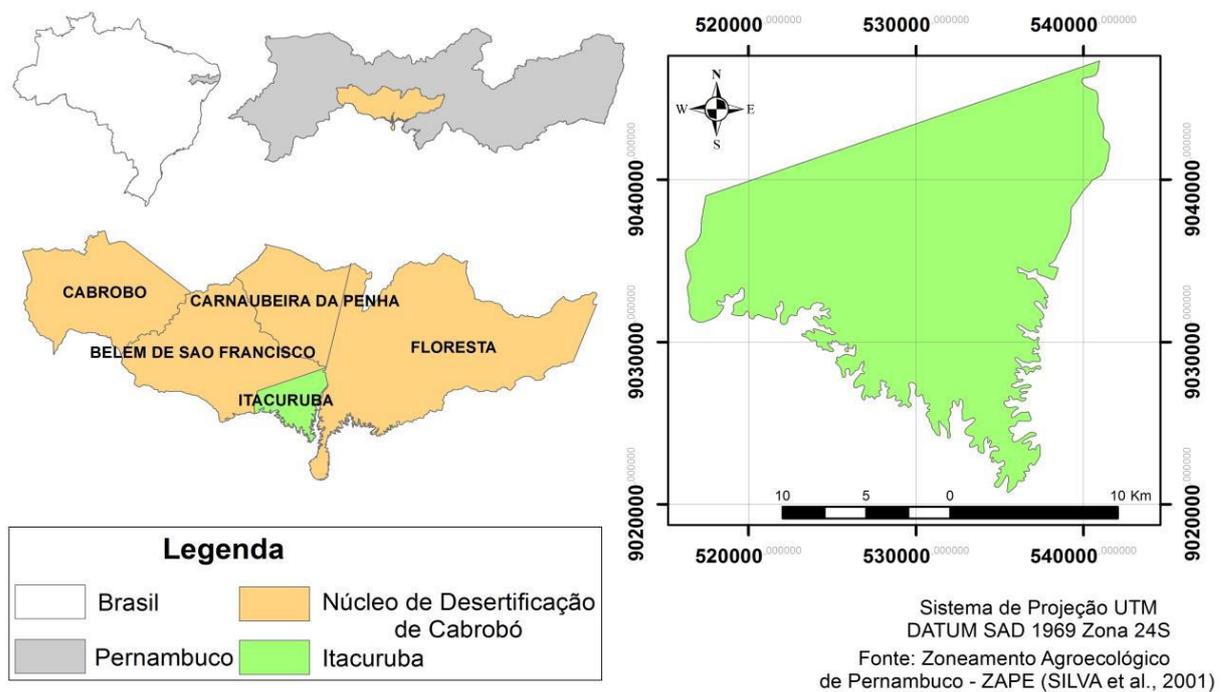
Comparativamente com os fertilizantes minerais, ainda faltam experimentos de campo de longa duração que permitam avaliar com maior precisão a eficiência relativa desse tipo de fertilizante. Os principais benefícios esperados são em relação à eficiência no fornecimento de fósforo. Teoricamente espera-se maior eficiência em relação ao fornecimento de fósforo, em função da presença de grande quantidade de ânions orgânicos nos grânulos de fertilizantes organominerais. Estes ânions orgânicos competem pelos sítios de adsorção de P, abundantes em solos tropicais, reduzindo momentaneamente a fixação desse nutriente, favorecendo a absorção pelas plantas. Espera-se ainda, aumento da atividade microbiana no entorno da área de aplicação do fertilizante organomineral devido ao fornecimento de energia para os microrganismos pela matéria orgânica contida no fertilizante. Efeitos adicionais sobre o crescimento de raízes, promovidos por compostos orgânicos presentes no fertilizante organomineral podem ocorrer, e essa é uma linha de pesquisa que merece especial atenção por parte dos órgãos de pesquisa (KONZEN, 2000).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Itacuruba que está nos domínios da macro bacia hidrográfica do Rio São Francisco, da bacia hidrográfica do Rio Pajeú e do Grupo de Bacias de Pequenos Rios Interiores, com altitude média de 318 m, situado no sertão do submédio do Rio São Francisco, na depressão sertaneja, microrregião de Itaparica, Estado de Pernambuco. O trabalho foi desenvolvido na Vila do Coité às margens da barragem de Itaparica. Os tanques escavados usados para a criação de alevinos e juvenis de tilápias e de onde foram coletadas amostras de lodo sedimentado estão localizados tendo como ponto de referência as coordenadas geográficas: latitude  $8^{\circ}80.6'68''$  (Sul) e longitude  $38^{\circ}73.7'22''$  (Oeste) conforme apresentado nas Figuras 3,4 e 5.

**Figura 3** - Localização geográfica de Itacuruba - PE



Fonte: BARBOSA NETO, 2016.

O município de Itacuruba está inserido na unidade geambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona com relevo predominantemente suave-

ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas. Elevações residuais, cristas e/ou outeiros pontuam a linha do horizonte. Esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino.

O município de Itacuruba, no semiárido nordestino, com 4,5 mil habitantes, é resultado do reassentamento realizado devido à construção da barragem de Itaparica no Rio São Francisco em 1988 (BRASIL, 1998b). Figueiredo (2011) descreveu a vulnerabilidade social da população rural devido ao abrupto reassentamento, 28 anos depois, com um Índice de Desenvolvimento Humano muito baixo e uma incapacidade geral de encontrar oportunidades de desenvolvimento adequadas. Um clima semiárido, com secas periódicas e prolongadas, bem como solos rochosos superficiais, predomina na região, onde a paisagem local é predominantemente uma vegetação aberta de arbustos espinhosos baixos que deixam cair sua folhagem na estação seca (RODAL; SAMPAIO, 2002). A agricultura de subsistência para culturas alimentares é praticada em baixo nível tecnológico, atingindo rendimentos baixos e erráticos (VIEIRA et al., 2013). A segurança alimentar da população é ainda um desafio nesta área com uma base muito pobre em recursos naturais (SAMPALIO et al., 2005).

A barragem de Itaparica, situada no semi-árido nordestino, é fruto do crescimento econômico devido à necessidade de atender a demanda energética deste crescimento econômico e ao mesmo tempo, desenvolvendo ações antrópicas geradas por modificações relevantes no meio ambiente ocasionadas para atender o crescimento sócio-econômico do município. Por outro lado, há um imenso mar de água em Pernambuco, que poderá ser aproveitada, aqui nas barragens que vão de Itaparica a Paulo Afonso, como fonte de alimento e geração de ocupação e renda para o povo do sertão. Água redentora, geradora e impulsionadora do desenvolvimento que por ora passa ao longo dessa região. Esse enorme potencial, se utilizado racionalmente, poderá tornar o Estado de Pernambuco grande exportador de peixe e, diante do exposto, a PREFEITURA MUNICIPAL DE ITACURUBA com a colaboração da Diocese de Floresta, COOPEVALE, Associação Santa Clara e Associação Santo Antônio vem desenvolvendo ações de geração de renda com jovens, através do associativismo, com a piscicultura. Iniciada no município de Itacuruba, com o apóio da Prefeitura e estendendo para outros municípios, como Jatobá e Petrolândia.

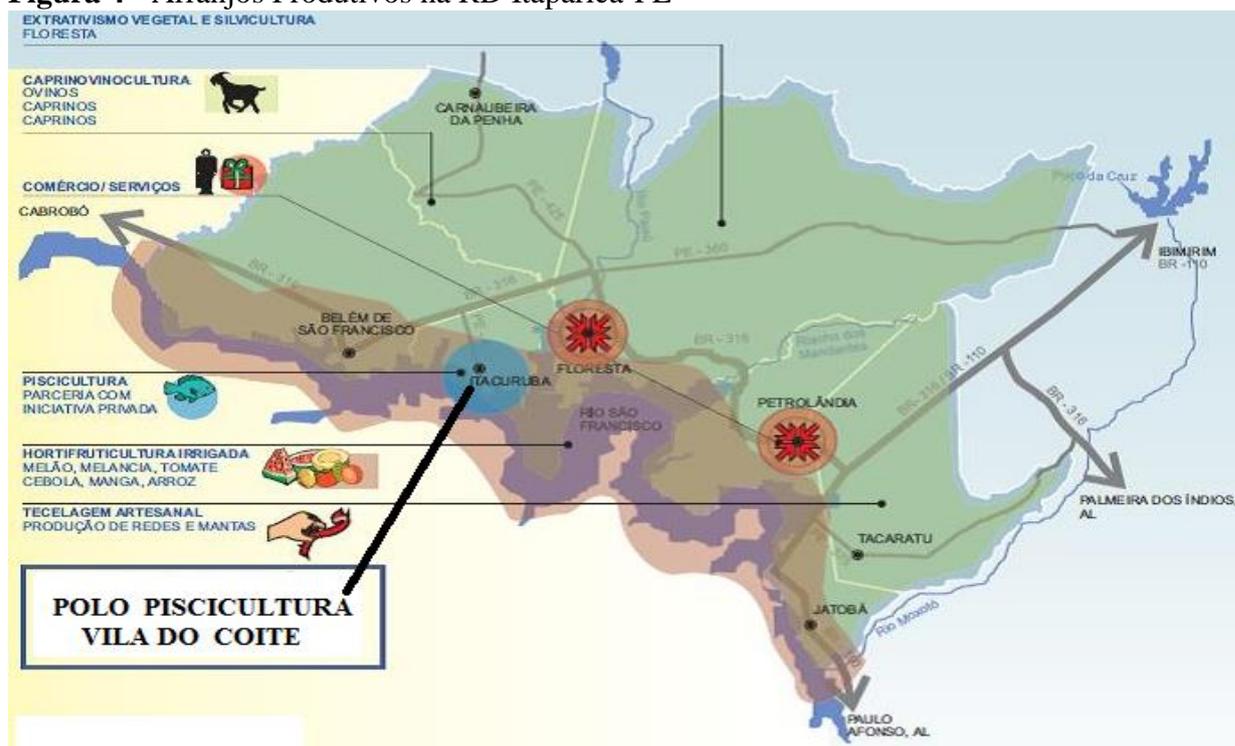
A falta de conhecimento quanto às limitações naturais do solo de uma determinada área, resulta na sua utilização de forma indiscriminada, o que favorece a sua degradação. Numa área de clima semiárido o incremento do processo erosivo devido à utilização indevida, aliada as condições climáticas, pode contribuir com aumento do risco de desertificação. A vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila possuindo um clima do tipo Tropical

Semiárido, com chuvas de verão. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril. Os solos da região são classificados como pobre em nutrientes com um teor considerado de sal. Aproximadamente 80% desse solo, apresentam baixa aptidão agrícola. A constituição destes solos ocorre da seguinte forma: os Planossolos, mal drenados, fertilidade natural média e problemas de sais; os Luvisolos, rasos com fertilidade natural alta; os Argissolos drenados com fertilidade natural média e os Neossolos Litólicos, rasos, pedregosos com uma fertilidade natural média (ARAÚJO FILHO, 2015).

A vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila. O clima é do tipo Tropical Semiárido, com chuvas de verão. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril (BELTRÃO et al., 2005). A classificação de Köppen-Geiger, do tipo BSs'h', ou seja, muito quente, semi-árido, tipo estepe, com estação chuvosa adiantada para o outono, entre janeiro e maio. As precipitações pluviométricas se distribuem com acentuada irregularidade, não só anualmente, como também mensalmente. A precipitação média anual é de 431,8 mm. A essas características associam-se médias térmicas anuais em torno de 26 °C e alta evaporação anual em torno de 2.385,6 mm (CPRM, 2005).

As Figuras 4 e 5, na sequência, mostram a localização do município de Itacuruba no Estado de Pernambuco, os arranjos produtivos da região de Itaparica em Pernambuco e a Vila do Coite no município de Itacuruba, respectivamente.

**Figura 4 - Arranjos Produtivos na RD Itaparica-PE**



Fonte: CONDEPE/FIDEM (2010)

**Figura 5** - Recorte geográfico da Vila do Coité- Itacuruba-PE



Fonte: ITEP (2012)

### 3.2 ESTUDO DE CASOS

Neste tópico serão abordados os casos referentes à qualidade dos resíduos, manejo e avaliação econômica do lodo dos tanques escavados.

#### 3.2.1 Estudo de Caso 1 - Qualidade do resíduo de tanques de produção de alevinos condicionante de solos no semiárido de Pernambuco: subsídios para gestão ambiental

O presente trabalho foi desenvolvido em um recorte da barragem de Itaparica denominado Vila do Coité, no Município de Itacuruba, situado no sertão do submédio do Rio São Francisco, microrregião de Itaparica, Estado de Pernambuco. O ponto central da área tem como coordenadas  $8^{\circ}80,6'68''S$  e  $38^{\circ}73,7'22''O$ , com altitude média de 318 m.

As amostras de resíduos do fundo de três tanques escavados conforme as coordenadas acima foram coletadas nos meses de novembro e dezembro de 2012, 20 dias depois do descarte da água dos tanques, após a produção de alevinos. Cada amostra final foi composta

de subamostras coletadas usando uma pá de PVC, num transecto em zig-zag, contendo dez pontos dentro do leito de cada tanque escavado, após cinco dias da despesca, até a profundidade de 10 cm. Amostras do resíduo de cada tanque foram homogeneizadas em um balde plástico de 10 litros e em seguida retiradas subamostras que foram acondicionadas em recipiente plástico de 500 g para as análises de laboratório. Todo o processo de coleta foi repetido três vezes em cada tanque, em datas diferentes, para que a amostra composta final de cada tanque fosse representativa das características de viabilidade do lodo.

Nas subamostras homogeneizadas do resíduo foram feitas as medidas de volume e depois elas foram pesadas e colocadas para secar em estufa a 65 °C, por 72 horas. Depois de secas, as amostras foram pesadas para a determinação da umidade, sendo em seguida destorroadas e trituradas em almofariz. Estas amostras foram submetidas à digestão sulfúrica e nitro-perclórica para caracterização química. Os métodos de análise utilizados seguiram os padrões oficiais para análises de fertilizantes, corretivos e inoculantes do Ministério da Agricultura (1997). Os parâmetros analisados nas caracterizações físicas e químicas das amostras do resíduo foram: matéria orgânica, umidade a 65 °C, relação carbono/nitrogênio e macronutrientes totais (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio).

### **3.2.2 Estudo de Caso 2 - Manejo de lodo de lagoas de peixes nas margens do reservatório Itaparica: uma alternativa para melhorar a produção agrícola**

Amostras de lodo foram coletadas em dois tanques escavados utilizados na produção de alevinos de tilápia, localizadas na Vila do Coité (8°80.6'68 "Sul e 38°73.7'22" Oeste, com altitude média de 318 m) nas margens do reservatório de Itaparica, município de Itacuruba, Pernambuco, região semiárida nordestina do Brasil. O tipo de clima local é BSh (clima árido, quente e seco), segundo a classificação de Köppen-Geiger, com precipitação média anual de 480 mm e temperatura média anual de 26 °C. A gestão dos dois tanques escavados foi semelhante, contendo o mesmo número de alevinos e recebendo o mesmo tipo e quantidade de alimento (os tanques escavados tinham os mesmos tamanhos e volumes de água).

Estes lodos foram coletados três dias após a remoção dos alevinos, que ocorre 60 dias após o início do povoamento dos tanques. Todos os lodos depositados no fundo das lagoas foram removidos, secos ao ar sob condições naturais ensolaradas, pesados e passados através de uma peneira de malha de 2 mm. A área inferior em cada lagoa foi medida para estimar as taxas de deposição de peso/área. As duas amostras compostas de lodo de cada lagoa foram preliminarmente analisadas, e com características semelhantes, foram uniformemente

misturadas. Embora os agricultores tenham informado que os antibióticos não são aplicados aos tanques escavados, amostras de lodo foram analisadas quanto a vestígios de antibióticos e outros produtos veterinários e nenhum desses resíduos foram detectados.

Foram coletadas amostras da camada superior de 0-20 cm de um solo classificado como Planossolo Háptico (EMBRAPA 2013) apresentando textura argilo-arenosa e representativa da região semiárida, em uma propriedade rural no mesmo município onde estão localizados os tanques escavados. A área onde foram colhidas amostras de solo foi cultivada com coco, recebendo regularmente palha de coco, estrume de aves e adubos químicos. As amostras de solo foram colhidas aleatoriamente em 15 pontos numa área de 40 m<sup>2</sup>, secas ao ar, misturadas numa amostra composta e peneiradas.

Um experimento em casa de vegetação usando vasos foi montado utilizando misturas com diferentes proporções de lodo e solo. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com cinco tratamentos T1 - 100% de solo, T2 - 25% de lodo e 75% de solo, T3 - 50% de lodo e 50% de solo, T4 - 75% de lodo e 25% de solo e T5 - 100% de lodo com cinco repetições por tratamento. Cada repetição foi composta por três vasos contendo uma planta por vaso. Cada vaso continha 5 kg da mistura de lodo-solo, também designada por substrato.

Uma muda de alface (*Lactuca sativa* L.) da variedade Solaris, recomendada para o cultivo de verão, tolerando altas temperaturas e com baixa sensibilidade à salinidade, foi transplantada para cada vaso. As plântulas foram cultivadas em um substrato contendo 34% de fibra de coco e 66% de húmus, e depois transplantadas para os vasos quando tinham duas folhas verdadeiras e uma altura de 10 cm. Os vasos foram regados duas vezes por dia para condicionar a umidade dos substratos a 80% da sua capacidade de retenção de umidade. As plantas foram colhidas 35 dias após o transplante, quando a formação da cabeça estava completa, separando a parte aérea e raízes. Logo após a colheita, o diâmetro do caule de cada planta foi medido com um paquímetro digital conforme a Figura 06.

A parte aérea de cada planta conforme Figura 07, foi pesada e seca em estufa a 65 °C e foi triturada em moinho Wiley utilizando uma peneira de malha de 2 mm. O material foi digerido com ácido sulfúrico a 360 °C e foram determinadas concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), seguindo a metodologia recomendada pela EMBRAPA (1999).

A quantidade total de N, P e K na parte aérea da planta foi calculada a partir da produção total de matéria seca multiplicada pela respectiva concentração. O teor de nitrogênio total (NT), fósforo total (PT) e potássio total (KT), pH, carbono orgânico (C), capacidade de retenção de umidade e densidade aparente também foram determinados nas amostras de

substrato antes e após o cultivo, de acordo com a metodologia recomendado pela EMBRAPA (1997).

**Figura 06** - Preparo para experimento na casa de vegetação.



Casa de vegetação CCB -UFPE

T	Composição
1	solo
2	25% (25% de SD + 75% S)
3	50% (50% de SD + 50% S)
4	75% (75% SD + 25% S)
5	Sedimento

Proporções (Sedimento+Solo)



Mistura



Composição do tratamento



Mudas Alface (*lactuca sativa*)



Colheita

Fonte: Elaborada pelo autor

**Figura 07** - Coleta para análise física, nutrientes, densidade e capacidade de retenção de umidade. Foram realizadas análises nas plantas e solo.



Medição do caule



Retirada da parte área



Pesagem e acondicionamento



Seca em estufa a 65 °C



Triturado em Moinho Wiley e Realizado análise N P K



Coleta substrato para análise N, P, K, Carbono, CRU e densidade aparente.

Fonte: Elaborada pelo autor

Os dados dos parâmetros avaliados foram previamente testados quanto à normalidade e homocedasticidade da variância e submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o software *Statistical Analysis System* (SAS). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade de erro.

### 3.2.3 Estudo de Caso 3 – Avaliação econômica e financeira do lodo gerado nos tanques escavados para uso agrícola como adubo mineral e organomineral

O objetivo deste estudo de caso três, esta fundamentada na avaliação da viabilidade econômica do lodo retirado dos tanques escavados para ser utilizado na composição dos adubos organominerais como fonte alternativa de nutrientes agrícolas para atender a produção e minimizar os impactos ambientais quando do uso de fertilizantes químicos usados na produção agrícola de pequenos e médios produtores.

O Delineamento da área produtora de alevinos na região de desenvolvimento de Itaparica foi realizado *in loco* e por intermédio da foto área como mostra a Figura 8A. As amostras coletadas para análise qualitativa e a pesagem do lodo seco para determinar a produção a cada ciclo após a despesca foram retiradas de dois tanques dessa área denominados VR4 e VR6 nos quais são desenvolvidos dois sistemas de produção diferentes.

**Figura 8** - Limites da área dos tanques escavados concedidos para uma cooperativa de produtores pela Prefeitura Municipal de Itacuruba com anuência da CHESF



Fonte: Itacuruba, 2013.

Nesta fotografia aérea citada acima, também são observadas áreas que foram concedidas para outras associações de produtores. A somatória das áreas destinadas a todas as associações é de 26 hectares. Os 16 hectares restantes concedidos para outras associações, entre elas, Associação dos Jovens Pescadores que foi organizada pela Diocese de Floresta-PE.

A área demarcada na Figura 4A em primeiro plano está concedida a Cooperativa dos Produtores do Vale do Itaparica - COOPVALE que foi fundada em 1999 pelos produtores da Vila do Coité mediante um acordo de concessão da Prefeitura Municipal de Itacuruba. Esta concessão permite o direito de exploração da atividade de criação de peixes em água doce.

A instituição vem explorando os tanques escavados com a produção de alevinos e juvenis de tilápia para os produtores de engorda de tilápia em tanques-rede da região de Itaparica (na represa, e no leito do rio) e de estados vizinhos. A produção de alevinos ocorre em ciclos de criação que duram, em média, de 60 a 63 dias e essa atividade tem como prática de manejo a retirada do lodo a cada ciclo como forma de prevenção, principalmente de doenças, para melhorar a produtividade nos lotes subsequentes.

Para evitar danos ambientais, o uso desse lodo como portador de nutrientes e como condicionante de solo pode ser viabilizado através da implantação de uma processadora para produção de fertilizante organomineral. Atendendo assim às políticas ambientais para sustentabilidade e continuidade da atividade, que é uma fonte de geração de emprego e renda na região produtora.

A área em tanques escavados destinada à associação é de 100.000 m<sup>2</sup> (10,0 ha) sendo composta por 16 unidades, cada qual com 6.250 m<sup>2</sup>. Alguns desses tanques foram subdivididos para melhorar a prática de manejo e atender à demanda do mercado em relação ao peso final dos alevinos e juvenis, entregues aos produtores de engorda, com uma variação de peso conforme demanda entre 35 a 55 gramas por alevino.

A classificação de um adubo organomineral segundo a Instrução Normativa número 25 da Secretaria de Desenvolvimento Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) expedida em 28/07/2009 foi feita de acordo com a Instrução Normativa 25 (IN 25) da Secretaria de Desenvolvimento Agrícola (SDA/MAPA) de 28 de julho de 2009 (BRASIL, 2009) apresentada no Apêndice A. No quadro um da IN 25 estão apresentadas as classes de fertilizantes orgânicos quanto à origem da matéria prima.

O adubo a ser elaborado está enquadrado na Classe A e é definido como: fertilizante que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, em que não sejam utilizados, no processo, metais pesados tóxicos, elementos

ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

3.2.3.1 A análise físico-química do lodo e seu potencial qualitativo e quantitativo para uso como condicionante de solos em produções de pequeno e médio porte da região

As concentrações do lodo em termos de macronutrientes NPK foram analisadas em amostras representativas segundo a metodologia recomendada pela EMBRAPA (1999). A disponibilidade do resíduo foi estimada em função da quantidade de tanques escavados e a intensidade de produção de alevinos de tilápia para projetar o potencial de seu uso em compor um adubo organomineral balanceado para atender nutricionalmente as demandas da cultura da melanciaira.

*3.2.3.1.1 Levantamentos das análises físicas e químicas realizadas para identificar o potencial agrícola do lodo de tanques escavados como condicionante de solo*

As caracterizações físicas e químicas geradas na análise serviram para comparar com outros resíduos da mesma classe de adubo orgânico (Tabelas 5 e 6) e comprovou as suas qualidades agrônômicas como fertilizante. Os resultados obtidos em experimento em casa de vegetação (Tabelas 7 e 8) indicam que existe potencial para o uso do lodo como fonte de nutrientes e como condicionante de solos para produção agrícola, ou mesmo, para a produção de um adubo organomineral (Figuras 13, 14 e 15).

Para verificar a aplicabilidade nos solos da região foram tomadas como base as exigências nutricionais de adubação química dos Neossolos Quartzarênicos para o cultivo da melanciaira manejada para média produtividade e uso de irrigação.

A produção de melão e melancia (ambas da família *Cucurbitaceae* com produtividades, plantio em solos arenosos e exigências nutricionais parecidas) nas mesorregiões do São Francisco e Sertão Pernambucano ocuparam nos últimos cinco anos, em média, uma área de plantio de 3.351 hectares por ano. Tendo as planilhas anuais do IBGE como fonte de dados, nas mesorregiões citadas, as produtividades médias da melanciaira e do meloeiro no último quinquênio foram de 25,3 e 22,9 toneladas por hectare, respectivamente.

Em valor médio, neste mesmo período, a melanciaira ocupou dois mil quinhentos e vinte e cinco hectares correspondendo a 75,3% das áreas de plantio dessas duas culturas, nas

duas mesorregiões citadas. Para os agentes de financiamento de custeio (BNB, 2017) a produtividade média considerada para a melancia é de 30 toneladas por hectare.

Através dos resultados das análises químicas e considerando as necessidades da cultura calculou-se para um hectare de área plantada a quantidade de lodo adicionado por cova visando atender ao máximo possível, porém parcialmente a demanda de nutrientes exigidas para desenvolvimento da cultura em um ciclo.

Adotando que a densidade de plantio é de cinco mil plantas por hectare foi estabelecida uma adubação balanceada com adubo organomineral de 10 toneladas por hectare (utilizando 2 kg por cova). Neste nível de adubação foi estabelecida a concentração de nutrientes (NPK) para a adubação de base. A formulação do adubo organomineral não contempla a adubação nitrogenada em cobertura.

O local para a produção escolhido para o levantamento dos custos é o município de Petrolândia e a fonte de recomendação da exigência nutricional em NPK foi levantada do Instituto de Pesquisa Agropecuária de Pernambuco (IPA) para a melancia aplicada na região semiárida de Pernambuco. A adubação recomendada é função da quantidade de nutrientes presentes no solo, em especial fósforo e potássio (PK). Essa nutrição mineral contribui diretamente na produtividade e na qualidade dos frutos de melancia (IPA,1998).

Nos cálculos da formulação do adubo organomineral foi estabelecido que a exigência total em nitrogênio pelo menos 95 kg (representando 64% do N total para a cultura) seja na forma imediatamente disponível via adubação de base. Adicionalmente, como fator de reserva, o aporte de N de liberação lenta via adubação de base corresponde a 45% do total de N adicionado através do adubo organomineral. Neste cenário projetado para elaborar o adubo organomineral, as adubações nitrogenadas em cobertura com aporte de N solúvel devem seguir a recomendação técnica oficial.

Na descrição dos custos operacionais de implantação de um hectare de melancia os dados foram levantados de uma instituição financeira de desenvolvimento local para produtores de nível tecnológico médio como mostra a Tabela 2. No item 4 da Tabela 2 estão descritos os insumos para atender uma produtividade de 30 toneladas por hectare. A recomendação de adubação tanto química quanto orgânica fundamentou os cenários para avaliação econômico-financeira da produção do adubo organomineral tendo como base o lodo de tanques escavados de produção de alevinos e juvenis de tilápia.

**Tabela 2** - Descrição dos insumos, preparação do solo, plantio, tratos culturais e colheita para implantação de um hectare de melancia.

<b>Espécie: Melancia (Irrigada) Nível Técnico Médio</b>	
Especificação	Unid.
<b>1) Preparo de solo</b>	
aração e gradagem	HM (horas máquina)
<b>2) Plantio</b>	
Plantio Manual	HD (homem dia)
Aplicação de adubo de fundação e defensivos	HD
Transporte de Insumos	VERBA
<b>3) Tratos Culturais</b>	
Aplicação de herbicida	HD
Aplicação de defensivos	HD
<b>4) Insumos</b>	
Sementes	Kg
Adubação química	T (tonelada)
Adubo orgânico	T
Energia elétrica	Kw (Quilo-Watt)
Inseticida	VERBA
Fungicida	VERBA
Herbicida	Verba
<b>5) Colheita</b>	
Colheita/transporte interno/ carregamento	HD
Obs: Espaçamento 2,0 x 1,0 m e Produtividade = 30 ton.	

Fonte: BNB (2017)

### 3.2.3.1.2 Levantamento da quantidade do lodo gerado dos tanques escavados na área da cooperativa.

Para estudar a quantidade de hectares de solo em que poderia ser usado o lodo na adubação orgânica em substituição parcial aos adubos químicos usados na produção da melancieira foi estimada a geração de lodos dos tanques escavados produzidos na área delimitada, cedida pela Prefeitura Municipal de Itacuruba com anuência da CHESF para a produção de juvenis e alevinos de tilápias conforme a Figura 5.

Para realizar o cálculo foram avaliadas as quantidades de lodo produzidas em um ciclo de produção de até 60 dias na área de gestão da cooperativa vista na figura 5 com a localização de dois tanques (VR6 e VR4) e foram anotadas todas as informações do manejo produtivo. Primeiro tomou-se como base de coleta, após despesca, o tanque escavado VR6 manejado no sistema de produção semi-intensiva e o VR4, onde foi adotado um manejo em sistema intensivo para um teste experimental de produtividade, com dimensões de 1.240 m<sup>2</sup> e 1.200 m<sup>2</sup>, respectivamente (Figura 9).

**Figura 9** - Tamanho inicial dos tanques escavados para o projeto da CODEVASF para criação integrada carpa, suínos e marrecos. Cada tanque tem a dimensão de  $6.250\text{m}^2$  (25 metros de largura x 250,00 metros de comprimento) resultando em uma área total de  $100.000\text{m}^2$ .



Fonte: Itacuruba (2013)

Em seguida, após a despesca, esperou-se o lodo secar no fundo do tanque até ficar compactado e apresentar a forma de torrões conforme mostrado na Figura 10d, quando foi iniciada a coleta, conforme é a prática usual no manejo da produção de alevinos e juvenis. A fase de secagem pode ter uma duração em torno de 14 dias no máximo em épocas de elevadas temperaturas e pouca umidade ou período mais longo no caso de condições climáticas não favorecer a evaporação da massa de água. A coleta e envase (Figura 11) também foram realizadas manualmente utilizando pá.

O procedimento experimental de envase foi braçal utilizando a ferramental simples. Visando reduzir o custo da principal fonte para compor o adubo organomineral as operações de coleta do lodo foram planejadas para a automação e com o manejo do lodo seco a granel considerando o custo dos equipamentos e o custo da operação mecanizada.

Na sequência a quantificação prosseguiu com a pesagem do lodo dos dois tanques VR6 e VR4 separadamente em balança manual e foi relacionada com a área de cada tanque para chegar ao resultado final expresso em toneladas por  $\text{m}^2$  de área. Diante dos resultados obtidos dos tanques foi realizada a projeção para toda a área explorada pela cooperativa, que são 10 hectares (Figura 9). Em seguida estas produções foram multiplicadas pelo número de ciclos ao ano e estimou-se a produção anual do resíduo de lodo dos tanques escavados.

**Figura 10** - Superior esquerda (a): vista aérea parcial dos tanques escavados usados na produção de alevinos de tilápia, Superior direita (2): lodo em tanque escavado logo após colheita dos alevinos, Inferior esquerda (c): Lodo em tanque escavado em fase de de secagem, Inferior direita (d): Lodo seco pronto para colheita.



Fonte: COOPVALE (2014)

**Figura 11** - Lodo coletado após se apresentar em forma de torrões como mostrado na Figura 6d é iniciada a coleta e ensaque do lodo.



Fonte: COOPVALE, 2014

### **3.2.3.2 Alternativas de resíduos agroindustriais para combinação com o lodo de tanques escavados visando composição do adubo organomineral**

Para atender a essa alternativa foi identificada a produção de outros dois compostos orgânicos gerados de atividades agropecuárias na região de Itaparica que potencialmente podem integrar a composição do fertilizante organomineral.

#### *3.2.3.2.1 Resíduos orgânicos de esterco de galinha gerados das produções de aves de postura de ovo comercial nas mesorregiões do Sertão e São Francisco de Pernambuco*

No levantamento da produção de esterco na região foram considerados os dados médios dos últimos cinco anos apresentados na base de dados do IBGE referente ao alojamento de poedeiras por município. Nas duas mesorregiões foi considerado um índice de produção intensiva de 20% o que resulta em uma população efetiva de 150 mil poedeiras confinadas consumindo 14 mil kg de ração ao dia. Considerando que rações de poedeiras em postura têm 75 % de digestibilidade, a produção de excretas em base seca corresponde a 3.500 kg.dia<sup>-1</sup> equivalente a 1.266 toneladas ao ano, ou seja, uma disponibilidade de 105,5 toneladas ao mês.

O cenário para a disponibilidade de esterco de poedeiras muda caso também seja considerada a mesorregião do Agreste onde o efetivo total de poedeiras alojadas em sistema de confinamento com produção intensiva é multiplicado por 10. Com os dados tabelados do número de aves poedeiras de ovos comerciais apenas em dois municípios (Petrolândia e Itacuruba) em torno de 80 mil (ADAGRO, 2017) e observada uma relação auferida por Augusto (2007) em suas pesquisas, que estabeleceu uma média de 0,05 kg de dejetos frescos, matéria *in natura* (MN), por ave por dia produzida a quantidade de excreta *in natura* gerada por dia na região de Itaparica (PE) é de aproximadamente 4 toneladas. Calculando de acordo com a Fundação Cargill (2001) que constata umidade próxima de 50% para as excretas, estima-se uma produção 2 toneladas ao dia (730 toneladas por ano) de excretas secas.

#### *3.2.3.2.2 Resíduo orgânico pó de coco gerado dos processos de produção de envase de água de coco na região de Itaparica*

Para levantamento da produção de pó de coco na região foram identificadas as áreas plantadas de coco verde na região e as agroindústrias de envase de água de coco. O peso

médio da casca (exocarpo + mesocarpo) é de 0,9 kg por fruto do qual 70% é composto por pó de coco. O município de Petrolândia produziu 15.810.000 unidades no ano de 2016 (IBGE, 2017). A estimativa é de 10 mil toneladas de pó de coco ao ano para um aproveitamento integral. No cenário de industrialização total dos frutos e em caso de beneficiamento e aproveitamento de apenas 1% do pó de coco, a produção anual seria de 100 toneladas.

### 3.2.3.3 Adubos de fonte mineral para compor o adubo organomineral

As fontes complementares para fósforo e potássio são, respectivamente, superfosfato simples (SFS, 18%  $P_2O_5$ ) e Cloreto de Potássio (KCl, 60%  $K_2O$ ). A necessidade de uma adubação equilibrada em NPK segundo a demanda da cultura impõe que sejam realizados o balanceamento e a concentração adequada em nutrientes para o nível de adubação especificado. O SFS além do fósforo, também é carreador de outros nutrientes importantes tais como cálcio (20%) e enxofre (11%).

### 3.2.3.4 Análise econômico-financeira para produção de adubo organomineral a partir do lodo de tanques escavados da piscicultura: uma alternativa como condicionante de solo para a região semiárida de PE

Buscou-se identificar as APLs de Itaparica/PE como mostra a Figura 2, já citada, na caracterização da área de estudo, tendo o município de Itacuruba como o polo da piscicultura, principalmente como produtor de alevinos e juvenis de tilápia em tanques escavados para atender à demanda dos produtores de engorda em tanques-rede. Verificou-se que nessa área, denominada Vila do Coité, estão instalados 26 hectares de tanques escavados onde predominam solos denominados Planossolos de fertilidade média e com problemas de sais (SILVA et al., 2001).

Identificou-se a análise físico, química e biológica do lodo do fundo dos tanques escavados para avaliar, no que se refere à nutrientes químicos, sua composição. Em seguida, mostrou-se à Cooperativa uma oportunidade de negócios sobre a produção de adubo orgânico e organomineral para atender pequenos e médios produtores da região e, também, aos associados da cooperativa para suas produções agrícolas, uma vez que, segundo Filgueira (2008) tem-se um índice de produção muitas vezes reduzido pelo alto custo de insumos minerais recomendados pela literatura.

Prospectaram-se os custos financeiros para a montagem de uma fábrica processadora de adubo organomineral. Para tal foi levantado o custo de implantação, os custos operacionais, administrativos e logísticos. O software SEAP (Sistema de Elaboração e Análise de Projeto) desenvolvido pelo Banco do Nordeste do Brasil foi a ferramenta utilizada nas análises financeira (Figura 8).

**Figura 12** - Software SEAP utilizado para estudo de viabilidade econômica de projetos industriais, agropecuários e serviços.



Fonte: BNB, 2017.

Esse software, desenvolvido como uma ferramenta universal tem inúmeras aplicações, como auxiliar na elaboração de projetos, realizar projeções financeiras do fluxo de caixa para “n” anos futuros para fins de cálculo de *valuation* (avaliação da empresa), calcular a necessidade real de capital de giro, realizar análise de balanço, etc... Mais do que um programa de cálculos, o SEAP é um instrumental onde os seus usuários têm contato com conceitos relacionados com a técnica de elaboração de projetos, planos de negócios, avaliação de bens, análise de balanços, projeção de fluxo de caixa, etc... (GIGAMEDIA, 2017).

Usando o software SEAP, o procedimento do fluxo de caixa foi definido para avaliar um cenário de produção do adubo organomineral com os custos adicionados do lodo, do esterco de aves e pó de coco mais complementos dos minerais químicos para atender às exigências de produtividade da região.

Foram usados os dados de preços de venda dos insumos praticados na região nos anos 2016 e 2017 para a produção de dez toneladas.dia<sup>-1</sup> de adubo organomineral farelado. A Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL) foram estabelecidos como indicadores da viabilidade financeira. O estudo de mercado de áreas plantadas com melancieiras foi avaliado para atender à demanda da planta de produção do adubo organomineral.

3.2.3.4.1 *Estrutura para implantação de um processo de produção de adubo orgânico na forma farelada usando o lodo dos tanques escavados para uso nos solos das produções agrícolas da região*

Argemiro et. al., (2013), descreve a estrutura mínima e mão-de-obra necessária para a produção de fertilizante orgânico com capacidade de cinco toneladas por dia com inserção de pó de serra, cama de frango e fosfato adicionando ainda biocatalisadores como segue na Tabela 3. Com base nessa estrutura mínima foram projetados os indicadores técnicos operacionais e calculados os coeficientes de rentabilidade para avaliar o potencial econômico de uso do lodo como principal componente de um adubo organomineral destinado à cultura da melancia em solo arenoso predominante nas regiões produtoras localizadas nas proximidades de Itacuruba.

**Tabela 3** - Relação de equipamentos para uma produção de 5.000 kg de adubo organomineral

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unid.</b>	<b>Quant.</b>
Fase 1			
<b>1.0</b>	Classificação de composto orgânico		
<b>1.1</b>	Moega de esteira para produto básico	ud	1
<b>1.2</b>	Moinho de orgânicos	ud	1
<b>1.3</b>	Esteira de elevação para a peneira	ud	1
<b>1.4</b>	Peneira vibratória	ud	1
<b>1.5</b>	Esteira de saída da peneira	ud	1
<b>Total Equipamentos - Fase 1</b>			
Fase 2			
Equipamentos complementares			
<b>1.0</b>	Sistema de ensaque		
<b>1.1</b>	Moega de rosca para ensaque	ud	1
<b>1.2</b>	Rosca transportadora para ensacadeira	ud	1
<b>1.3</b>	Ensacadeira com balança	ud	1
<b>1.4</b>	Costuradeira	ud	1
<b>1.5</b>	Medidor de pH	ud	1
<b>1.6</b>	Analizador de umidade	ud	1
<b>1.7</b>	Medidor de temperatura	ud	1
<b>Total de Equipamentos Complementares – Fase 2</b>			
	Sálarios a pagar para funcionários		3

Fonte: Argemiro, 2013.

### 3.2.3.4.2 Estrutura de custo para produção do adubo organomineral de lodo

Para esse estudo foi usada uma fórmula de composição de adubo organomineral com três resíduos (lodo, esterco de poedeira e pó de coco), superfosfato simples e cloreto de potássio como está descrito na Tabela 4. O cultivo da melancia foi escolhido como lavoura temporária em função da alta demanda de nutrientes e por ser uma cultura de uso intensivo de insumos tecnológicos desenvolvida nas mesorregiões do São Francisco e Sertão Pernambucano. Com a fórmula de composição do adubo organomineral foi estabelecido um aporte de 172 kg de N, 250 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 350 kg de K<sub>2</sub>O com projeção para uma adição de 10 toneladas de adubo organomineral por hectare (2 kg por cova) em uma densidade de cinco mil plantas por hectare.

**Tabela 4** - Especificação do adubo organomineral para atender as exigências do cultivo da melancia com aplicação de 10 toneladas por hectare (2 kg por cova)

Componente do adubo	Custo unitário (R\$ por ton)	Porcentagem (%)	Parcial.ha <sup>-1</sup>
Lodo	64,68	50,000	323,4
Esterco de poedeira	150,00	33,000	495,0
Pó de coco	280,00	1,547	43,3
Super Fosfato Simples	1.018,00	11,050	1.124,9
Cloreto de Potássio	1.664,80	4,403	733,0
Total, 100%	271,96	100,000	2.719,6

Fonte: Elaborado pelo autor

O custo do lodo calculado em julho 2017 para retirar 5000 kg dos tanques escavados, após a despesa, realizado de forma mecanizada foi:

CL = DT +CT, Custo Lodo (R\$) (CL)= Diária do tratorista + Combustível Trator (CT), para uma jornada de 4hs. O salário médio mensal para tratorista é de R\$ 1.857,00. O salário pode variar de R\$ 988,00 a R\$ 3.285,00 (LOVEMONDAYS, 2017). O encargo social considerado foi de 42% do valor do salário. A máquina mini carregadeira tem a capacidade operacional de 839 kg por carregamento de lodo com consumo de 14 litros de combustível na realização deste trabalho com o percurso dos tanques escavados ate o leito de secagem (LOGISMARKE, 2017). Portanto, para calculo do custo temos:

DT= (((988,00 + (988,00\*42%(encargo social)))/30 dias)/2, como a diária corresponde 8 horas de serviço e essa demanda será atendida em 4 hs o total é dividido por 2 = 23,38 para uma jornada de 4 hs diária.

CT = 3,5 litros de diesel x 4 horas x 2,95, valor do diesel= R\$ 41,30

CL = 23,38 + 41,30 = R\$ 64,38.

Para secagem do lodo considerou-se os cálculos de leito de secagem uma vez que o mesmo reduzirá o tempo de desidratação do lodo, que consiste em percolação e desidratação. O processo de desidratação do lodo consiste em percolação e evaporação, sendo a percolação um processo rápido de desaguamento no início e depois mais lenta ficando para a evaporação a responsável pela retirada da água para a atmosfera, porém esse efeito é dependente das condições atmosféricas, principalmente, a radiação solar. Para a Irradiação Solar Global (IGH) foi utilizado uma medição realizada no município de Itacuruba no ano de 2016. Segundo Melo (2006) em um experimento em Campina Grande no estado da Paraíba com diferentes cargas de lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) (21, 27, 41, 55 e 68 kg SST/m<sup>2</sup>), a de 21 kg SST/m<sup>2</sup> com umidade de 40% conseguiu reduzir em 7 dias para 10% de umidade por evaporação. Uma massa de lodo com umidade de 80% possui teor de sólidos de 20%. Assim, em cada 100 kg de lodo úmido, 80 kg são de água e 20 kg são de sólidos. Quando disposta em uma área de 1m<sup>2</sup>, corresponderá a uma carga de 20kgSST/m<sup>2</sup>.

Com base nesses dados foi calculada a dimensão do leito de secagem para a produção de 5.000 kg dia. A produtividade diária do lodo seco é calculada baseado em 4 tempos: T1: Tempo para preparação do leito e descarga do lodo; T2: Tempo de percolação; T3: Tempo de evaporação para se atingir a umidade desejada e; T4: Tempo de remoção dos sólidos secos, sendo T1 e T4 são operacionais e T2 e T3 condições meteorológicas (Van Haandel & Lettinga, 1994). Para dimensão do tamanho de um leito o T2 foi calculado pela fórmula:  $T2 = (CS^2 / 420) + 0,5$  ( $15\text{kg SST.m}^{-2} < CS < 50\text{kg SST.m}^{-2}$ ), em que Cs é a carga de sólidos aplicada em kg SST.m<sup>-2</sup> e T2 o tempo de percolação em dias e para o cálculo do T3 foi considerada uma carga (Cs) de 21 kg SST.m<sup>-2</sup>, como está detalhado no experimento citado (MELO, 2006), e foi tomada essa carga (CS) para que atendesse a IN 25 do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), artigo 8, parágrafo 1 que trata da umidade dos fertilizantes do organominerais.

Com os dados de T2 e T3 dimensionou-se o leito de secagem para cinco mil quilogramas por dia que foram divididos em módulos para atender uma produção em cerca de cem toneladas mensal.

Com o software SEAP o mérito socioeconômico do empreendimento para um tempo de dez anos foi calculado. Foi determinada a vida útil dos equipamentos usados na fabricação do adubo para entrar como custo de depreciação. Foi realizado o cálculo e os índices de viabilidade econômica para cada formação do adubo para uma quantidade de produção de cinco toneladas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo tem como objetivo discutir os resultados obtidos no levantamento de campo, análises físicas, químicas e experimentos com uma discussão estatística levando em consideração a avaliação econômica e financeira para a fundamentação dos objetivos deste trabalho.

### 4.1 QUALIDADE DO RESÍDUO DE TANQUES DE PRODUÇÃO DE ALEVINOS CONDICIONANTE DE SOLOS NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO: SUBSÍDIOS PARA GESTÃO AMBIENTAL

Nesta primeira avaliação o objetivo deste tópico é verificar a qualidade agrônômica do lodo retirado dos tanques escavados para uso agrícola na minimização de impactos negativos no meio ambiente.

#### 4.1.1 Valor nutricional, umidade, matéria orgânica e relação C:N

O resíduo orgânico amostrado do fundo dos tanques escavados de produção de alevinos apresentou alto valor agrônômico, demonstrado pela concentração de alguns nutrientes essenciais às plantas (Tabela 5).

**Tabela 5** - Caracterização de valor agrônômico das amostras de resíduo dos tanques escavados, em umidade a 65<sup>o</sup> (U), matéria orgânica (MO), nutrientes totais: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), e relação carbono total/nitrogênio total (C/N)

Amostras de resíduos	U	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	C/N
	-----%-----	-----g.kg <sup>-1</sup> -----						
1	5,3	8,3	3,3	1,8	8,1	3,2	1,6	3,0
2	8,8	5,1	3,5	2,4	7,7	3,4	1,5	3,0
3	12,4	2,1	4,0	2,9	7,5	3,6	1,5	3,0
<b>Média</b>	<b>8,8</b>	<b>5,2</b>	<b>3,6</b>	<b>2,3</b>	<b>7,7</b>	<b>3,4</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Quando comparados os valores na mesma base seca, as concentrações dos nutrientes adotados como indicadores do valor agrônomo apresentaram variação entre as amostras de lodo retiradas dos três tanques escavados. Isto pode refletir diferenças aplicadas aos três tanques no manejo durante e após a colheita dos alevinos. Durante a fase de produção dos tanques não houve variação, pois, os sistemas foram submetidos ao mesmo tipo e quantidade de alimentação, considerando tanques de tamanho e volume de águas iguais, contendo mesmo número aproximado de alevinos e, deve ser considerado que foi adotado o mesmo tempo de crescimento dos alevinos e tempo de uso dos tanques por ciclo de produção.

Porém, na presente situação, na Vila do Coité, a produção de alevinos é continuada para obter uma oferta constante ao mercado comprador. Então os diferentes tanques escavados dos quais foram retiradas as amostras representam uma sequência de produção em períodos de tempo contíguos e apenas parcialmente simultâneos. E a influência ambiental como maior temperatura da água, maior taxa de renovação de oxigênio em função da maior ocorrência de ventos e a incidência de mais radiação solar podem afetar a taxa de produção de fitoplâncton em diferentes situações climáticas alterando as condições bióticas em cada tanque escavado.

A diferença na umidade reflete o tempo pós-despesca em que as amostras foram coletadas. A amostra com menos umidade ficou por mais tempo exposta ao sol enquanto aquela com mais umidade ficou exposta por menos tempo. A concentração de P na amostra 1 foi provavelmente menor em função de uma possível maior eutrofização da água visto que quanto maior a eutrofização menos fósforo residual permanece na fase sólida do lodo decantado. Neste sentido também se justifica o maior percentual de matéria orgânica na amostra 1 onde, provavelmente, o manejo da água durante a colheita também foi realizado de forma a evitar maior perda de carga orgânica em suspensão.

Considerando uma menor umidade na amostra 1 pode-se inferir que a concentração de N mineral no lodo foi menor em função das perdas que ocorrem durante a fase de secagem do lodo. Isto é explicado porque ao mudar da fase de anaerobiose para uma fase de menos umidade no lodo a forma química em que o N mineral está ligado é alterada favorecendo a perda por volatilização durante o processo de secagem. A dinâmica de secagem do lodo após a alevinagem é um processo complexo onde as perdas de N mineralizado tanto por percolação quanto por volatilização podem e devem ser controladas.

Nas amostras de resíduo analisadas dos três tanques, o valor médio da relação C/N foi 3, demonstrando que este resíduo orgânico possui alta capacidade de mineralização e conseqüentemente alta capacidade de disponibilizar mais rapidamente seus nutrientes às plantas (Tabela 4). A relação C/N fornece indicações do estado de composição da matéria

orgânica e do nível de nitrogênio, relacionadas à sua mineralização/imobilização no solo e se apresenta muito irregular, variando de 20 a 30 nos vegetais leguminosos e esterco animais, podendo atingir 90 em tecido vegetal de palhas de cereais (MENDONÇA et al., 2000). As melhores relações C:N para o desenvolvimento vegetal são aquelas abaixo de 20. A maioria dos resíduos orgânicos provenientes das atividades agrícolas que são incorporados ao solo contêm grandes quantidades de carbono e relativamente pequenas quantidades de nitrogênio total, apresentando relação C/N elevada. Os microrganismos retiram do solo o nitrogênio disponível, provocando o fenômeno da imobilização do N do solo, competindo assim com as raízes da vegetação, por este elemento. Com uma relação C/N em torno de 50, ocorre um desequilíbrio temporário do nitrogênio do solo, pois os microrganismos fazem uso do nitrogênio disponível, fixando-o em forma orgânica. Em relações acima de 25, a mineralização do nitrogênio ocorre muito lentamente e abaixo disso, ela é favorecida (MENDONÇA et al., 2000).

A manutenção da matéria orgânica no solo pela adição de resíduos orgânicos tem-se mostrado uma boa alternativa para os solos de regiões tropicais, que devido à intensa pluviosidade e altas temperaturas, apresentam altas taxas de degradação da matéria orgânica. A matéria orgânica e os macronutrientes encontrados nos resíduos dos tanques escavados podem ser disponibilizados para as plantas, proporcionando ganhos de produtividade e economia em fertilizantes minerais.

#### **4.1.2 Avaliação comparativa com esterco de bovinos, frango de corte e resíduos de tanques escavados**

Comparativamente ao esterco de animais (Tabela 6), o resíduo apresentou maiores concentrações de nutrientes, principalmente de K e Mg, correspondendo a cerca de 2,5 a 5 vezes mais e de 2 a 4 vezes mais, respectivamente, que os outros resíduos. Também apresentou tendências de maiores valores de N e P em relação aos esterco.

Os nutrientes N, P e K são os requeridos em maior quantidade pelas plantas e, por isto, os maiores custos com fertilizantes se referem a esses nutrientes. Portanto, desenvolver tecnologias que facilitem o reaproveitamento de resíduos que forneçam estes nutrientes em grandes quantidades, além de contribuir para uma menor contaminação ambiental, minimiza custos, favorecendo atividades econômicas do agronegócio.

**Tabela 6** - Comparação dos valores médios de características do resíduo dos tanques escavados (em umidade a 65<sup>o</sup> (U), matéria orgânica (M.O.) e nutrientes totais: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) com os de insumos orgânicos (esterços de animais) usados normalmente em cultivos agrícolas.

<b>Resíduo</b>	<b>U</b>	<b>M.O.</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
	%	-----g. kg <sup>-1</sup> -----					
Galinha <sup>a</sup>	35,0	52	3,6	1,5	2,6	2,0	0,5
Bovino <sup>a</sup>	56,0	57	1,8	0,6	2,3	1,5	0,4
Suíno <sup>a</sup>	62,0	53	2,3	2,1	1,6	3,3	0,8
<b>Resíduo do tanque<sup>b</sup></b>	<b>8,8</b>	<b>52</b>	<b>3,6</b>	<b>2,3</b>	<b>7,7</b>	<b>3,4</b>	<b>1,5</b>

<sup>a</sup> valores médios obtidos do trabalho de KIEHL (1985); <sup>b</sup> Valor médio, calculado pelo autor, para três amostras compostas coletadas de novembro a dezembro de 2012.

Fonte: Elaborada pelo autor

De acordo com Pearson Gowen (1990), cerca de 20% do alimento utilizado para alimentação dos peixes estocados em tanques é perdido, antes de ser ingerido. A taxa de utilização da dieta por peixes cultivados em tanques é de 14,8% para o nitrogênio e de 11% para o fósforo (GUO; LI, 2003).

A produção de cada tonelada de peixe em tanques resulta entre 10 e 20 kg de fósforo e 75 kg de nitrogênio como resíduo (HAAKASON et al., 1988). Esta é a causa da alta concentração destes nutrientes presentes no resíduo do fundo dos tanques.

A deposição de matéria orgânica particulada no fundo dos corpos de água, imediatamente abaixo das unidades de cultivo, aumenta a concentração de N, P e K no resíduo do fundo do tanque. A disponibilidade do N diminui à medida que as formas inorgânicas (nitrato e amônio) diminuem e que as formas orgânicas se tornem mais estáveis durante a digestão pela fauna bêntonica (HAAKASON et al., 1988). Embora tenha apresentado valores relativamente altos de nutrientes, o resíduo dos tanques possui baixo percentual de matéria orgânica.

Em relação ao conteúdo de umidade, o resíduo seco do fundo dos tanques escavados resultante da produção de alevinos, foi de 4 a 7 vezes menor que os outros resíduos orgânicos (Tabela 5). Os nutrientes da ração não consumida, de fezes e excreções de metabólitos de peixes são incorporados ao solo do fundo dos tanques, formando um lodo organomineral. O baixo valor da umidade do resíduo se deve à alta evaporação após 20 dias de secagem do fundo do tanque de produção de alevinos.

## 4.2 ESTUDO DE CASO 2 - MANEJO DE LODO DE LAGOAS DE PEIXES NAS MARGENS DO RESERVATÓRIO DE ITAPARICA: UMA ALTERNATIVA PARA MELHORAR A PRODUÇÃO AGRÍCOLA

### 4.2.1 Características químicas e físicas do lodo para uso como condicionante de solos em cinco níveis de mistura

As concentrações de fósforo, potássio e carbono orgânico nos lodos de tanques escavados de produção de alevinos de tilápia foram cerca de 50% maiores do que no solo, e no caso do nitrogênio, foi cerca de 140% maior (Tabela 7).

Estes são resultados esperados devido à ração para alevinos e fertilizantes (N, P e K) que foram aplicados aos tanques escavados. Portanto, o lodo tem o potencial de melhorar a fertilidade quando adicionado ao solo. Parte do K no lodo pode ter vindo do solo raspado do fundo da lagoa quando o lodo foi coletado e isto decorre da fertilidade natural do solo (sua origem geológica) onde estão localizados os tanques escavados.

**Tabela 7** - Características químicas e físicas dos substratos com diferentes proporções de lodo de sedimentação de tanques escavados com criação de alevinos e de solo (Planossolo Háplico), coletados no município de Itacuruba, Pernambuco.

Proporção lodo:solo	pH	-----g kg <sup>-1</sup> -----				C	CRA	C:N	DS
		N	P	K	%				
0:100	7,1	1,6	0,46	7,4	21	8,1	13,1	1,55	
25:75	6,6	2,3	0,56	8,7	22	8,9	9,6	1,53	
50:50	6,6	2,6	0,57	9,9	22	9,8	8,5	1,49	
75:25	6,8	3,4	0,63	10,2	23	10,4	6,8	1,41	
100:0	6,7	3,9	0,71	11,5	30	11,4	7,7	1,35	

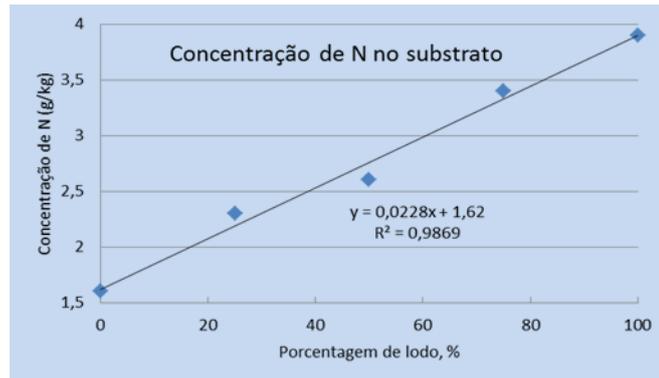
N - nitrogênio; P - fósforo; K - potássio; C - carbono; CRA - capacidade de retenção de água; C:N- relação carbono:nitrogênio; DS - densidade do solo

Fonte: Elaborada pelo autor

É comum que os solos do semiárido brasileiro apresentem altas concentrações de K. As contribuições de P do lodo foram especialmente importantes porque a maior parte deste P estava em uma forma lábil, facilmente acessível às plantas (ARAÚJO et al., 2003). Uma vez que as concentrações dos nutrientes nos lodos foram superiores às do solo, as concentrações de N, P, K e C, especialmente N e P, no substrato aumentaram à medida que a proporção de lodo no substrato aumentou.

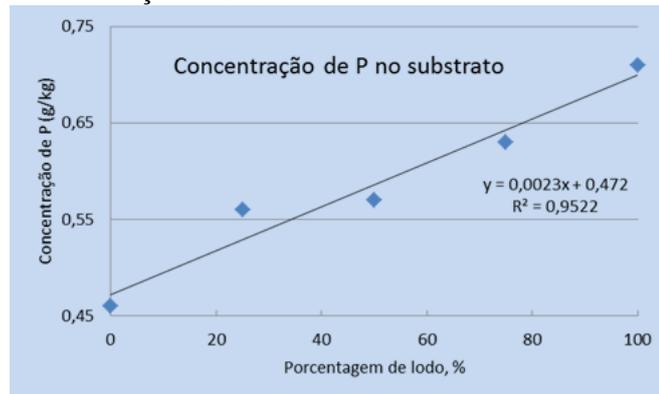
As Figuras 13, 14 e 15 apresentadas oferecem a visualização das alterações que ocorrem na concentração de nutrientes com o aumento da proporção de lodo no substrato. As equações caracterizam de forma nítida o efeito da adição do lodo no substrato com um maior incremento relativo do K a cada unidade percentual de aumento do lodo no substrato.

**Figura 13** - Evolução na concentração de nitrogênio no substrato com o aumento da porcentagem de lodo



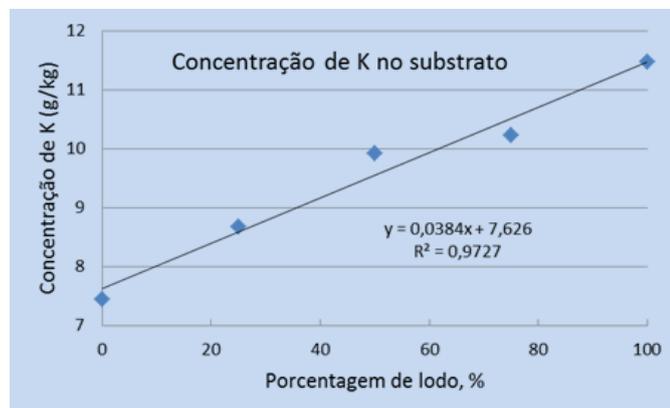
Fonte: Elaborada pelo autor

**Figura 14** - Evolução na concentração de fósforo no substrato com o aumento da porcentagem de lodo



Fonte: Elaborada pelo autor

**Figura 15** - Evolução na concentração de potássio no substrato com o aumento da porcentagem de lodo



Fonte: Elaborada pelo autor

Em termos absolutos a concentração de N no substrato dobra com 71% de lodo e no uso exclusivo do lodo a concentração do N aumenta 143,5%. A concentração de P no substrato aumenta 54,3% com o uso exclusivo de lodo e a concentração de K no substrato aumenta 55,4% com o uso exclusivo de lodo. Uma das características essenciais que define o nível do enriquecimento nutricional do substrato é a fertilidade natural do solo utilizado para compor este substrato. Assim, solos pobres em nutrientes e com baixo teor de matéria orgânica são enriquecidos de forma substancial através da adição do lodo.

Os lodos, que eram ligeiramente mais ácidos que o solo, tendiam a baixar o pH do substrato. No entanto, todas as misturas de substrato que continham lodo tinham valores de pH semelhantes (Tabela 7). A capacidade de retenção de água (CRA) aumentou à medida que a proporção de lodo aumentou no substrato devido à alta capacidade de retenção de água da matéria orgânica adicionada (MO).

A concentração de carbono orgânico no solo foi de  $21 \text{ g.kg}^{-1}$ , superior à encontrada em solos do semiárido nordestino, especialmente em Planossolos, onde o valor médio é de  $7,4 \text{ g.kg}^{-1}$  (SALCEDO e SAMPAIO, 2008). Este alto C orgânico pode ser explicado pela gestão agrícola na propriedade onde o solo foi coletado, em que o estrume e palha de coco foram incorporados.

O aumento do teor de M.O. no solo a partir da adição de lodo poderia ser uma alternativa para melhorar a qualidade dos solos degradados e profundos na região, que são os mais utilizados para o cultivo agrícola.

Nesta região do semiárido nordestino, além da baixa quantidade de resíduos vegetais adicionados ao solo, há um forte contraste entre as longas estações secas e as estações de chuvas curtas, mas intensas, o que, combinado com as temperaturas permanentemente altas, resulta em altas taxas de degradação da M.O., ocasionando as baixas concentrações de M.O., normalmente, encontradas no solo (ARAÚJO FILHO, 2011).

A decomposição de materiais orgânicos depende da relação carbono-nitrogênio (C: N). Quanto menor o valor desta razão, mais fácil é a decomposição (SALCEDO e SAMPAIO, 2008). Todas as misturas de lodo apresentaram relação C:N em torno de 7,7:1, indicando que a mineralização da M.O. e a disponibilização de nutrientes para as plantas pode prosseguir a uma taxa elevada.

De acordo com Bottomley (2004), a relação C:N de microorganismos heterotróficos geralmente varia entre 4:1 e 9:1. As proporções de M.O. encontradas nos lodos estão dentro desta faixa e sugerem que o lodo pode fornecer nutrientes para as plantas, resultando em

ganhos de produtividade, redução do uso de fertilizantes e, em última análise, maior rentabilidade econômica.

A deposição estimada de lodo nos tanques escavados avaliados foi de  $278 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ , a matéria orgânica e o nitrogênio total acumulado foram, respectivamente,  $3,2$  e  $1,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ . Aumentos de  $45,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de nitrogênio,  $4,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de fósforo e  $76,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de potássio são estimados para cada aumento percentual da concentração de lodo no substrato.

A densidade aparente média do solo foi de  $1,55 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (Tabela 7) e é superior ao solo da camada superior de outros Planossolos Háplicos: como  $1,50 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  descrito em Andrade et al. (2014),  $1,47 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  em Sousa et al. (2013),  $1,43 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  em Farias et al. (2009) e  $1,34 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  em Freire et al. (2003). A adição de lodo em proporção crescente ao substrato proporcionou diminuição linear da densidade do solo ( $DS = -0,0021 X + 1,57$ , com  $R^2 = 0,9548$ , onde X é a porcentagem de inclusão de lodo no substrato).

#### 4.2.2 Avaliação da alface (*Lactuca sativa*) após o uso do lodo realizado em casa de vegetação com cinco tratamentos

Os diâmetros das hastes de alface não foram significativamente diferentes entre os tratamentos e foram menores do que os relatados por Santos et al. (2015). Tanto o peso fresco quanto o peso seco das cabeças de alface (apenas partes livres) foram significativamente afetados pela proporção de lodo no substrato (Tabela 8).

**Tabela 8** - Massa verde e seca da parte aérea e diâmetro do caule das plantas de alface, cultivadas com diferentes proporções entre lodo e solo (n = 15).

Lodo:Solo	Massa verde	Massa seca	Massa seca	Diâmetro do caule
	----- g vaso <sup>-1</sup> -----		%	mm
0:100	$67,06 \pm 2,02^c$	$3,48 \pm 0,046^c$	$4,81 \pm 0,24^b$	$7,75 \pm 0,10$
25:75	$68,12 \pm 2,43^c$	$3,82 \pm 0,045^c$	$5,17 \pm 0,17^b$	$7,65 \pm 0,21$
50:50	$73,56 \pm 2,19^b$	$4,36 \pm 0,115^b$	$6,32 \pm 0,17^a$	$7,74 \pm 0,30$
75:25	$77,58 \pm 1,81^a$	$5,33 \pm 0,136^a$	$6,74 \pm 0,26^a$	$7,73 \pm 0,07$
100:0	$75,96 \pm 2,60^{ab}$	$4,29 \pm 0,170^b$	$5,76 \pm 0,35^{ab}$	$7,58 \pm 0,21$

Médias numa mesma coluna seguidas de letras minúsculas diferentes diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor

Os maiores valores foram obtidos no tratamento com 75% de lodo, mas a porcentagem de matéria seca foi maior nos tratamentos com 50% e 75% de lodo, que não foram significativamente diferentes entre si. Quando a alface foi produzida utilizando-se apenas lodo

como substrato, a porcentagem de matéria seca não diferiu significativamente dos tratamentos onde solo ou solo na concentração de 75% foram os substratos.

Os valores médios dos pesos frescos e secos são semelhantes aos descritos por Rodrigues e Casali (1998) para as cultivares de alface cultivadas em vasos com um substrato ( $4 \text{ dm}^3$ ) formado por 80% de solo (em volume) e 20% de composto orgânico produzido após quatro meses de incubação de palha de milho e esterco de gado.

Pereira et al. (2003) relataram um efeito linear direto nos pesos fresco e seco da alface com níveis crescentes de nitrogênio e um efeito quadrático com níveis de disponibilidade de água. Assim, a adição de lodo pode melhorar a qualidade da alface produzida, visto que uma maior porcentagem de matéria seca corresponde a um maior potencial de vida de prateleira.

As concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio (Tabela 9) na parte aérea das alfaces foram afetadas pela proporção de lodo no substrato. As maiores concentrações de nitrogênio foram detectadas nas plantas dos dois tratamentos com maior proporção de lodo.

**Tabela 9** - Valores médios da concentração de nitrogênio, fósforo e potássio na massa seca da parte aérea das plantas de alface cultivadas em casa de vegetação, com diferentes proporções entre lodo e solo (n = 15)

Lodo:Solo	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
	-----g kg <sup>-1</sup> -----		
T1 - 0:100	15,7 ± 0,4d	3,22 ± 0,04a	71,8 ± 2,7 <sup>a</sup>
T2 - 25:75	19,9 ± 0,4c	2,38 ± 0,01cb	62,2 ± 2,6ab
T3 - 50:50	20,9 ± 0,5bc	1,58 ± 0,02d	56,4 ± 3,7bc
T4 - 75:25	22,7 ± 0,8ba	2,13 ± 0,05c	47,7 ± 2,5cd
T5 - 100:0	24,5 ± 0,3a	2,60 ± 0,01b	39,6 ± 2,3d

Médias numa mesma coluna seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor

A magnitude dos aumentos é consistente com os relatados por Rodrigues e Casali (1998), utilizando um composto orgânico, produzido após quatro meses de incubação de palha de milho e esterco bovino, e por Bernardi et al. (2005), avaliando zeólitas, e menores do que os relatados por Sanchez (2007), testando a técnica do filme de nutrientes sob condições hidropônicas.

Para o fósforo e potássio, as menores concentrações nas plantas foram observadas no tratamento contendo apenas lodo no substrato e a maior foi na presença apenas de solo. O maior desenvolvimento da planta, e o fato de que esses nutrientes são absorvidos principalmente na fase de crescimento inicial, pode ter resultado em concentrações diluídas desses nutrientes. Mesmo que um substrato particular tenha uma quantidade total elevada

destes elementos, as plantas apenas têm acesso à quantidade que está em formas lábeis, as quais para o fósforo são principalmente hidrogénio e di-hidrogenofosfatos (AZEEM et al., 2015) e os compostos orgânicos podem diferir muito nas formas e no número de grupos de fosfato reativo que possuem (ARAÚJO et al., 2006).

É possível que o período experimental não tenha sido suficientemente longo para permitir a mineralização intensiva das formas orgânicas nos tratamentos de lodos, com a consequente liberação de formas lábeis de nutrientes. Na medida em que a relação entre o solo e o lodo é alterada, há um rearranjo dinâmico na solubilidade dos nutrientes, o que pode explicar por que as concentrações e absorção de P (Tabela 9) foram menores no tratamento contendo 50% de lodo.

No caso do potássio, a menor concentração e absorção estavam no tratamento em que o substrato era composto apenas de lodo, e a maior no tratamento apenas com solo.

Nos sedimentos dos tanques de peixes, de 35% a 40% do fósforo está em forma orgânica (MIZANUR et al., 2004) e necessita de tempo para mineralizar e liberar P em forma inorgânica lábil (ARAÚJO et al., 2004a,b). No tratamento com 75% de lodo no substrato, a concentração de P nas plantas atingiu 66,1% do tratamento contendo apenas solo no substrato, mas o teor de fósforo depositado pela planta se manteve constante entre os dois tratamentos.

As concentrações de K foram menores do que as relatadas por Rodrigues e Casali (1998) para alface adubada com composto orgânico, mas foram semelhantes às da alface cultivada com adubo químico. Bernardi et al. (2005) também relataram valores para as partes aéreas da alface similares aos obtidos com o uso exclusivo de lodo como substrato.

O aumento da produção de alface neste experimento em estufa, devido à adição de lodo, indica que este material tem potencial para aumentar a produtividade de outras culturas cultivadas no campo. Isto é particularmente importante nesta área do semiárido, porque os fertilizantes químicos são raramente usados nos sistemas agrícolas de baixo insumo que prevalecem na região (SAMPAIO et al, 2005) e os solos regionais tem baixa concentração em N e P (SAMPAIO et al., 2009).

O milho, o feijão e a mandioca, principais culturas regionais, poderiam se beneficiar da maior disponibilidade de nutrientes com a incorporação dos lodos de tanques escavados. Embora a incorporação de nutrientes não seja tão importante nos extensos campos irrigados e fertilizados localizados nos municípios vizinhos, a adição de matéria orgânica pode substituir a aplicação de grandes quantidades de estrume que são necessárias para manter o conteúdo adequado de matéria orgânica do solo que tende a esgotar-se devido à alta temperatura e umidade ao longo do ano.

### 4.3 AVALIAÇÃO ECONÔMICA E FINANCEIRA DO LODO GERADO NOS TANQUES ESCAVADOS PARA USO AGRÍCOLA COMO ADUBO ORGÂNICO E ORGANOMINERAL

#### 4.3.1 Avaliação quantitativa da produção de lodo na área de estudo

As práticas de manejo na produção como arraçamento, renovação de água, despesca e limpeza do tanque com retirada do lodo em cada ciclo são adotadas pela COOPVALE visando conseguir níveis de produtividade competitivos na região. Em reunião com os cooperados foi tomada a decisão da produção de um adubo organomineral a partir dos lodos gerados nas produções. Segundo Muendo (2006) os sedimentos acumulados são ricos em nitrogênio, potássio trocável e matéria orgânica, portanto, têm um elevado potencial como fonte de nitrogênio e potássio, e também como condicionador do solo. Nas análises físicas e químicas realizadas com os lodos dos viveiros VR4 e VR6 foram encontrados níveis de NPK representativos que podem ser usados na produção agrícola, bem como para melhoria dos solos (Neossolos Quartzarênicos e Planossolos Háplicos) existentes na região denominada Região de Desenvolvimento Itaparica (RD Itaparica-PE) usados na fruticultura, horticultura, produção de mudas, ervas medicinais e forrageiras.

Para mensurar o quantitativo de lodo produzido a COOPVALE concedeu dados da produção e a coleta do lodo do tanque escavado denominado VR6 para a avaliação do processo produtivo semi-intensivo. No período de agosto a setembro de 2014 realizou-se um descarte monitorado de lodo com coleta de dados que foram agregados com as informações disponibilizadas pela COOPVALE sobre o manejo dos tanques escavados. Estes dados estão apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10** - Dados informados da produção de alevinos e juvenis do tanque VR6 na Vila do Coite em Itacuruba-PE

<b>Dados do processo de produção do tanque VR6</b>	
Área	1.240 m <sup>2</sup>
Ciclo de vida	60 dias
Ração consumida	1.284 kg
Calagem	100 kg
Quantidade de Alevinos	30.000 unidades
Média do Peso	50 g
Lodo coletado	4.800 kg

Fonte: Elaborada pelo autor

Com a coleta de dados da Tabela 10 chegou-se a produção anual do lodo retirado na área da COOPVALE. Até 173 toneladas de sedimento do fundo por hectare e ciclo, pode acumular-se nos tanques de produção semi-intensiva de tilápia (MUENDO, 2006). No tanque em estudo com uma área de 1.240 m<sup>2</sup> foram descartados 4.800 kg de lodo, ou seja, durante a coleta saíram 80 sacos com um peso de 60 kg cada, amostragem de 30 sacos para chegar essa média, por ciclo de 60 dias. Ao converter para um hectare (10.000 m<sup>2</sup>) teremos uma produção de 38.710 kg por hectare e ciclo, em se tratando que esses alevinos são vendidos com 50 gramas teremos no manejo da produção com cinco ciclos ao ano, portanto, uma coleta de 193.548 kg de lodo retirado anualmente. A área concedida para a COOPVALE tem 10 hectares e sua geração de lodo anual ficou estimada em 1.935.484 kg.

No caso de sistemas de produção intensivos os valores podem ser até três vezes maiores, pondera Ostrensky (2002). Foi avaliado também o tanque VR4 e verificado, pelas informações dos técnicos da COOPVALE, que foi adotado experimentalmente uma produção em sistema intensivo em dois ciclos e os dados coletados estão na Tabela 11.

Nesse processo observou-se que o peso dos alevinos foi menor e com uma biomassa por m<sup>2</sup> de quase o dobro, não ocorreu renovação de água e não foram usados aeradores. O tempo do ciclo foi o mesmo, porém o lodo só foi retirado no final do segundo ciclo com 120 dias e os alevinos antes de completar 60 dias, com aproximadamente 35 a 40 dias. Esperou-se para o lodo secar e foi realizado outro povoamento. Após o segundo ciclo o lodo foi retirado e obteve-se na coleta 32.000 kg no tanque de 1.200 m<sup>2</sup> que ao converter para 10.000 m<sup>2</sup> alcança uma geração de lodo de 266.667 kg. Nesse sistema intensivo com dois ciclos seguidos de 120 dias por ano tem-se um total de 5.333.333 kg por ano, ou seja, 2,7 vezes a mais do que o lodo produzido no sistema semi-intensivo adotado pela cooperativa.

**Tabela 11** - Dados informados da produção de alevinos e juvenis do tanque VR4 em sistema intensivo em dois ciclos na Vila do Coite em Itacuruba-PE

<b>Dados do processo de produção do tanque VR4</b>	
Área	1.200 m <sup>2</sup>
Ciclos de vida (2)	120 dias
Ração consumida	1.300 kg
Calagem	100 kg
Quantidade de alevinos	100.000
Média do peso	20 g
Lodo coletado	32.000 kg

Fonte: Elaborada pelo autor

O potencial de geração de lodo na Vila do Coité em Itacuruba de acordo com a área cultivada de 10,0 hectares apresentada na Figura 5, tomando como base o uso otimizado desses tanques pelas associações e cooperativas que desempenham suas produções, pode chegar a mais de 5.120 toneladas por ano.

#### **4.3.2 Avaliação do potencial do lodo como única fonte de nutrientes**

A concentração do lodo em termos de nutrientes na condição de 12 % de umidade é de 0,39% de N, 0,163 % de  $P_2O_5$ , 1,38% de  $K_2O$ , 0,486% de CaO e 0,254% de MgO. Na definição do valor fertilizante do lodo e na condição de uso de 10 toneladas por hectare (2 kg por cova) para o cultivo da melancia e o seu valor equivalente para atender uma adubação requerida de 150 kg de N, 250 kg de  $P_2O_5$  e 350 kg de  $K_2O$  é de, respectivamente, 26,0%, 6,5% e 39,4%.

Neste cenário o lodo, caso fosse usado como única fonte de NPK seria principalmente uma fonte parcial de potássio e na sequência, em ordem de importância, uma fonte parcial de nitrogênio. O uso isolado do lodo como provável única fonte de adubação induz a um grave desequilíbrio em termos de adubação com  $P_2O_5$  comprometendo a sua eficácia em fornecer uma adubação balanceada.

Considerando os preços locais de varejo em Petrolândia para a Ureia, o Superfosfato Simples e o Cloreto de Potássio (respectivamente, R\$ 1,342; R\$ 1,018 e R\$ 1,6648 por kg) o valor equivalente em nutrientes do lodo seria de apenas R\$ 59,12 por tonelada que foi calculado da seguinte forma: N (3,9 kg de N equivalente a 8,67 kg de Ureia multiplicado por 1,342 Reais), P (1,63 kg de  $P_2O_5$  equivalente a 9,03 kg de Super Fosfato Simples multiplicado por 1,018 Reais) e K (13,8 kg de  $K_2O$  equivalente a 23,0 kg de Cloreto de Potássio multiplicado por 1,6648 Reais), totalizando N no valor de 11,63 Reais, P no valor de 9,20 Reais e K no valor de 38,29 Reais e resultando na soma de 59,12 Reais a tonelada.

O desequilíbrio (déficit) em nutrientes na aplicação do lodo na dosagem de 10 toneladas por hectare como única fonte possível de NPK para o cultivo da melancia seria de 111 kg de N, 233 kg de  $P_2O_5$  e 212 kg de  $K_2O$ . Isto representa, respectivamente, 244 kg de ureia, 1299 kg de SFS e 353 kg de KCl por hectare equivalendo a um valor total de R\$ 2.241,00 de despesa adicional apenas considerando o preço dos adubos sem incluir o custo adicional de aplicação desses 1.896 kg de adubo químico na lavoura.

### 4.3.3 Avaliação da composição percentual do adubo organomineral e particularidades sobre a disponibilidade de nutrientes

A fórmula percentual do adubo organomineral para atender á demanda de nutrientes para a lavoura considerada em um cenário de aplicação de 10 toneladas é de 50% de lodo, 33% de esterco de galinha (poedeira), 1,547% de pó de coco, 11,05% de Super Fosfato Simples e 4,403% de Cloreto de Potássio. A contribuição parcial, visando um uso de 10 toneladas de adubo organo mineral, de cada ingrediente da fórmula está apresentada na Tabela 12. A concentração de nutrientes do esterco de poedeira considerando um teor de 30% de umidade é de 4,6% de N, 1,30% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,50% de K<sub>2</sub>O, 5,46% de CaO e 0,83% de MgO.

**Tabela 12** - Contribuição parcial. em termos de nutrientes de cada componente do adubo organo-mineral formulado para uma aplicação de 10 toneladas por hectare.

Componente da Fórmula	Composição, %	Kg de nutriente por hectare				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Esterco de poedeira	33,000	152	43	17	180	28
Lodo de Tanque Escavado	50,000	20	8	69	24	13
Pó de Coco	1,547	1	-	-	15	5
Super Fosfato Simples	11,050	-	199	-	221	11
Cloreto de Potássio	4,403	-	-	264	-	-
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>173</b>	<b>250</b>	<b>350</b>	<b>440</b>	<b>56</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

A fórmula apresentada atende a legislação dos adubos organominerais em termos de concentração percentual de nutrientes e teor máximo de umidade. O valor equivalente em termos de calcário (CaCO<sub>3</sub>) é de 927 kg (1,79 x 440 kg para o CaO + 2,48 x 56 kg para o MgO). O aporte de potássio via aplicação de 10 toneladas de adubo organomineral através das fontes alternativas (lodo e esterco de poedeira) é de 25% do recomendado para a cultura. A aplicação maciça de KCl (440 kg) em solo arenoso em adubação de base para atender a recomendação técnica, mesmo usando adubo organomineral, pode resultar em perdas relevantes por lixiviação. Portanto existe um potencial de fracionar parte desse aporte do K da adubação de base em aplicações de cobertura para reduzir potenciais perdas.

A concentração de K no lodo é função, principalmente, do solo de origem onde se localizam os tanques escavados e do aporte via manejo da alimentação na produção de alevinos. Uma das grandes contribuições do lodo é a alta concentração de K principalmente quando integra um adubo organomineral que se destina a solos pobres nesse nutriente. O plantio da melancia manejada com irrigação ocorre em Neossolo Quartzarênico que

apresenta baixa capacidade de troca de cátions, reduzida capacidade de armazenamento de K, baixo nível de matéria orgânica e em região que apresenta distribuição concentrada das chuvas ao longo do ano. Estes são todos fatores que facilitam as perdas por lixiviação.

A utilização de superfosfato simples como fonte de 80% do fósforo no adubo organomineral traz vantagens adicionais pela presença de outros nutrientes que interagem com a principal fonte de nitrogênio que é o esterco de poedeira. Estas interações proporcionam potencialmente menor perda de nitrogênio porque inibem a formação de amônia.

O esterco de poedeira traz o aporte de 88% do nitrogênio presente no adubo organomineral. Os dados de literatura indicam que metade do N presente no esterco de poedeira é de disponibilidade imediata (solúvel) enquanto que a outra metade tem liberação lenta e continuada sendo dependente de reações bioquímicas no solo.

#### **4.3.4 Considerações econômicas sobre o valor relativo do adubo organomineral perante o equivalente adubo químico**

Tomando como base apenas a concentração de nutrientes NPK o adubo organomineral apresenta um preço que é 2,7% menor que o preço equivalente dos adubos químicos. Esta comparação é para a mesma quantidade de NPK oriunda da Ureia, SFS e KCl que são os principais componentes para formar o preço. Existem pelo menos três vantagens intrínsecas do adubo organomineral não consideradas neste comparativo: 1) a composição em equivalente calcário (927 kg de  $\text{CaCO}_3$ ), 2) alta concentração nos principais micronutrientes (Zinco, Boro, Cobre e Manganês) e, 3) o teor de matéria orgânica que alcança mais de 10%. Porém, o custo operacional para processar o adubo organomineral também necessita ser considerado.

#### **4.3.5 Análises econômica e financeira da produção de composto organomineral de resíduos de lodo gerados de tanques escavados nas margens do reservatório de Itaparica**

Os fertilizantes organominerais são produtos que combinam um componente mineral com um componente de material orgânico. Para serem classificados como organominerais, esses fertilizantes precisam apresentar concentrações mínimas de nutrientes (primários, secundários ou micronutrientes) e carbono orgânico. O componente orgânico do fertilizante é entendido como a matéria orgânica proveniente de resíduos de origem vegetal e animal, como

esterços, restos de culturas que permanecem no campo, palhadas, folhas, cascas e galhos de árvores, raízes de plantas, além de pequenos animais que vivem no solo, como insetos, fungos, bactérias e outros microrganismos (BNDES, 2017). No Apêndice A, detalham-se os termos e conceitos que a legislação estabelece acerca do setor.

#### *4.3.5.1 Caracterização social econômica e financeira da produção de adubo organomineral de lodo de tanques escavados da Cooperativa*

Agronegócio é o conjunto de negócios relacionados com a agricultura e a pecuária. Costuma-se dividir o estudo do agronegócio em três partes: na primeira parte, os negócios à montante da agropecuária, ou da "pré-porteira", representados pela indústria e comércio que fornecem insumos para a produção rural, como, por exemplo, os fabricantes de fertilizantes, defensivos químicos e equipamentos. Na segunda parte, trata-se dos negócios agropecuários propriamente ditos, ou de "dentro da porteira", representados pelos produtores rurais, sejam eles pequenos, médios ou grandes, constituídos na forma de pessoas físicas (fazendeiros ou camponeses) ou de pessoas jurídicas (empresas). E, na terceira parte, encontram-se as atividades à jusante dos negócios agropecuários, ou de "pós-porteira", onde estão: a compra, transporte, beneficiamento e venda dos produtos agropecuários até o consumidor final. Enquadram-se, nesta definição, os frigoríficos, as indústrias têxteis e calçadistas, empacotadores, supermercados e distribuidores de alimentos.

É verificado que os eventos "pré-porteira" são demandantes dos insumos, principalmente fertilizantes, "dentro da porteira" e "pós-porteira", são mais geradores de resíduos orgânicos nas produções e agroindústria. É o que acontece na piscicultura na atividade de produção de alevinos em tanques escavados, a geração dos lodos de fundo dos tanques escavados, portanto, essa atividade da cadeia produtiva é um potencial ofertante de resíduos orgânicos que podem ser aplicados como condicionante de solos na forma de composto orgânico ou na produção de adubo organomineral para produção agrícola de pequeno, médio e grande porte.

Em Pernambuco, o Governo do Estado através das políticas de produção inclusivas atua em várias frentes para estabelecer e fortalecer um APL de Piscicultura na Região de Desenvolvimento de Itaparica. A resenha do Governo do Estado se define assim: "Produtores familiares que se dedicam à criação de peixes no território do Sertão de Itaparica participam de reunião de apresentação de pactuação da matriz de ações e investimentos do Plano

Territorial da Rede Produtiva da Piscicultura, promovida pela Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária, por meio do ProRural, no município de Petrolândia”.

A matriz é resultado de um plano elaborado com a participação efetiva de representantes de organizações de produtores familiares, sociedade civil e instituições públicas e privadas. “O objetivo é o de articular políticas públicas, investimentos e parcerias para estimular o desenvolvimento da piscicultura na região formada pelos municípios de Belém do São Francisco, Itacuruba, Jatobá e Petrolândia”. O Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e o Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) estão inseridos na Secretaria da Agricultura e Reforma Agrária. O treinamento profissionalizante de jovens ocorre via programa PE no Batente da Secretária Social e Desenvolvimento Humano de PE.

Dessa forma interligam-se dois APLs incentivados no estado (MOUTINHO et al., 2010 a,b), sendo o de piscicultura do Sertão de Itaparica como fornecedor de insumos para o APL de Fruticultura Irrigada do Vale do São Francisco e nos perímetros irrigados na região de desenvolvimento de Itaparica.

Segundo Theodoro et al. (2007), o uso dos sedimentos pode ter utilidade para recuperação de solos com baixa fertilidade e com características físicas comprometidas com potencial de recuperação do teor de matéria orgânica, dos nutrientes e da estrutura do solo.

Na região de desenvolvimento de Itaparica, sobretudo nos perímetros irrigados, existe demanda por um adubo organomineral devido às características peculiares dos solos predominantes. O uso de adubo organomineral apresenta vantagens como fonte de nutrientes, potencial de reduzir o índice salino dos fertilizantes usados, auxiliar no combate à salinização em alguns tipos de solos argilosos, melhoria da estrutura do solo com aumento da capacidade de retenção da água de irrigação.

Nos perímetros irrigados existem inúmeras culturas perenes e temporárias que são desenvolvidas com intenso uso de insumos e altas produções por área. Os principais produtos são: coco da baía, limão, goiaba, manga, uva, banana, maracujá, melão, melancia, tomate e plantas medicinais. Cada uma dessas culturas tem especificidade no total de nutrientes exportados por unidade de área em função da produtividade.

O desenvolvimento de formulações específicas de diferentes adubos organominerais com concentração de nutrientes ajustada para cada cultura alvo tem enorme demanda. Para fazer o dimensionamento do mercado consumidor, preço máximo possível e a viabilidade econômica da instalação de uma fábrica de adubo organomineral usando como um dos insumos o lodo dos tanques escavados, é necessário desenvolver um projeto técnico e um estudo econômico.

Argemiro et. al., (2013) descreve a estrutura mínima necessária de equipamentos para a produção de fertilizante orgânico com a inserção do pó de serra, cama de frango e fosfato adicionando ainda biocatalisador para uma produção de 5.000 kg (Tabela 13).

O valor dos equipamentos em US\$ cotado em 31.12.2012 (taxa de conversão U\$:R\$ 2,043) foi de US\$ 86.725,17. Para o estudo da avaliação econômica com foco nos produtores de médio nível tecnológico a partir da produção de um adubo organomineral não granulado, que atende à produção agrícola dessa categoria, por não ser mecanizada, foi realizado um levantamento em quatro etapas: os orçamentos dos equipamentos, construção de um galpão, um leito de secagem descoberto e, por último, trator com a finalidade de executar as etapas de produção proposta de cinco toneladas por dia constante na Tabela 14.

O dimensionamento tendo como referencial os itens constantes na Tabela 13 e reajustado para reais pelo câmbio do dólar do dia 30.08.2017 (R\$ 3,129) para atualizar o valor dos equipamentos das etapas 1 e 2 está apresentado na Tabela 14. Os orçamentos da construção civil e veículos foram tomados no mês de agosto de 2017, direto com os fornecedores locais do setor de construção civil e vendas de máquinas e equipamentos.

**Tabela 13** - Relação de equipamentos para uma produção de 5.000 kg de adubo organomineral

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unid.</b>	<b>Quant.</b>	<b>Vlr. Unit. (R\$)</b>	<b>Vlr Total (R\$)</b>
<b>Etapa 1</b>					
1.0	Classificação de Composto Orgânico	-	-	-----	-----
1.1	Moega de Esteira para Produto Básico	ud	1	26.775,48	26.775,48
1.2	Moinho de Orgânicos	ud	1	15.460,43	15.460,43
1.3	Esteira de Elevação para a Peneira	ud	1	20.916,29	20.916,29
1.4	Peneira Vibratória	ud	1	28.031,51	28.031,51
1.5	Esteira de Saída da Peneira	ud	1	20.810,77	20.810,77
<b>Total Equipamentos - Fase 1</b>					<b>111.994,48</b>
<b>Etapa 2</b>					
	Equipamentos Complementares	-	-	-----	-----
2.0	Sistema de ensaque	-	-	-----	-----
2.1	Moega de Rosca para Ensaque	ud	1	9.758,31	9.758,31
2.2	Rosca Transportadora para Ensacadeira	ud	1	11.090,46	11.090,46
2.3	Ensacadeira com Balança	ud	1	13.212,87	13.212,87
2.4	Costuradeira	ud	1	24.023,40	24.023,40
2.5	Medidor de pH	ud	1	720,00	720,00
2.6	Analizador de Umidade	ud	1	5.600,00	5.600,00
2.7	Medidor de Temperatura	ud	1	780,00	780,00
<b>Total Equipamentos Complementares - Fase 2</b>					<b>65.185,04</b>
<b>Total Geral das Etapas 1 e 2</b>					<b>177.179,52</b>

Fonte: COOPFAM (2012)

Na etapa 3, no item 3.1 (tabela 14) estão dimensionados dois galpões com uma área de 96 m<sup>2</sup> cada, com valores das instalações elétricas e hidráulicas inclusas, sendo o primeiro galpão para executar as tarefas de recepção das matérias-primas (lodo, esterco de galinha e pó de coco) e as instalações dos equipamentos das Etapas 1 e 2 nas quais ocorrerá o processo de fabricação do fertilizante organomineral. O segundo galpão será para estoque das matérias-primas esterco de galinha e pó de coco, uma vez que esses insumos não são produzidos no local, o que acarretará em um armazenamento estratégico de sete dias no mínimo para que não falte o produto no momento da produção. Outra área do segundo galpão será para depósito do produto acabado por um período que será determinado no momento do ensaue a depender dos padrões físicos, químicos e biológicos da compostagem.

**Tabela 14**– Descrição dos equipamentos, construção civil e veículo necessários à produção de 5.000 toneladas de adubo orgamineral. O valor dos equipamentos foi convertido para a cotação do dólar do dia 30.09.2017 (U\$ 3,129) e totaliza US\$93.596,77

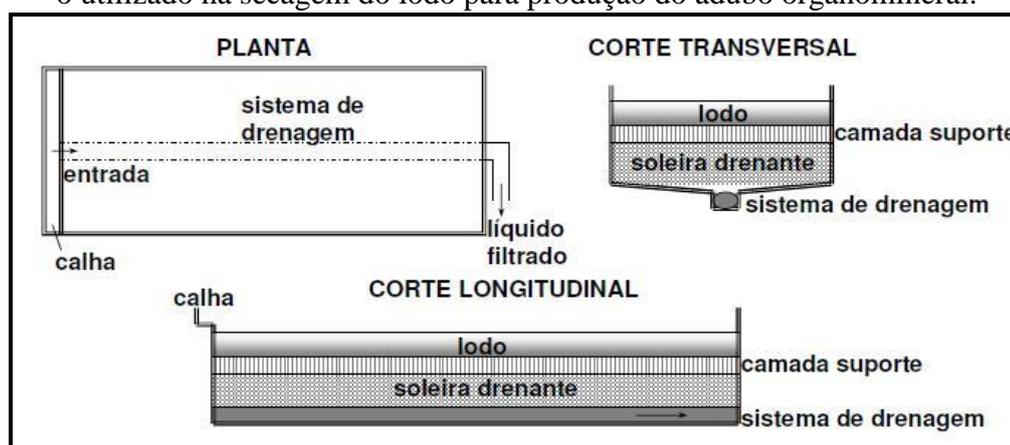
Item	Descrição	Unid.	Quant.	Vlr.it.(R\$)	Vlr.Total(R\$)
<b>Etapa 1</b>					
1.0	Classificação de Composto Orgânico	-	-	-----	-----
1.1	Moega de Esteira para Produto Básico	ud	1	44.257,83	44.257,83
1.2	Moinho de Orgânicos	ud	1	25.554,92	25.554,92
1.3	Esteira de Elevação para a Peneira	ud	1	34.573,04	34.573,04
1.4	Peneira Vibratória	ud	1	46.333,96	46.333,96
1.5	Esteira de Saída da Peneira	ud	1	34.398,62	34.398,62
1.6	Secador Rotativo	ud	1		
<b>Total Equipamentos - Fase 1</b>					<b>185.118,37</b>
<b>Etapa 2 - Equipamentos Complementares</b>					
2.0	Sistema de ensaue	-	-	-----	-----
2.1	Moega de Rosca para Ensaue	ud	1	16.129,74	16.129,74
2.2	Rosca Transportadora para Ensacadeira	ud	1	18.331,69	18.331,69
2.3	Ensacadeira com Balança	ud	1	21.839,87	21.839,87
2.4	Costuradeira	ud	1	39.708,85	39.708,85
2.5	Medidor de pH	ud	1	1.190,11	1.190,11
2.6	Analizador de Umidade	ud	1	9.256,37	9.256,37
2.7	Medidor de Temperatura	ud	1	1.289,28	1.289,28
<b>Total Equipamentos Complementares - Fase</b>					<b>107.745,91</b>
<b>Etapa 3 - Construção Civil</b>					
3.0	Leito de secagem descoberto	m <sup>2</sup>	2.250	32,36	72.810,00
3.1	Galpão Estrutura Metálica 6x16 (2)	m <sup>2</sup>	192	484,61	93.044,25
<b>Total Construção Civil - Etapa 3</b>					<b>165.854,25</b>
<b>Etapa 4 – Veículos</b>					
4.0	Mini Carregadeira + carreta agrícola (Bobcat S130)	ud	1	105.000,00	105.000,00
<b>Total Geral das Etapa 1, 2 e 3</b>					<b>563.718,53</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

*Outra Economia* (2013) menciona que o fertilizante orgânico à base de cama de frango, pó de serra, fosfato, água e biocatalisador devem ficar em repouso pelo menos 30 dias para que o processo de compostagem esteja completo. Em se tratando de lodo de tanques escavados da piscicultura que terá o maior percentual na composição do organomineral com elevado nível de nutrientes minerais, pouca matéria orgânica e baixa umidade (Tabelas 4 e 5), não haverá necessidade de ser estocado por longo período. Os dias de estoque ficarão mais em função da logística de entrega nas propriedades produtoras localizadas em torno da processadora com localização média de 70 km da unidade produtora.

Os leitos de secagem são unidades de tratamento, geralmente projetadas e construídas em forma de tanques retangulares, que têm por objetivo desidratar, por meios naturais, o lodo digerido (JORDÃO; PESSOA, 1995). Na Figura 16 está apresentado um corte estrutural de um leito de secagem constituído de varias camadas contendo areia, pedra brita, drenagem e bordaduras laterais. Segundo Melo (2006) em um experimento em Campina Grande no estado da Paraíba com diferentes cargas de lodo (21, 27, 41, 55 e 68 kg SST/m<sup>2</sup>), a de 21 kg SST/m<sup>2</sup> com umidade de 40% conseguiu reduzir em 7 dias para 10% de umidade por evaporação. Com base nesses dados foi calculada a dimensão do leito de secagem para a produção de 5.000 kg dia.

**Figura 16** – Vista dos cortes transversal e longitudinal de leito de secagem. Esse modelo será o utilizado na secagem do lodo para produção do adubo organomineral.



Fonte: Wordpress (2017)

A produtividade diária do lodo seco é calculada baseado em 4 tempos: T1: Tempo para preparação do leito e descarga do lodo; T2: Tempo de percolação; T3: Tempo de evaporação para se atingir a umidade desejada e; T4: Tempo de remoção dos sólidos secos, sendo que os T1 e T4 operacionais e T2 e T3 dependentes das condições meteorológicas (Van Haandel & Lettinga, 1994).

O processo de desidratação do lodo consiste em percolação e evaporação, sendo a percolação um processo rápido de desaguamento no início e depois mais lenta ficando para a evaporação a responsável pela retirada da água para a atmosfera, porém esse efeito é dependente das condições atmosféricas, principalmente, a radiação solar. Segundo Aisse et al., (1999), a percolação é o processo que mais contribui na remoção da água; todavia, a percolação só é viável até que o lodo atinja, aproximadamente, teor de sólidos de 20% de modo que a evaporação é essencial para se obter lodo com teor mais elevado de sólidos.

Para cálculo do Tt (tempo total) dos T1 e T4 determinamos 2 dias por ser uma tarefa realizada por um trator, ou seja, uma operação mecanizada distribuída em 0,5 dia para T1 e 1,5 dia para T4. O T2 foi calculado pela fórmula:  $T2 = (Cs^2 / 420) + 0,5$  ( $15\text{kg SST.m}^{-2} < Cs < 50\text{kg SST.m}^{-2}$ ), na qual a carga de sólidos aplicada foi determinada na medida  $\text{kg SST.m}^{-2}$  e T2 o tempo de percolação em dias (MELO, 2006).

Para o cálculo do T2 e T3 foi considerada uma carga (Cs) de  $21 \text{ kg SST.m}^{-2}$ , como está detalhado no experimento citado e foi tomada para que ocorresse a redução da umidade média considerada na Tabela 5. O tempo de evaporação para conseguir a umidade desejada no experimento citado foi de 7 dias, entretanto, como a média da radiação solar medida no ano de 2016, em uma avaliação da energia radiada em Itacuruba, mostrou uma média de  $5,44 \text{ KWh.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  considerada alta, sendo os meses mais baixo junho e julho com 3,58 e 4,36 respectivamente e no restante do ano a menor 4,94, sendo a maior  $6,25 \text{ KWh.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  (Tabela 15). Diante dessas informações que reduzimos em um dia o tempo de evaporação (T3). Segundo Melo (2006) no município de Campina Grande, na Paraíba, no ano de 2005 a média da radiação solar foi de  $5,11 \text{ KWh.m}^{-2}$  e a umidade relativa do ar 77,07% e o T3 foi de 7 dias. No cálculo do T2 utilizamos a fórmula:  $T2 = ((21)^2/420)+0,5 = 1,55$  dias, e a produtividade do lodo seco (Pls) foi encontrada pela fórmula:  $\text{Pls} = Cs / Tt$ , sendo a carga de lodo seco ( $\text{kgSST.m}^{-2}$ ) dividido pelo o tempo total (Tt) expresso em dias para secar uma determinada massa de lodo (MELO, 2006). Portanto, a produtividade encontrada para Tt foi:  $Tt = 0,5+1,55+1,5+6 = 9,05$  dias, arredondado para 9 dias, a produtividade do lodo seco para a  $Cs = 21 \text{ kgSST/m}^2$  é:  $\text{Pls} = 21/9,0 = 2,33 \text{ kgSST/m}^2$  ao dia.

No ano de 2016 realizou-se uma avaliação da irradiação solar no município de Itacuruba e o resultado mensal estão demonstrados na Tabela 15. O medidor foi instalado por uma empresa na área urbana no local denominado centro dos idosos onde se pratica plantio de hortaliças como práticas de ocupação e geração de renda. O centro é mantido pela Prefeitura Municipal de Itacuruba-PE. Com esses índices mensais pode-se calcular com mais precisão o

tempo de evaporação da água do lodo e o tempo de secagem por período para otimização da produção nos leitos de secagem.

Com os dados levantados a dimensão do leito de secagem ficou em 2.146 m<sup>2</sup> para a produção de 5.000 kg ao dia que ficou considerado 2.250 m<sup>2</sup> para efeito dos cálculos inteiros.

**Tabela 15** - Dados Irradiação Global Horizontal (IGH) - Itacuruba (PE)

<b>Dados Irradiação Global Horizontal (IGH) - Itacuruba-PE ( 2016)</b>	
<b>Mês</b>	<b>IGH [kWh/m2.dia]</b>
Janeiro	6,21
Fevereiro	6,25
Março	5,82
Abril	5,47
Mai	4,94
Junho	3,58
Julho	4,36
Agosto	4,96
Setembro	5,69
Outubro	6,14
Novembro	6,24
Dezembro	5,60
<b>Média Anual</b>	<b>5,44</b>

Fonte: BRIK, 2017

Para facilitar o manejo e produtividade foram divididos em 5 módulos de 6 leitos medindo 5m de largura x 75 m comprimentos x 0,15 m de altura (bordas) cada no total de 30 leitos de secagem e cada leito dividido em compartimentos com uma área de com dimensão 5 metros de largura x 15 metros de comprimento, como segue na Tabela 16.

**Tabela 16** - Dimensionamento dos leitos de secagem para uma produção de 5.000 kg ao dia para uma produção de 100.000 kg mensal.

<b>Descrição</b>	<b>Área* (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Número de leitos. módulo-<sub>1</sub></b>	<b>Capacidade de Produção.módulo-<sub>1</sub></b>	<b>Módulo</b>	<b>Ciclo Mensal</b>	<b>Produção Mensal (Ton)</b>	<b>Perda</b>	<b>Produção Final</b>
Leito de secagem	375	6	5.250	5	4	105.000	5.000	100.000

\*(Cada leito subdivido em 5 áreas com 75 m<sup>2</sup>.leito-<sup>1</sup>)

Fonte: Elaborada pelo autor

Esse sistema com baixo custo só é possível em regiões que apresentam áreas disponíveis e com baixo valor, como é o caso da localidade Vila do Coité em Itacuruba (PE) onde está implantada a Cooperativa COOPVALE.

Finalmente, com os levantamentos dos custos das máquinas, equipamentos, veículos e construção civil ficam demonstrados os valores financeiros de investimentos para a produção do adubo organomineral e que será usado no estudo da viabilidade econômica financeira.

Foi analisada a capacidade de geração dos resíduos (esterco de galinha e pó de coco) que entrará na composição do adubo organomineral proposto pela COOPVALE para uma produção anual de 1.200 toneladas e o custo de cada insumo colocado na Vila do Coité – Itacuruba (PE), onde está localizada a COOPVALE (Figura 3).

4.3.5.2 Estudos de viabilidade econômico-financeira da produção do organomineral para produtores de melancia de média tecnologia com a utilização do lodo de tanques escavados gerados da produção de juvenis de tilápia

Na implantação da produção do adubo organomineral foi elaborada uma planilha orçamentária tomando como base a relação de equipamentos da Cooperativa de Agricultores Familiares do Território do Portal da Amazônia (COOPAFAM) apresentado na Tabela 13 com o foco na fruticultura de médio nível tecnológico para a análise inicial da plantaçã de uma processadora do composto organomineral necessário ao estudo de viabilidade econômica financeira.

Na Tabela 14 consta a relação dos equipamentos sugeridos para a fabricação do adubo organomineral e os valores correspondentes em todos os equipamentos, construção civil e equipamentos para atender a capacidade proposta de cinco mil toneladas por dia.

Alfred Marshall (1890), na obra *Principles of Economics*, assinala o seguinte: “Nem todas as ações humanas são objeto de cálculo econômico. Mas o lado da vida do qual a Economia se ocupa, especialmente, é aquela no qual ocorre, com mais frequência, calcular os custos e benefícios de determinada ação ou empreendimento, antes de executá-lo. E no qual é possível calcular seus resultados e efeitos”.

Atualmente, foram desenvolvidos outros métodos de avaliação financeira de projetos de investimento, relevando citar os baseados no valor descontado do fluxo de caixa, portanto, nesse contexto menciona-se Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Esses foram os índices trabalhados nessa proposta para a avaliação econômica financeira.

O fluxo de caixa financeiro constitui uma ferramenta básica de avaliação de projetos de investimento. Em consonância com os critérios de viabilidade financeira e risco de projetos de investimento, a citada avaliação deve ser considerada por elementos de valoração de preços e custos de mercado e homogeneidade de parâmetros comparativos (SOARES, 2007).

Vieira (1985), autor do Manual de aplicações financeiras, faz as seguintes considerações: “O Valor Presente Líquido (VPL) é uma técnica de análise de fluxo de caixa, o qual consegue calcular o valor presente de uma série de pagamentos, a uma taxa conhecida, e deduzir deste valor o fluxo inicial (valor do empréstimo, financiamento ou investimento)”. “A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa equalizadora do valor atual de um ou mais pagamentos (saídas de caixa) com o valor atual de um ou mais recebimentos (entradas de caixa)”.

Com os dados financeiros de implantação do processo para produção do adubo organomineral, receitas e custos obteve-se o resultado do valor presente líquido (VPL) do investimento que é o indicador importante para avaliar se o empreendimento tem uma viabilidade financeira mediante a uma taxa média de atratividade (TMA) do mercado.

A taxa mínima de atratividade (TMA), que expressa o custo de oportunidade, tomou-se como base a média da rentabilidade da poupança do ano de 2017.

Para o cenário de 100% de lodo na adubação da melancia, como mostra a Tabela 17, foi calculado o custo de R\$ 149,68 por tonelada produzida.

**Tabela 17** - Custos operacionais para a produção de cinco toneladas de adubo com 100% de lodo de tanques escavados para aplicação em melancia

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	UD	Custo total (R\$)
Lodo (Z)	Kg	5.000	0,064683	43,21%	323,42
Mão de obra operacional	Func	3	1381,66	18,46%	138,17
Energia	Kwh	312	0,3087	12,87%	96,31
Transporte	ton	5	35,5	23,72%	177,50
Sacaria	sc	100	0,13	1,74%	13,00
Custo do por tonelada	R\$	149,68		100,00%	748,40

Fonte: Elaborada pelo autor

O valor unitário do lodo foi elaborado a partir de um manejo mecanizado em que foram usados um trator e uma caçamba transportadora para conduzir o lodo ao leito de secagem. Para o transporte de cinco toneladas de lodo em quatro horas de jornada de trabalho foi utilizado o seguinte:

Tratorista (T) = R\$ 1.402,96 (salário + encargos), diária de R\$ 46,77;

Consumo do trator (CT) = R\$ 41,30 (consumo de 3,5 litros de diesel por hora);

Custo mecanizado do lodo (CML) =  $(46,77/2) + 41,30 = \text{R\$ } 64,683$ .

O valor por tonelada para formação da receita considerada nesse estudo é o citado no item insumos (adubação química e orgânica) na planilha para implantação dos custos de um hectare de melancia para produtores com nível tecnológico médio, que é a recomendada para uma produtividade de até trinta toneladas de melancia por hectare, como mostra a tabela 19.

Para esse cenário não foi atualizado o custo do adubo orgânico por não receber um processamento na região onde ocorreu o levantamento dos custos (Petrolândia-PE) e tratar de esterco de galinhas poedeiras produzido no local do estudo. O adubo químico permaneceu o mesmo preço por se tratar de um produto com características genéricas para atender aos requisitos nutricionais mínimos da cultura de melancia e não sofrer grandes oscilações de preço no mercado.

Para o organomineral foi considerado o adubo orgânico processado e os nutrientes NPK demandados pela cultura de melancia com seus valores financeiros cotados em uma empresa local de distribuição de produtos agrícolas (Central dos Adubos) localizada no município de Petrolândia (PE). Os preços de venda dos adubos químicos foram levantados em agosto de 2017 e estão na Tabela 18.

**Tabela 18** – Cotação de venda dos nutrientes NPK na Central de Adubos em Petrolândia-PE.

EQUIVALÊNCIA ADUBO MINERAL			
Nutriente	Quantidade	Vlr R\$ unitário	Vlr R\$ unt. Parcial
N (Via Ureia)	381,973	1,342	512,607
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Via Super Fosfato Simples)	1.388,929	1,018	1.413,930
K <sub>2</sub> O (Via Cloreto de Potássio)	583,264	1,664	971,018
<b>TOTAL</b>	<b>2.167 kg</b>	<b>Adubo Químico</b>	<b>2.897,5563</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

As mesmas cotações foram aplicadas no item insumos da planilha de implantação que consta na Tabela 19 e, por fim, o adubo orgânico esterco de galinha poedeira foi cotado em agosto de 2017 por R\$ 150,00 a tonelada entregue na processadora.

O valor adicionado bruto é o valor que a atividade agrega aos bens e serviços consumidos no seu processo produtivo. É a contribuição ao produto interno bruto pelas diversas atividades econômicas, obtida pela diferença entre o valor bruto da produção e o consumo intermediário absorvido por essas atividades (IBGE, 2015). Para efeito dos custos das matérias primas NPK tomou-se como base o percentual do valor adicionado das empresas de pequeno porte das atividades comerciais que tem uma média em torno de 27%.

**Tabela 19** - Orçamento de Implantação de um hectare da cultura de melancia irrigada para agricultores de nível tecnológico médio

<b>ORÇAMENTO POR HECTARE</b>					
Espécie					Área Total
<i>Melancia (IRRIGADA) N.T. MÉDIO</i>					<i>1,0 HÁ</i>
Especificação	Quant.	Unid.	Valor (R\$ 1,00)		Época de Realização
			Unit.	TOTAL	
<b>1) Preparo de solo</b>				<b>480,00</b>	<b>Jan/dez</b>
Aração e gradagem	4	HM	120,00	480,00	<b>Parcela I</b>
<b>2) Plantio</b>				<b>2.700,00</b>	<b>Jan/dez</b>
Plantio manual	15	HD	45,00	675,00	<b>Parcela I</b>
Aplicação de adubo de fundação e defensivos	45	HD	45,00	2.025,00	<b>Parcela I</b>
Transporte insumos	1	Verba	480,00	480,00	<b>Parcela I</b>
<b>3) Tratos culturais</b>				<b>990,00</b>	<b>Jan/dez</b>
Aplivação de herbicida	10	HD	45,00	450,00	<b>Parcela II</b>
Aplicação de defensivos	12	HD	45,00	540,00	<b>Parcela II</b>
<b>4) Insumos</b>				<b>4.975,00</b>	<b>Jan/dez</b>
Sementes	0,5	kg	380,00	190,00	<b>Parcela I</b>
Adubação química	1,4	T	1.500,00	2.100,00	<b>Parcela I</b>
Adubo orgânico	4	T	80,00	320,00	<b>Parcela I</b>
Energia elétrica	3300	KW	0,45	1.485,00	<b>Parcela I</b>
Inseticida	1	Verba	540,00	540,00	<b>Parcela I</b>
Fungicida	1	Verba	260,00	260,00	<b>Parcela I</b>
Herbicida	1	Verba	80,00	80,00	<b>Parcela I</b>
<b>5) Colheita</b>				<b>2.400,00</b>	<b>Jan/dez</b>
Colheita/transporte interno/ carregamento	60	HD	40,00	2.400,00	<b>Parcela III</b>
<b>Total</b>				<b>11.545,00</b>	

**Observações:** Espaçamento 1,5 x 1,0 m e Produtividade = 30 toneladas

Fonte: BNB (2017)

Para formação dos custos operacionais dos insumos químicos dos minerais NPK tomou-se o percentual do valor adicionado da atividade dos valores mostrados na Tabela 19 de 27% e deduziu dos nutrientes minerais. Portanto, o valor considerado dessa conta insumos adubo químico para compra do NPK ficou no total de R\$ 2.115,21 ou proporcional ao uso demandado na composição.

As receitas consideradas nesse cenário foram às praticadas pelos preços cotados na empresa comercial de vendas de insumos agrícolas mostrados na Tabela 18 e transportados para a Tabela 19 para o item adubação química. O adubo orgânico foi cotado pelo preço praticado no mercado local. Por fim, foi acrescentado o valor do frete que consta na Tabela 17 (Transporte de insumos).

Para o estudo da escala de produção anual foi considerada uma jornada de trabalho de vinte dias por mês com uma carga horária de oito horas e produção de cinco toneladas diárias nos dois cenários. Nos custos fixos é considerada a depreciação. A produção prevista anualmente é de hum mil e duzentas toneladas de processamento de insumos organominerais com a fonte de lodo de tanques escavados. Ante o exposto acima foi construído primeiro o fluxo de caixa de investimento para o cenário de 100% lodo com o auxílio da ferramenta sistema de análise de projetos (SEAP), como mostra a Tabela 20.

**Tabela 20** - Fluxo de caixa de investimento para produção de cinco toneladas diárias de lodo de tanques escavados para uso em melanciaira.

<b>SEAP – SISTEMA DE ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE PROJETOS</b>		
Fluxo de caixa privado		
Cliente – COOPERATIVA	CGC 3524472/0001-31	Data 10/12/2017
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1 a 10 anos</b>
Entradas	0,00	348.000,00
Vendas nacionais		348.000,00
Total de entradas	0,00	348.000,00
Saídas por investimentos	-563.718,53	0,00
Construções civis	-165.854,25	
Máq./equip. nacionais	-397.864,28	
Saídas por custos operacionais	0,00	-179.616,00
Outros cust.prod.ven		-179.616,00
Outras saídas	0,00	-21.626,51
Provisão para o IR		-21.626,51
Total de saídas	-563.718,53	-201.242,51
Fluxo líquido	-563.718,53	146.757,49
Taxa Interna de Retorno Econômico:		22,66
VPL do Fluxo Econômico:		903.856,40
Período considerado:		10 (anos)
Taxa mínima atrativa:		7,00
Depreciação:		24.207,28
<i>Payback:</i>	4,60	anos

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos valores citados nas tabelas 13, 17 e adaptados na tabela 19-SEAP

O Valor Presente Líquido (VPL) que é o resultado da diferença entre o somatório das séries de benefício e custo, ou seja, do fluxo de caixa financeiro descontado em função do custo de oportunidade (taxa de juros  $i$ ) e período (prazo de análise) realizou-se mediante seguinte fórmula:

$$VPL = \frac{FC_0}{1+i)^0} + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n},$$

em que FC representa os valores médios esperados do fluxo de caixa de projeto de investimento, os quais são reinvestidos durante o prazo de análise a taxa mínima de

atratividade ou custo de oportunidade (taxa de juros  $i$ ). O investimento inicial é o considerado no ano zero, expresso por  $CF_0$  e o último valor da série simbolizado por  $CF_n$ , condicionado pelo prazo da análise estabelecido (SOARES, 2007).

Segundo Merret e Sykes, na sua obra *The Finance and Analysis of Capital Project*: “A Taxa Interna de Retorno é a taxa de rendimento sobre o capital pendente por período enquanto está investido no projeto”. A TIR é expressa pela seguinte fórmula matemática:

$$VPL = \frac{FC_0}{(1+i)^0} + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} = 0$$

Essas formulações do VPL e TIR é a síntese utilizada pelo referido *software* (SEAP) para a avaliação econômica financeira do empreendimento para produção do organomineral.

O valor presente líquido é maior que zero, portanto, esse investimento tem rendimento que compensa a taxa mínima de atratividade de 7%. O valor presente líquido (VPL) foi R\$ 903.856,49. Caso fosse negativa, não estaria previsto um prejuízo contábil, porém, um valor que não alcança a taxa mínima de atratividade (TMA). O VPL é indicativo se o projeto é viável ou não.

Pela taxa interna de retorno (TIR) o projeto é atrativo por ser essa taxa maior que a taxa mínima de atratividade (TIR > TMA), pois a TIR do projeto foi de 22,66% contra uma TMA de 7%.

O projeto apresenta uma viabilidade porque minimamente o mesmo consegue pagar a depreciação de R\$ 24.207,28, considerada despesa fixa, devido ao fluxo de caixa líquido ser superior a esse valor, ou seja, ele é positivo e seu valor é R\$ 146.757,49.

No estudo com 100% de lodo pode-se considerar um projeto de investimento de produção atrativo e atende aos produtores de nível médio da região como um produto ambientalmente correto. Um ponto fraco desse produto são os níveis de minerais na sua composição, pois os mesmos não possuem um balanceamento nutricional exigido para uma produtividade alta, assim como o produto comercial vendido no mercado.

O *paylack*, que é o tempo de retorno do capital empregado, que é calculado dividindo o investimento total pelo lucro líquido em anos que nessa primeira análise foi de quatro anos e meio (4,5), portanto, ficando abaixo do estabelecido no estudo de viabilidade considerado de 10 anos. Nesse caso pode trabalhar com um preço de venda menor do que o ofertado no mercado.

Em seguida, na Tabela 21 estão descritos os custos operacionais da produção do adubo organomineral operacionalizado na forma de bateladas de 5.000 kg com a composição adequada para lavoura de melanciaira.

**Tabela 21-** Custos operacionais da fábrica de adubo organomineral destinado à lavoura de melancia quando operado em bateladas de 5 mil kg ao dia

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Lodo	Kg	2500,00	0,065	161,71
Excreta de poedeira	Kg	1650,00	0,18	297,00
Pó de coco	Kg	77,35	0,28	21,66
Super fosfato simples	Kg	552,5	0,74314	410,58
Cloreto de Potássio	Kg	220,15	1,215304	267,55
Mão de obra operação	Func	3	1381,66	138,17
Energia	Kwh	312	0,3087	96,31
Transporte	Ton	5	35,5	177,50
Sacaria	Sc	100	0,13	13,00
Custo do organomineral (R\$.ton <sup>-1</sup> )				231,70
Custo de operação (R\$.ton <sup>-1</sup> )				85,00
Custo total de produção (R\$.ton <sup>-1</sup> )				316,70

Fonte: Elaborada pelo autor a partir das Tabelas 17 e 18

Diante desses dados utilizou-se da ferramenta de Análise e Estudo de Elaboração de Projetos (SEAP) para determinar o mérito socioeconômico do projeto baseado no preço de mercado do organomineral de acordo com o NPK. A Tabela 22 mostra o fluxo de caixa para esse cenário.

Para a fábrica do organomineral o valor presente líquido é maior que zero, portanto, esse investimento tem um rendimento atrativo devido à taxa mínima de atratividade de 7% apresentar menor que a taxa de retorno de 8,6%, o que faz esse empreendimento está com um retorno melhor do que uma taxa de remuneração financeira, ou seja, a taxa mínima de atratividade (TMA), que o pequeno empresário consegue nas instituições financeiras voltadas para esse mercado decretadas pelo Banco Central (BC) nos planos safras anualmente.

O valor presente líquido (VPL) é R\$ 299.302,40 (positivo), ou seja, o empreendimento é remunerado abaixo do período determinado na análise, isto por ter um bom fluxo de caixa, o que o torna viável economicamente.

A taxa interna de retorno (TIR) do projeto foi de 8,64% e para empresas de pequeno porte o setor financeiro considera uma taxa mínima de atratividade (TMA) de até 7% que foi a taxa estabelecida com base na poupança do período, portanto, maior do que a ofertada pelo mercado financeiro de baixo risco. Outro fator é que o projeto apresenta viabilidade financeira porque, no mínimo, o mesmo consegue pagar a depreciação de R\$ 24.207,28 devido ao fluxo de caixa líquido ser superior a esse valor, ou seja, ele é positivo e seu valor é R\$ 86.302,09.

**Tabela 22** - Fluxo de caixa de investimento para produção de cinco toneladas diárias de adubo organomineral a partir a partir de lodo de tanques escavados, esterco de poedeira e pó de coco para uso em melanciaira

<b>Seap – sistema de elaboração e análise de projetos</b>		
<b>Fluxo de caixa privado</b>		
Cliente – cooperativa	CGC 3524472/0001-31	
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1 a 10 anos</b>
Entradas	0,00	477.300,00
Vendas nacionais		477.300,00
Total da entraas	0,00	477.300,00
Saídas por investimentos	563.718,53	0,00
Contruções civis	165.854,25	
Máq./equip. Nacionais	397.864,28	
Saídas por custos operacionais	0,00	-380.040,00
Outros cust.prod.ven		-380.040,00
Outras saídas	0,00	-10.957,91
Provisão para o IR		-10.957,91
Contribuição social		0,00
Total das saídas	563.718,53	-390.997,91
Fluxo líquido	563.718,53	86.302,09
Taxa interna de retorno econômico:	8,60 %	
Valor presente líquido do fluxo econômico:		299.302,40
Período considerado:	10 (anos)	
Taxa mínima atrativa:	7,00 %	
Depreciação:		24.207,28
Payback:	9,08 Anos	

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos valores citados nas tabelas 14, 21 e adaptados na tabela 19-SEAP.

Neste cenário do organomineral é observado que o projeto de produção é atrativo e atende aos produtores de nível médio da região com eficiência nutricional e ambiental. O ponto forte do produto são os níveis de minerais na sua composição exigidos pela cultura de melância. O *payback* encontrado de nove anos e oito décimos (9,08) está abaixo do estabelecido no estudo de dez anos e, conseqüentemente, o produto pode ser comercializado a preço menor do que a oferta que tem no mercado.

## 5 CONCLUSÕES

O desafio estabelecido para construir esta tese foi desenvolver soluções práticas para mitigar o impacto ambiental causado pelo manejo inadequado do lodo retirado dos tanques escavados na produção de alevinos. A proposição levou em consideração os objetivos específicos do projeto INNOVATE que visa alcançar a integração da produção animal com a produção vegetal para ciclagem de nutrientes como uma relevante contribuição para mitigar os impactos ambientais das atividades econômicas desenvolvidas às margens do reservatório de Itaparica.

O entendimento da natureza e intensidade das relações existentes entre os diferentes elementos (naturais, técnicos, atores e símbolos/sinais) permitiu compreender a complexidade do problema proposto e visualizar possíveis soluções.

Estas soluções foram propostas tendo como foco o manejo sustentável das atividades desenvolvidas no âmbito do submédio São Francisco visando explorar o potencial de complementariedade dos diferentes APL's estruturados. Reconhecendo que o meio ambiente sustenta as sociedades e que estas desenvolvem a Economia, a opção pela reciclagem dos nutrientes foi o ponto de partida e de chegada para propor as soluções.

Resta provar que as soluções propostas na dimensão ambiental, que têm reflexos na dimensão social, também são viáveis na dimensão econômica. Isto pode ser alcançado com a estruturação de um plano de negócios, constituindo uma fábrica de adubo organomineral, e a efetiva aplicação do produto resultante nas produções agrícolas de médio nível tecnológico desenvolvidas em solos arenosos predominantes nos perímetros irrigados.

A avaliação demonstrou a viabilidade econômica para a produção de um produto organomineral que é economicamente viável: a produção de adubo organomineral a partir do lodo de tanques escavados como um insumo básico nesse negócio.

O cenário da produção do organomineral com a adição do esterco de aves poedeira e pó de coco mais a adição de adubos minerais gerou um fluxo de caixa que gerou um VPL e TIR como um investimento atrativo.

A viabilidade técnica e econômica para a formação do adubo organomineral depende da composição do lodo dos tanques escavados e do destino a ser dado ao adubo. A composição e valor do lodo é resultado do tipo de solo onde os tanques escavados estão localizados e dos manejos adotados durante a produção/colheita dos alevinos e durante o

manejo do lodo. Adicionalmente, a composição do adubo organomineral é determinada pela fertilidade natural do solo e pela exigência da cultura ao qual se destina.

De acordo com cada estudo de caso apresentado, conclui-se que:

- a) Estudo de Caso 1 - Qualidade do resíduo de tanques de produção de alevinos condicionante de solos no semiárido de Pernambuco: subsídios para gestão ambiental. O resíduo do fundo de tanques escavados com cultivo de alevinos apresentou qualidade agrônômica, com uma considerável reserva de nutrientes comparadas com esterco de animais: bovino, suíno e de galinha.

As maiores diferenças foram, principalmente, em K e Mg, embora N, P e Ca também tenham apresentado tendência de valores mais altos.

A relação C/N indica que este resíduo orgânico possui alta capacidade de mineralização e, conseqüentemente alta capacidade de disponibilizar mais rapidamente seus nutrientes às plantas.

- b) Estudo de Caso 2 - Manejo de lodo de lagoas de peixes nas margens do Reservatório de Itaparica: Uma alternativa para melhorar a produção agrícola.

A incorporação de lodo proveniente de tanques escavados nos quais os alevinos são criados de forma intensiva aumentou a concentração de N, P e K e melhorou as características físicas do substrato, reduzindo a sua densidade e aumentando sua capacidade de retenção de água, indicando que o lodo poderia ter potencial para uso agrícola. O aumento da capacidade de retenção de água do substrato e a incorporação de matéria orgânica são particularmente importantes numa região do semiárido devido às chuvas irregulares.

As plantas de alface cresceram mais rapidamente e absorveram mais N quando o lodo foi incluído em proporções crescentes do substrato, até a proporção de 75% do peso total. Com essa proporção, a produção de biomassa aumentou 50% e a absorção de N mais do que dobrou.

As concentrações de P e K nas plantas foram menores quando o lodo foi incluído, provavelmente devido a um efeito de diluição proporcionado pelo maior crescimento da planta e ao tempo insuficiente para permitir a mineralização das formas orgânicas desses nutrientes no lodo.

Portanto, a aplicação de lodo de tanques escavados em culturas na região pode ser uma alternativa promissora para aumentar a sua produtividade e ao mesmo tempo ajudar a resolver problemas causados pela disposição inadequada deste material, que é um motivo para preocupação com a degradação ambiental.

- c) Estudo de Caso 3 – Avaliação econômica do lodo de tanques escavados às margens do reservatório de Itaparica para reuso como condicionante de solos: uma alternativa para pequenos e médios produtores agrícolas de adubo orgânico e organomineral

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que o lodo de tanques de alevinos pode ser utilizado como componente de adubo organomineral para desenvolver práticas agrícolas no semiárido.

O lodo tem potencial nutritivo que pode atender parcialmente a demanda de diversas culturas.

Nos cenários construídos existe viabilidade econômica na produção de um adubo organomineral nutricionalmente balanceado para cultivo da melancia, principalmente, o composto 50% de lodo, pois, além de atender às exigências nutricionais, tem índices econômicos como o VPL de R\$ 299.302,40, a TIR de 8,60% sendo maior que a TMA de 7,00% e o tempo de retorno do capital de 9,08 anos abaixo do estabelecido no projeto. Com esses indicadores econômicos para negócios de pequeno porte é viavelmente econômico gerador de renda e emprego, assim como, ambientalmente saudável devido ao reuso dos resíduos sólidos gerados na atividade piscícola.

Novos estudos devem ser realizados para avaliar o uso desse material como componente de adubo organomineral em lavouras de melancia. O foco deverá ser um maior conhecimento sobre a dinâmica dos nutrientes e compreende três fases distintas: 1) redução de perdas no manejo do lodo após a colheita dos alevinos e durante a fabricação do adubo organomineral, 2) estabelecer a dinâmica na interação dos nutrientes nos solos arenosos usados nos APLs de produção vegetal no semiárido e, 3) avaliação, no curto e médio prazo e em condições de campo, da efetividade do adubo organomineral para sustentar sucessivas produções.

## REFERÊNCIAS

- ABISOLO, 2010. **Plano Nacional de Biomassa**. 44a Reunião da Câmara Temática de Insumos Agropecuários. Palestra técnica. 2009. Brasília-DF: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 16.nov.2009.
- ADAGRO - AGÊNCIA DE DEFESA E FISCALIZAÇÃO AGROPECUÁRIA USAV'S (Unidades locais de sanidade animal e vegetal) - Petrolândia e Floresta - Consulta de registro de produção e sanidade em: set.2017.
- ARGEMIRO, L. B., WILLIAM, H. Y., WYLMOR, T. D., JÉSSICA, A. Z., EMERSON, J. L. **Viabilidade econômica da produção de adubo para assentamento agrícola na região norte de Mato Grosso**. *Otra Economia*. Rio Grande do Sul, v. 7, n. 13, p. 150-165, 2013.
- AGRA, J.U.M.; KLINK, J.M.; RODRIGUES, G.G. Monitoramento da Piscicultura em Reservatórios: Uma Abordagem Ecológica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 12, p. 1457-1472, 2012.
- AISSE, M.M.; van HAANDEL, A.C.; von SPERLING, M.; CAMPOS, J.R.; COURACCI FILHO, B.; ALEM SOBRINHO, P. Tratamento e destino final do lodo gerado em reatores anaeróbios. In: Campos, J.R. (coord.). In: **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. ABES, Rio de Janeiro, RJ, cap. 11, p.271-299, 1999.
- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação** [recurso eletrônico] - Dados eletrônicos. - Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.
- AMORIM, M. A.. **Cluster como Estratégia de Industrial no Ceará**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1998.
- ANDRADE, M.L. **Criação de Tilápias**. São Paulo: Nobel, 1989.
- ANDRADE, C. W. L., MONTENEGRO, S. M. G. L., MONTENEGRO, A. A. A., ASSIS, F. M. C. V. Adsorção e deslocamento do íon potássio em Planossolo Háplico no semiárido pernambucano. **Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, XII, 2014. Natal, RN, 4 a 7 de novembro de 2014, p. 1-10.
- ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I. ILHENFELD, R.G. K. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro: SANEPAR/PROSAB/FINEP, p. 97, 1999.
- APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 19th edition, Washington, D.C., p. 1100, 1995.
- APL-SE: Plano de desenvolvimento do arranjo produtivo local de piscicultura do Baixo São Francisco. **Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e da Ciência e Tecnologia de Sergipe**. Núcleo Estadual de Arranjos Produtivos Locais, 41 p., 2011.

ARAÚJO FILHO, J. C. Relação solo e paisagem no bioma caatinga. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, XIV, 2011**, Recife, PE. 11 a 16 de julho de 2011, Embrapa Solos, 23 p.

ARAÚJO, M. S. B.; SCHAEFER, C. E. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. Plant phosphorus availability in Latosols and Luvisols from northeastern semi-arid Brazil. **Commun Soil Sci Plan.** v. 34, p. 407-425, 2003.

ARAÚJO, J. S.; SÁ, M. F. P. Sustentabilidade da piscicultura no Baixo São Francisco Alagoano: Condicionantes socioeconômicos. **Ambiente e Sociedade**, v. 11, p. 405-424, 2008.

ARAÚJO, M. S. B.; SCHAEFER C. E. R.; SAMPAIO E. V. S. B. Soil phosphorus fractions from toposequences of semi-arid Latosols and Luvisols in northeastern Brazil. **Geoderma.** v. 119, p. 309-321, 2004b.

ARAÚJO, M. S. B.; SCHAEFER, C. E. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. O processo de formação dos espodosolos e o transporte do fósforo associado. **Revista de Geografia.** v. 23, p. 37-44, 2006.

ARMSTRONG, A.; JACKSON-SMITH, D. Forms and levels of integration: Evaluation of an interdisciplinary team-building Project. **Journal of Research Practice**, v. 9, n. 1, p. 1 -20, 2013. Disponível em: <<http://jrp.icaap.org/index.php/jrp/article/view/335/297>>. Acesso em: 05.ago.2017

ARMSTRONG, H. A.; BRASIER, M. D. **Microfossils**. 2.ed. Oxford: Blackwell, 2005.

ARNOLD, U. **Options for reuse of nutrients from waste water in the Mekong Delta, Vietnam**. Tese de Doutorado em Agronomia, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen-Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn, p. 177, 2010. Disponível em: [http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss\\_online](http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online). Acesso em: 22.ago.2017

ARRUDA, L. F. **Aproveitamento do resíduo de beneficiamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para obtenção de silagem e óleo como subprodutos**. 2004. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004

AVISITE. **Desempenho do frango, boi e suíno em setembro e em 2017**. Portal da Avicultura na Internet. 2017. Disponível em: [www.avisite.com.br](http://www.avisite.com.br). Acesso em: 29.jun.2017.

AVNIMELECH, Y., LACHER, M. A tentative nutrient budget for intensive fish ponds. Bamidgah, Isr. **J. Aquac.** v. 31, p. 3–8, 1979.

AVNIMELECH, Y., RITVO, G. Shrimp and fish pond soils: processes and management. **Aquaculture**, v. 220, n. 1-4, p. 549-567, 2003.

AZEEM M, RIAZ A, CHAUDHARY AN, HAYAT R, HUSSAIN, Q, TAHIR MI, IMRAN M (2015) Microbial phytase activity and their role in organic P mineralization. **Arch Agron Soil Sci.** v. 61, p. 751-766, 2015.

AZEVEDO, R. A. B. A sustentabilidade da agricultura e os conceitos de sustentabilidade estrutural e conjuntural. **Revista Agricultura Tropical**, Cuiabá, v. 6, n. 1, p. 9-42, 2002.

BARG, U. C.; BARTLEY, D. M.; TACON, A. G. J.; WELLCOME, R. L. Aquaculture and its environment: A case for collaboration, p.460 - 470. In D. A., Hancock, D. C. Smith, A., Grant; and J. P. Beumer (eds.). **Developing and sustaining world fisheries resources**. Collingwood, Australia, CSIRO. 1997.

BARBOSA NETO, M. V. Mapeamento da vulnerabilidade natural à erosão como subsidio ao planejamento ambiental no semiárido Pernambucano. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. P 4762-4763.

BARBOSA NETO, M. V. Avaliação do uso da terra, degradação dos solos e análise multitemporal da cobertura vegetal no semi-árido pernambucano. **XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, p. 4, Natal, RN. de 02 a 07 de agosto de 2015.

BARBOSA NETO; M. V. **Qualidade do solo em área vulnerável à desertificação no semiárido pernambucano**. 2016, 142p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

BARROS, A. C. **Evolução de fatores hidrobiológicos no reservatório de Itaparica – Rio São Francisco (1987, 1989 e 2002)**. 2004, 102p. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

BEARDMORE, J. A.; LEWIS, R. I.; MAIR, G. C. Biodiversity in aquatic systems in relation to aquaculture. **Aquaculture Research**, v. 28, p. 829-839, 1997.

BELTRÃO, B. A.; MASCARENHAS, J. C.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N.; MIRANDA, J. L. F. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Itacuruba, estado de Pernambuco. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. P. 11.

BERALDO, P.; PINOSA, M.; TIBALDI, E.; CANAVESE, B. SOURCE. **Aquaculture**, v. 220, p. 921-925, 2003.

BERNARDI, A. C. C., VERRUMA-BERNARDI, M. R., WERNECK, C. G., HAIM, P. G., MONTE, M. B. M. Produção, aparência e teores de nitrogênio, fósforo e potássio em alface cultivada em substrato com zeólita. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 920-924, 2005.

BERTONI, J e LOMBARDI NETO, F. i. **Conservação do solo** – São Paulo: Ícone, 1990,355p.

BIONDI, C. M., NASCIMENTO, C. W. A., FABRICIO NETA, A. B., RIBEIRO, M. R. Teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, e Co em solos de referência de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 7, p. 1057-1066, 2011.

BNB. BANCO NACIONAL DO NORDESTE - **Central de Suporte Técnico - Célula de Execução de Pernambuco**, 2017.

BNB. BANCO NACIONAL DO NORDESTE – Direitos autorais (c) 1990-2010. INPI 98001750, 2017.

BONNET, B. R. P., LARA, A. I., DOMASZAK, S. C. Indicadores biológicos da qualidade sanitária do lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C. V., BONNET, B. R. P. (coord.), **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba, SANEPAR, 2. ed. rev. e ampl., p. 11-26. 2000.

BOTTOMLEY, P. J. Microbial Ecology. In: SYLVIA DM, FUHRMANN JJ, HARTEL PG, ZUBERER DA (eds) **Principles and applications of soil microbiology**, 2nd edn. Prentice-Hall Inc., New Jersey, 2004.

BOYD, C. E., TUCKER, C. S. 1995. Sustainability of channel catfish farming. **World Aquaculture**, v. 26, n. 1, p. 45 – 53. 1995.

BOYD, C. E.; MASSAUT, L.; WEDDIG, L. J. Towards reducing environmental impacts of pond aquaculture. **Infofish International**, v. 2, p. 27-33, 1998.

BOYD, C. E.; WOOD C. W.; THUNJAI, T. **Aquaculture Pond Bottom Soil Quality Management**. 2002. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/242592208\\_Aquaculture\\_Pond\\_Bottom\\_Soil\\_Quality\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/242592208_Aquaculture_Pond_Bottom_Soil_Quality_Management)>. Acesso em: 20.jan.2017.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Brasília-DF: Laboratório Nacional de Referência Vegetal, p. 104, 1997.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL. **Convenção das Nações Unidas de combate a desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África**. Brasília: Plano Nacional de Combate a Desertificação, 2ª edição. p. 95, 1998.

BRASIL. **Decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004**. Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. (Redação dada pelo Decreto nº 8.384, de 2014).

BRASIL. **Decreto nº 86.955 de 18 de fevereiro de 1982**. Regulamenta a Lei n. 6894, de 16 de dezembro de 1980, alterada pela Lei n. 6934, de 13 de julho de 1981, que dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e pelo Decreto-Lei n. 1899, de 1981, que institui taxas relativas às atividades do Ministério da Agricultura.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. Instrução Normativa Nº 17, de 21 de maio de 2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 maio 2007. Seção 1, p.8.**

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. Instrução Normativa N.º 31, de 23 de outubro de 2008. Altera os subitens 3.1.2, 4.1 e 4.1.2, do Anexo à Instrução Normativa SDA n.º 17, de 21 de maio de 2007. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, p.20, Seção 1, 24 out. 2008.**

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos.** Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, p. 141, 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.

BRIGGS, M. R. P.; FVNGE-SMITH, S. J. A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in 259 Thailand. **Aquac Res.** v. 25, p. 789-811, 1994.

CHASEK, P.; SAFRIEL, U.; SHIKONGO, S.; FUHRMAN, V. F. Operationalizing Zero Net Land Degradation: The next stage in international efforts to combat desertification? **Journal of Arid Environments.** v. 112, p. 5-13, 2014.

CONDEPE/FIDEM 2010. **Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco.** SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO. Coordenação Técnica: Luiz Quental Coutinho, Maria das Graças de Albuquerque Tavares, Maurílio Lima e Ruskin Freitas.

DAVIS, J. H.; GOLDBERG, R. A. **A Concept of Agribusiness.** Harvard University, 1957. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/xiisrhn/anais/papers/PAP018298.pdf>. Acesso em: 09.set. 2017.

DOERING, D. S.; CASSARA, A.; JANET, R.; CHRISTIAN, L.; WENDY, V. Tomorrow's Markets: Global Trends and their Implications for Business. 2002. Disponível em: <<http://www.wri.org/publication/tomorrows/markets>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

ELAN. Discussion Paper. **Themenbereich Wissensintegration Teilprojekt Konstellationsanalyse und Partizipation TP 12.** Autoren: Melanie Kröger, Jana Rückert-John, Martina Schäfer. Wissensintegration im nachhaltigen Landmanagement. Inter- und transdisziplinäre Problembeschreibung im Projektverbund ELAN, ISBN 978-3-943679-05-2. Julho 2012.

EMBRAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Piscicultura em tanques-rede / Embrapa Amazônia Oriental.** – Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 120 p. : il. – (Coleção Criar, 6).

EMBRAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Impactos socioeconômicos da tilapicultura no Brasil** - Embrapa Pesca e Aquicultura (TO), 2017.

FERREIRA, A. C. S. **Contabilidade de Custos para a Gestão do Meio Ambiente**. Revista Brasileira de Contabilidade. – *Uma Contribuição para a Gestão Econômica do Meio Ambiente – Um Enfoque de Sistema de Inforções*. 1998, p. 136. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade) - FEA/USP. São Paulo, 1998.

FOLKE, C.; KAUTSKY, N.; TROELL, M. The costs of eutrophication from salmon farming: implications for policy. **Journal of Environmental Management**. v. 40, p. 173-182. 1994.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Committee on Fisheries. **Directives techniques relatives à la certification em aquaculture**. Rome: FAO, p. 122, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW)** – Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Eathscan, London. p. 308, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The state of world fisheries and aquaculture**. Opportunities and challenges. Rome, Italy: FAO, p. 215, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The state of world fisheries and aquaculture**. Contributing to food security and nutrition for all. Rome, Italy: FAO, p. 200, 2016.

GIGAMÉDIA – SERVICOS DE TREINAMENTO E CONSULTORIA EMPRESARIAL (LTDA-ME). 2017. Disponível em: [www.gigamedia.com.br](http://www.gigamedia.com.br) - Acesso em 09.jul.2017.

GILL, P.; STEWART, K.; TREASURE, E.; CHADWICK, B. Methods of data collection in qualitative research: interviews and focus groups. **British Dental Journal**, v. 204, n. 2, p. 291 - 295, 2008.

GITTINGER, J. P. **Análisis Económico de Proyectos Agrícolas**. Madrid: Editora Tecnos, 1984.

GOBBI, B. C.; BRITTO, M. J. Gestão ambiental como prática social em uma organização produtora de celulose. **ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO (ENANPAD)**, 2005, Brasília – DF, 17 a 21 de setembro de 2005.

GOUVELLO, R.; SIMARD, F. **Durabilité des aliments pour le poisson em aquaculture**: Réflexions et recommandations sur les aspects technologiques, économiques, sociaux et environnementaux. Gland, Suisse: UINC et Paris France: Comité français de l'UICN. p. 296, 2017.

HALL, C. A. S.; MOLL, R. **Methods of assessing aquatic primary productivity**. In: Leith, H. and Whittaker, R.H. Eds. Primary productivity of the biosphere, Springer-Verlag, Newyork, NY, p.19-53, 1975.

HARGREAVES, J. A. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. **Aquaculture**. n. 166, n. 3-4, p. 181-212, 1998.

HOPKINS, KD, BOWMAN, JR. **A Research Methodology for Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems**. Proceedings of an Aquacultural Engineering Conference. Publication Type Conference Paper. 1994

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades @. Itacuruba / Pernambuco. 2015. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?codmun=260740>>. Acesso em: 09.set.2017

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Produção Agrícola Lavoura Temporária**. 2017 Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/petrolandia/pesquisa/14/10193?tipo=ranking&indicador=10341>>. Acesso em: 09.mar.2017

ITEP - INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO. **Relatório Técnico**. Laboratorio de Tecnologia Ambiental - LBTAM, 2012.

ITACURUBA. Secretaria de Pesca e Aquicultura de Itacuruba. **Relatório Técnico**. Itacuruba Governo Municipal. 2013.

IWAMA, K. G. Interactions between aquaculture and the environment. **Critical Reviews in Environmental Control**. v.21(2), p. 177-216. 1991.

JAMU, D. M.; PIEDRAHITA, R. H. Ten year simulations of organic matter concentrations in tropical aquaculture ponds using the multiple pool modelling approach. **Aquacultural Engineering**, v. 25, p. 187 – 201. 2001.

KNUD-HANSEN, C. F., BATTERSON, T. R., MCNABB, C. D. **The role of chicken manure in the production of Nile tilapia, Oreochromis Niloticus (L.)** Aquaculture and Fisheries Management, v. 24, n. 2, p. 483-493, 1993.

KROM, M. D, PORTER, C.; GORDIN, H. Nutrient budget of a marine fish pond in Eilat, Israel, **Aquaculture**, v. 51, p. 65-80. 1985.

KUBITZA, F. Produção de Tilápias em Tanques de Terra - estratégias avançadas no manejo. **Panorama da Aquicultura**, set/out, 2009.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Fernando Kubitza, Jundiaí. p. 316, 2011.

LIN, C. K.; YI, Y. Minimizing environmental impacts of freshwater aquaculture and reuse of pond effluents and mud. **Aquaculture**. v. 226, p. 57-68, 2003.

MARSHALL, A. **Principles of Economics**. London: Macmillan, 1980.

MELO, A. S. **Contribuição para o dimensionamento de leitos de secagem de lodo**. 2006, 74p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2006.

MERRET, A. J.; SYKES A. **The finance Analysis of Capital Project**. Lodon: Longman, 1963.

MILLER, R. W., J. U. MILLER, DONAHUE, R. L. **Soils: an introduction to soils and plant growth**. Prentice Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey, USA, 768 pp. 1990

MIZANUR, R., YAKUPITIYAGE, A., RANAMUKHAARACHCHI, S. L. Agricultural use of fishpond sediment for environmental amelioration. **Thammasat International Journal Science and Technology**, v. 9, n. 4, p. 1 - 12, 2004.

MORAES, M. H., MULLER, M. M. L., FOLONI, J. S. S. **Qualidade Física do Solo - Métodos de Estudo - Sistemas de Manejo e Preparo do Solo**. Jaboticabal-SP. Funep. p. 225, 2002.

MUENDO P. N., STOORVOGEL, J. J., VERDEGEM, M. C. J., GAMAL E. N., VERRETH, J. A. J. The role of fish ponds in farms' nutrient balances. **In: FISH PONDS IN FARMING SYSTEMS' SYMPOSIM**, Can Tho, Viet Nam, período 25 - 28 April, 2006.

MUENDO, P. N. **The role of fish ponds in the nutrient dynamics of mixed farming systems**. PhD Thesis. Wageningen Institute of Animal Sciences (WIAS) Wageningen University: The Netherlands, 120 p., 2006.

MUENDO, P. N.; VERDEGEM, M. C. J.; STOORVOGEL, J. A. J.; VERRETH, A. J. Sediment accumulation in fish ponds: It's potential for agricultural use. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 1, n. 5, p. 228-241, 2014.

MUNSIRI, P., BOYD, C. E., Teichert-Coddington, D., HAJEK, B.F., Texture and chemical composition of soils from shrimp ponds near Choluteca, Honduras. **Aquac. Int.** v. 4, p. 157–168, 1996.

NOGUEIRA, A. J. **Aspectos da Biologia Reprodutiva e Padrões de Crescimento da Tilápia *Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758, (Linhagem Chitralada) em Cultivos Experimentais**, 2003, 77p. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.

OSTRENSKY, A. Aqüicultura brasileira e a sua sustentabilidade. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura**, Goiânia-GO, p 4-10, 2002.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI JR, S. E. D. **Aquiculture in Brazil: the challenge is to grow**. SEAP/FAO, Brasilia, p. 289, 2008.

PAEZ-OSUNA, F., GUERRERO-GALVAN, S. R.; RUIZ-FERNANDEZ, A. C., Espioza-Angulo, R.E. Fluxes and mass balances of nutrients in semi-intensive shrimp farm in North-Western Mexico, **Mar. Pollut. Bull.**, v. 34, p. 290-297, 1997.

PAEZ-OSUNA, F.; GUERRERO-GALVAN, S. R.; RUIZ-FERNANDEZ, A. C. (1999) Discharge of nutrients from shrimp 291, farming to coastal waters of the Gulf of California. **Mar Pollut Bull** v. 3, p. 585-592, 1999.

PEDROTTI, A.; PAULLETO, E. A.; CRUVINEL, P. E.; VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M.; MACEDO, A. da S.; GOMES, A. S.; TURATTI, A. L. Resistencia mecânica á penetração de um Planossolo submetido à diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 25, n. 03, p 521-529, 2001.

**PENSA - Centro de Conhecimento em Agronegócios** - Projeto integrado de negócios sustentáveis – PINS: cadeia produtiva de piscicultura/Centro de Conhecimento em Agronegócios (PENSA). Brasília, DF: CODEVASF, p. 41, 2008.

PEREY, R.; BENN, S. Organizing for Ecological Repair: Reconstructing Land Management Practice. **Empirical Research Articles**. v. 28, n. 4, p. 458-477, 2015.

PIZAIA, M. G.; CAMARA, M. R. G.; SANTANA, M. A.; ALVES, R. A piscicultura no Brasil: um estudo sobre a produção e comercialização de *Oreochormis niloticus*. **XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. Agricultura Familiar e Ruralidade. Rio Branco – Acre, 20 a 23 de julho de 2008.

PLANVASF. - **PLANO DIRETOR PARA O DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SAO FRANCISCO**. CODEVASF/SUDENE/OEA, Brasília: 1989.

PORTAL ODM. **Piscicultura é alternativa de sustentabilidade e economia solidária**. Objetivos de Desenvolvimento do milénio. Brasil, 2013. Disponível em: <http://www.portalodm.com.br/noticia/307/piscicultura-e-alternativa-de-sustentabilidade-e-economia-solidaria> . Acesso em 17.dez.2015.

PORTER, C. B., KROM, M. D., ROBBINS, M. G., BRICKELL, N., DAVIDSON, A. Ammonia excretion and total N budget for gilthead seabream (*Sparus aurata*) and its effect on water quality conditions. **Aquaculture**. v. 66, n. 3-4, p. 287 - 289, 1987.

RABOBANK INDUSTRY NOTE # 564. Feending Nemo. Turning Brazil`s Economic Turmoil into Seafood Business Oportunities. **RaboResearch Food & Agribunisness Research and Advisory**. p. 8, 2016

REICHARDT, K. Capacidade de campo. Campinas, **R. bras Solo**. n.12, p 211-216, 1988

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; SUZUKI, L. E. A. S. Qualidade Física do Solo. In: **Anais da XVI Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2006**. Aracaju, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, UFS e Embrapa Tabuleiros Costeiros, CD ROM, 2006.

**REVISTA EM AGRONEGÓCIOS E MEIO AMBIENTE**, v. 7, n. 3, p. 683-706, set./dez, 2014.

**REVISTA GLOBO RURAL** (Tilapia Nilótica) Disponível em <http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1533300-4530,00.html>. Acesso em: 06 Jun. 2017.

RITVO, G.; LAWRENCE, A. L.; NEILL, W. H.; SAMOCHA, T. M.; DIXON, J. B., SPEED, F. Elemental accumulations in soils of shrimp ponds in six years. **THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY ANNUAL CONFERENCE**, 1997. Seattle, Washington, 1997.

RITVO, G.; DIXON, J. B.; LAWRENCE, A. L.; NEILL, W. H.; SPEED, M. F. Accumulation of chemical elements in Texas shrimp pond soils. **J. World Aquac. Soc.** v. 29, p. 422–431, 1998.

RODORFF, V.; ARAÚJO, G. J. F.; GOMES, E. T. A.; KÖPPEL, J.; SIEGMUND-SCHULTZE, M.; SOBRAL, M. C. Driving forces and barriers for a sustainable management of the Itaparica reservoir region – basic milestones towards a Constellation Analysis. In: **Gunkel, G.; Silva, J. A. A.; Sobral, M. C. (eds.). Suistainable Management of Water and Land in semiarid áreas: Case study of the Itaparica Reservoir in Northeast Brazil**. Editora universitária UFPE, Recife, 2013.

RODRIGUES, E. T., CASALI, V. W. D. Resposta da alface à adubação orgânica. II. Teores, conteúdos e utilização de macronutrientes em cultivares. **Revista Ceres**, v. 45, n. 261, p. 437-449, 1998.

ROSA, A. V. **Agricultura e meio ambiente**. São Paulo: Atual, 1998.

SÁ, I. B. de. Monitoramento ambiental: a degradação ambiental no trópico Semiárido do Nordeste brasileiro. **Anais - I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**. Aracaju/SE, 2002.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p.187-194, 2012.

SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Matéria orgânica do solo no bioma caatinga. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (ed) **Fundamentos da matéria orgânica no solo: ecossistemas tropicais e sub-tropicais**. 2. Ed. Metrópole, Porto Alegre, 2008. p 419-441.

SANTOS, L. S. R. **O arranjo produtivo local da pesca no estado do Pará: identificação e mapeamento dos municípios especializados**. 2005, p. 125. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade da Amazônia, Belém, 2005.

SCHÖN, S.; KRUSE, S.; MEISTER, M.; Nölting, B.; Olhorst, D. **Handbuch Konstellationsanalyse: Ein interdisziplinäres Brückenkonzept für die Nachhaltigkeits-, Technik- und Innovationsforschung**. München: Oekom Verlag, 2007.

SCHROEDER, G. L.; ALKON, A.; LAHER, M. Nutrient flow in pond aquaculture systems. In: Brune, D. E.; Tomasso, J. R. (Eds.) **Aquaculture and Water Quality: Advances in World Aquaculture**, v. 3, p. 489 – 505, 1991.

SCOTT, P. Reassentamento, Saúde e Insegurança em Itaparica: um modelo de vulnerabilidade em projetos de desenvolvimento. **Saúde e Sociedade**, v. 15, n. 3, p. 74-89, 2006.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Guia de orientação para a regularização da Aquicultura em águas da União. SEBRAE: Brasília- DF, Capítulo 8: **Principais Legislações**, p. 87-96, 2015.

SHANG, Y. C.; COSTA-PIERCE, B. A. Integrated aquaculture-agriculture farming systems: some economic aspects. **Journal of the World Mariculture Society**, v. 4, n. 3, p. 523-530, 1983.

SHIGAKI, F., SHARPLEY, A., PROCHNOW, L. I. Animal-based agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: Options for the future. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 2, p. 194-209, 2006.

SIDDIQUI, A. Q.; AL-HARBI, A. H. Nutrient budgets in tanks with diferente stocking densities of hybrid tilapia. **Aquaculture**, v. 170, p. 245-252, 1999.

SILVA, F. B. R.; et. al. Zoneamento Agroecológico de Pernambuco - ZAPE. Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária). (Embrapa Solos. Documentos; no. 35). **ZAPE Digital, CD-ROM. 2001.**

SILVA, G. N. S.; MORAES, M. M. G. A.; SILVA, A. C. S. Delimitação das áreas irrigadas no trecho do Sub-Médio do Rio São Francisco. **Anais XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste** - ISSN 2359-1900, p. 18-29, Natal – RN, 04 a 07 de novembro de 2014.

SILVA, G. N. S.; MORAES, M. M. G. A.; SILVA, A. C. S. Delimitação das áreas irrigadas no trecho do Sub – Médio Rio São Francisco. **In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**, XII, 2014, Natal: RN, p. 10. 4 a 7 de novembro de 2014.

SIROL, R. N.; SALARO, A. L.; ANDRADE, D. R. Diferentes condições nutricionais de alevinos de tilápia vermelha (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*), submetidos à inanição. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA**, nov. 2000, Florianópolis: ABRAq, 2000, não paginado, CD-ROM. Artigos. Nutrição - 12.

SMITH, P. T. Physical and chemical characteristics of sediments from prawn farms and mangrove habitats on the Clarence River, Australia. **Aquaculture**. v. 146, n. 1-2, p. 47-83, 1996.

SOARES, P. F. **Projeto: Análise de Risco e Decisão. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil**, 2007.

SOBRAL, M. C.; OLIVEIRA, R. M. C. M.; SILVA, M. M.; MELO, G. L. Uso e ocupação do solo no entorno de reservatórios no semi-árido brasileiro como fator determinante da qualidade da água. **Anais XXX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - AIDIS**, 26 al 30 de noviembre de 2006, Punta del Este - Uruguay.

VALENTI, W. C., POLI, C. R., PEREIRA, J. A., BORGHETTI, J. R. **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: CNPq, Ministério da Ciência e Tecnologia. p. 399, 2000.

VIEIRA SOBRINHO, J. D. **Manual de Aplicações Financeiras**. São Paulo: Editora Atlas, 1985.

VIEIRA, R. M. S. P.; CUNHA, A. P. M. A.; ALVALÁ, R. C. S.; CARVALHO, V. C.; FERRAZ NETO, S.; SESTINI, M. F. Land use and land cover map of a semiarid region of Brazil for meteorological and climatic models. **Rev Bras Meteorologia**. v. 28, p. 129-138, 2013.

WCED - World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press. 1987, 300pp. Disponível em: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

Woldpress. **Tratamento de Efluentes, 2017**. Disponível em: [www.tratamentodeefluentes.wordpress.com](http://www.tratamentodeefluentes.wordpress.com). Acesso em: 01.10.2017.

WWF - World Wide Fund For Nature. **International Standards for Responsible Tilapia Aquaculture**. Gland, Switzerland: World Wide Fund for Nature, 38 p., 2009.

WWF - World Wide Fund For Nature. **Living Planet Report 2010**. Biodiversity, Biocapacity and Development. Gland, Switzerland: World Wide Fund for Nature, 57 p., 2010.

WWF - World Wide Fund For Nature. **Living Planet Report 2014**. Species and spaces, people and places. Gland, Switzerland: World Wide Fund for Nature, 180 p., 2014.

WWF - World Wide Fund For Nature. **Living Planet Report 2016**. Risk and resilience in a new era. Gland, Switzerland: World Wide Fund for Nature, 74 p., 2016.

YACOUT, D. M. M.; SOLIMAN, N. F.; YACOUT, M. M. Comparative life cycle assessment (LCA) of Tilapia in two production systems: semi-intensive and intensive. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, p. 806-819, 2016.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potasio e do Fosfato, 2004, 726 p.

ZANIBONI FILHO, E. O Desenvolvimento da Piscicultura Brasileira sem a deteriorização da Água. **Rev. Bras. Bio**. v. 57, n. 1, p. 3-9, 1997.

ZIMMERMANN, S.; MOREIRA, H.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. **Fundamentos da Moderna Aquicultura**. Canoas, Ed. Ulbra, 2001. 199 p.

## APÊNDICE A - TRABALHOS PUBLICADOS

SILVA, J. L. A.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VITOR, J. L.; PRIMO, D. C. Management of sludge from Fish ponds at the edge of the Itaparica Reservoir (Brazil): an alternative to improve agricultural production. **Regional Environmental Change**. v. 17, n. 6, p. 4, 2017.

SILVA, R. F.; SILVA, J. L. A.; ARAÚJO, M. S. B.; FAUSTINO, O. W. C. Qualidade do resíduo de tanques de produção de alevinos como condicionante de solos no semiárido de Pernambuco: subsídios para gestão ambiental. **Revista Gaia Scientia**. v.7, n. 1, p. 58-63, 2013.

SILVA, J. L. A.; ARAÚJO, M. S. B.; SILVA, R. F.; ALVES, W. V.; LUDKE, J. V. Uso do lodo de tanques escavados da piscicultura como substrato na produção de mudas de alface (*lactuca sativa*). **Anais do VI Congresso Latino-Americano, X Congresso Brasileiro e V Seminário do Distrito Federal e Entorno de Agroecologia**, Brasília, período de 12 a 15 de setembro de 2017, Distrito Federal – Brasil.

## APÊNDICE B – COMENTÁRIOS À LEI FEDERAL 6.894

A legislação brasileira que trata o tema de fertilizantes é composta da Lei Federal 6.894, de 16 de dezembro de 1980 (BRASIL, 1980), de sua regulamentação dada pelo Decreto 4.954, de 14 de janeiro de 2004 (BRASIL, 2004), bem como da Instrução Normativa SDA/Mapa 25, de 28 de julho de 2009 (BRASIL, 2009). Os regulamentos estabelecem as normas relativas ao registro, padronização, classificação, inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. O papel de órgão fiscalizador é exercido pelo Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento (Mapa).

Destacam-se algumas definições que a legislação detalha acerca do mercado de fertilizantes:

Fertilizante é a substância mineral ou orgânica, de origem natural ou sintética, que forneça pelo menos um nutriente para a planta. Os fertilizantes são classificados quanto à matéria da qual são compostos, bem como quanto a sua quantidade de macro e micronutrientes. Destacam-se as seguintes classificações:

- Fertilizante mineral “é o produto de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, fornecedor de um ou mais nutrientes de plantas” (BRASIL, 2009).
- Fertilizante orgânico é o produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais (BRASIL, 2009).
- Fertilizante organomineral “é o produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos” (BRASIL, 2009).

Corretivo é o produto de natureza inorgânica, orgânica ou ambas, usado para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, isoladas ou cumulativamente, não tendo em conta seu valor como fertilizante, além de não produzir característica prejudicial ao solo e aos vegetais. Há as seguintes subclassificações:

- Corretivo de acidez: usado para corrigir a acidez do solo, além de fornecer cálcio, magnésio ou ambos. - Corretivo de alcalinidade: usado para redução da alcalinidade do solo.
- Corretivo de sodicidade: produto que promove a redução da saturação de sódio no solo.

Condicionador do solo: produto que promove a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou atividade biológica do solo.

Inoculante é o produto que contém microrganismos com atuação favorável ao crescimento de plantas.

Biofertilizante é o produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando sua produtividade, sem ter em conta seu valor hormonal ou estimulante.

Remineralizador é o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho de partícula por processos mecânicos e que, aplicado ao solo, altere seus índices de fertilidade, por meio da adição de macronutrientes e micronutrientes para as plantas, e promova a melhoria de propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo.

Segundo a Instrução Normativa SDA/Mapa 25/2009, os fertilizantes organominerais podem ser classificados de acordo com a fonte de origem da matéria orgânica presente em sua composição, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação de fertilizantes orgânicos e organominerais quanto à origem da matéria orgânica

Classe	Descrição
A	Fertilizante que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, em que não sejam utilizados, no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura.
B	Fertilizante que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, em que metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo, resultando em produto de utilização segura na agricultura.
C	Fertilizante que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura.
D	Fertilizante que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura.