

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

PROGRAMA DE MESTRADO E DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ESTUDO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM DIFERENTES SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE TILÁPIAS

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós graduação em Engenharia de
Produção da Universidade Paulista – UNIP
para a obtenção do título de mestre em
Engenharia de Produção.

JOSÉ LUIZ PIEROBOM

**SÃO PAULO
2009**

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

PROGRAMA DE MESTRADO E DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ESTUDO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM DIFERENTES SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE TILÁPIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Paulista – UNIP para a obtenção do
título de mestre em Engenharia de Produção.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Silvia Helena Bonilla

Área de concentração: Gestão e meio ambiente.

Linha de pesquisa: Produção mais limpa e
ecologia industrial.

JOSÉ LUIZ PIEROBOM

**SÃO PAULO
2009**

Pierobom, José Luiz

Estudo da sustentabilidade ambiental em diferentes sistemas de criação de tilápias./ José Luiz Pierobom. – São Paulo, 2009. 104 p.

Dissertação (mestrado) – Apresentado ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista, São Paulo, 2009.

Área de Concentração: Produção e Meio Ambiente

“Orientação: Profª Silvia Helena Bonilla”

“Coorientador: Profº Biágio Fernando Giannetti”

1. Contabilidade Ambiental. 2. Emergia. 3. Sustentabilidade. 4. Diagrama Ternário. 5. Aquicultura. I. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus, que abriu os caminhos para a realização deste trabalho.

Aos meus pais que me deram suporte necessário, através de pensamentos positivos, incentivos e sempre acreditaram em meu potencial.

Aos meus familiares diretos esposa e filhas, que tiveram paciência e torceram por essa vitória.

AGRADECIMENTOS

À amiga e Professora. Dr^a. Silvia Helena Bonilla, que com paciência e dedicação trouxe uma orientação tranquila e competente.

Ao meu professor de graduação e pós graduação, coorientador Professor Dr^o. Biagio F. Giannetti, que participou em vários estágios de minha evolução, e trouxe ensinamentos importantes a minha proposta.

Aos conselhos e ensinamentos da Professora Dr^a. Cecília M. V. B. Almeida, que contribuíram em minha evolução, que com suas sugestões favoreceram e auxiliaram no direcionamento da proposta deste trabalho.

Aos companheiros de curso que sempre com boa vontade ajudaram a direcionar este trabalho.

À banca examinadora da qualificação, por intermédio da Dr^a Consuelo de Lima Fernandez Pereira, a Professora Dr^a Cecília M. V. B. Almeida, que aceitaram prontamente participar e que muito contribuíram para a conclusão deste trabalho.

À banca examinadora da defesa, por intermédio do Professor Dr^o. Carlos Cezar da Silva, a Professora Dr^a. Cecília M. V. B. Almeida e a Dr^a. Consuelo de Lima Fernandez Pereira que aceitaram participar desta defesa e conclusão deste trabalho.

Aos aquicultores, Sr. João Sassi; ao zootecnista, pesquisador Sr. Manoel dos S. P. Braz Filho; ao biólogo Sr. Rafael Padeiro Catarino; ao biólogo, pesquisador Sr. Wagner Chakib Camis. Pessoas que gentilmente forneceram dados da construção e da produção, experiências práticas que permitiram avançar no ideal deste trabalho, e visitas técnicas fundamentais.

À empresa Recolast, que forneceu os dados materiais do sistema aquapônico.

A CAPES PROSUP pela bolsa de auxílio mestrado.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	Erro! Indicador não definido.
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Símbolos e Siglas.....	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Sistemas Estudados	2
1.2 Aplicação da Teoria de Odum e do Diagrama Ternário	3
2. CONCEITOS BÁSICOS DA CRIAÇÃO DE TILÁPIAS	4
2.1 Um Breve Histórico da Tilápia no Brasil	4
2.2 Sistemas de Criação de Tilápias.....	5
2.2.1 Criação de Tilápias pelo Método Tradicional	5
2.2.2 Criação de Tilápias pelo Método Aquapônico.....	6
2.2.3 Criação de Tilápias pelo Método Tanques Redes.....	10
3. OBJETIVOS.....	11
3.1 Objetivos específicos	11
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
4.1 Análise Emergética do Cultivo do Bagre no Alabama EUA: Uma Visão Geral	12
4.2 Emergy Evaluation of Salmon Pen Culture.....	13
4.3 Environmental Accounting for the Lagoon of Venice and the case of Fishing.....	14
4.4 Emergy analysis for the environmental sustainability of an inshore fish farming system.....	15
4.5 Emergy Assessment of Integrated Production Systems of Grains, Pig and Fish in small Farms in the South Brazil.....	16
4.6 Dynamic emergy evaluation of a fish farm rearing process	17
5. METODOLOGIA	19
5.1 Contabilidade Ambiental em Emergia	19
5.2 Diagrama de Fluxos de Energia	20
5.3 Balanço Quantitativo dos Recursos	23
5.3.1 Dados Locais e Quantitativos para o Estudo da Criação de Tilápias pelo Método Tradicional.	23
5.3.2 Dados Locais e Quantitativos para o Estudo da Criação de Tilápias pelo Método Aquapônico.....	26
5.3.3 Dados Locais e Quantitativos para o Estudo da Criação de Tilápias pelo Método Tanques Rede	28
5.3.4 Adequação das Entradas para a Criação de Tilápias	30
5.3.5 Adequação das Entradas para Base Anual.....	31
5.4 Transformidade ou Emergia por Unidade.....	32
5.5 Indicadores Ambientais	34
5.6 Diagrama Ternário.....	36
6. RESULTADOS E COMENTÁRIOS.....	38
6.1 Contabilidade Ambiental em Emergia para Criação de Tilápias pelo Sistema Tradicional	38
6.2 Contabilidade Ambiental em Emergia para Criação de Tilápias pelo Sistema Aquapônico.....	41
6.3 Contabilidade Ambiental em Emergia para Criação de Tilápias pelo Sistema Tanques rede	46
6.4 Diagrama Ternário.....	48

7. DISCUSSÃO	51
7.1 Transformidades.....	51
7.2 Recursos.....	52
7.3 Indicadores Ambientais	52
7.4 Produtividade Global x ESI.....	54
7.5 Comparação das transformidades da tilápia deste estudo com outras criações de peixes.	56
7.6 Comparação pelos indicadores da tilápia maria e a tilápia supreme deste estudo.....	58
8. CONCLUSÃO	59
9. BIBLIOGRAFIA.....	60
ANEXO A	66
ANEXO B	71
ANEXO C	75
ANEXO D	81
ANEXO E.....	85
ANEXO F.....	89
ANEXO G	93
ANEXO H	97
ANEXO I.....	98
ANEXO J.....	99
ANEXO L.....	101
ANEXO M	103
ANEXO N	104

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Tempo de vida útil dos materiais usados neste estudo	31
TABELA 2 - Transformidade e emergia/unidade usadas neste estudo	33
TABELA 3 - Fluxo de emergia do Sistema Tradicional de criação de tilápias	39
TABELA 4 - Fluxo de emergia do Sistema Aquapônico de criação de tilápias	42
TABELA 5 - Fluxo de emergia do Sistema Aquapônico de criação de tilápias, baseado no estudo de Bastianoni et al., 2000.....	44
TABELA 6 - Fluxo de emergia do Sistema Tanques Rede de criação de tilápias.....	47
TABELA 7 - Resultado da emergia total e das transformidades dos três Sistemas de criação de tilápias.....	51
TABELA 8 - Porcentagem dos recursos R, N e F dos três sistemas de criação de tilápias	52
TABELA 9 - Indicadores de EYR, ELR, EIR, ESI e EER, para os três sistemas de criação de tilápia	52
TABELA 10 - Valores das transformidades deste estudo e de trabalhos encontrados na Literatura	56
TABELA 11 - Valores dos Indicadores EYR, ELR e ESI das Criações de tilápias Supreme deste Estudo e da tilápia Mariae estudada por Brown et al., 1992.....	58

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Tanques de criação de tilápias pelo Sistema Tradicional	6
FIGURA 2 - Tanque de criação de tilápias pelo Sistema Aquapônico	7
FIGURA 3 - Esquema da criação de tilápias pelo Sistema Aquapônico	7
FIGURA 4a - Esquema de um Tanque Rede representando o acondicionamento dos peixes	10
FIGURA 4b - Foto ilustrativa de um Sistema Tanques Rede.....	10
FIGURA 5a - Símbolo de um recurso externo	21
FIGURA 5b - Símbolo de um fluxo de energia.....	21
FIGURA 5c - Símbolo de uma Interação	21
FIGURA 5d - Símbolo de um consumidor	21
FIGURA 5e - Símbolo de um depósito.....	22
FIGURA 5f - Símbolo de uma caixa	22
FIGURA 5g - Símbolo de um produtor.....	22
FIGURA 6 - Representação de um diagrama de fluxo de energia.....	23
FIGURA 7 - Localização da Cidade de Socorro, no mapa do Estado de São Paulo	24
FIGURA 8 - Localização da Cidade de Atibaia, no mapa do Estado de São Paulo	26
FIGURA 9 - Localização da Cidade de Iperó, no mapa do Estado de São Paulo	28
FIGURA 10 - Representação de um ponto A, como um resultante dos Recursos R, N e F, no Triângulo	36
FIGURA 11 - Limites das áreas da Sustentabilidade Ambiental (ESI).....	37
FIGURA 12 - Diagrama dos fluxos de energia do Sistema Tradicional de criação de tilápias	38
FIGURA 13 - Diagrama dos fluxos de energia do Sistema Aquapônico de criação de tilápias	41
FIGURA 14 - Diagrama dos fluxos de energia do Sistema Tanques Redes de criação de tilápias	46
FIGURA 15a - Resultados do diagrama ternário para o Sistema Tradicional de criação de tilápias	48
FIGURA 15b - Resultados do diagrama ternário para o Sistema Aquapônico de criação de tilápias	49
FIGURA 15c - Resultados do diagrama ternário para o Sistema Tanques Rede de criação de Tilápias	49
FIGURA 16 - Resultados do Indicador de ESI dos Três Sistemas de Criação de tilápias, e as linhas limitantes da sustentabilidade	50
FIGURA 17 - Relação ESI x Eficiência Global.....	55
FIGURA 18a - A principal fonte de entrada de água de mina	101
FIGURA 18b - Foto do lago do Sistema Tradicional.....	101
FIGURA 18c - Visualização de um dos tanques, paralelo ao do tanque do estudo, onde destaca a altitude local.....	101
FIGURA 18d - O Tanque do Sistema Tradicional desse Estudo	101
FIGURA 18e - Monge do Sistema Tradicional	102

FIGURA 18f - Monge controlando o nível de água do Sistema Tradicional	102
FIGURA 18g - Esquema do monge usado no Sistema Tradicional de criação de tilápia para controle do nível do tanque.....	102
FIGURA 19a - O tanque interno do Sistema Aquapônico e os tanques rede para separar os peixes por tamanho	103
FIGURA 19b - O sombrite de tela de aço que cobre o tanque de peixes Aquapônico ..	103
FIGURA 19c - Destaca do sistema Hidropônico.....	103
FIGURA 19d - Destaca o sistema Rizosférico	103
FIGURA 20a - Galpão do Sistema de Tanques Rede destacando os materiais	104
FIGURA 20b - Destaca a área que foi retirada de terra para aprofundamento do lago e servido de proteção lateral.....	104
FIGURA 20c - Destaca o barco de alumínio o motor elétrico usado para os trabalhos diários no sistema tanques rede	104
FIGURA 20d - Destaca os tanques redes próximo ao estaleiro para realizar a despesca	104

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

J	Unidade de energia (joules)
kJ	Unidade de energia (quilo joules)
g	Unidade de peso (gramas)
cal	Unidade de energia (calorias)
sej	Unidade de quantidade da energia
EER	Indicador de intercâmbios comerciais em energia
EIR	Indicador de investimento de energia
ELR	Indicador de carga ambiental
ESI	Índice de sustentabilidade
EYR	Indicador de rendimento de energia
F	Indicador de recurso pago
N	Indicador de recurso não renovável
R	Indicador de recurso renovável
AIT	Asian Institute of Technology
ASN	Agencia SEBRAE de notícias
CPTEC	Centro de previsão de tempo e estudos climáticos
CETEC	Centro tecnológico
CETEM	Centro de tecnologia mineral
EMBRAPA	Empresa brasileira de pesquisa agropecuária
GIFT	Genetic Improved Farmed Tilapia
GST	Genomar Supreme Tilápia
MEC	Ministério da Educação
SEAG	Secretaria de Estado da Agricultura
SEBRAE	Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SRF	Receita Federal do Brasil

RESUMO

O consumo de pescado mundial teve aumento significativo de 10 kg para 27,7 kg/ano nos últimos anos, ultrapassando o limite da sustentabilidade, onde a produção natural não é suficiente. Para abastecer os mercados, a aquicultura passou a ser incentivada, tanto em águas doces como marítima. Em países tropicais de águas doces, a criação de tilápia é a que mais se destaca em crescimento e desenvolvimento. Certamente a produção sem controle trouxe consequências ambientais desfavoráveis. Por isso se faz necessário o uso de metodologias adequadas para efetuar a contabilidade ambiental dos sistemas de produção de tilápias da aquicultura de água doce. No presente trabalho é comparada e avaliada à sustentabilidade ambiental em três diferentes sistemas de criação de tilápias, que são: 1, sistema tradicional; 2 sistema aquapônico; 3 sistema de tanques rede, usando como ferramenta a contabilidade em energia. A contabilidade em energia é uma metodologia que permite quantificar todos os recursos empregados pagos e naturais numa métrica comum. A avaliação entre os sistemas de criação de tilápias permite comparar o desempenho de cada sistema e contribuir para tomadas de decisões. O diagrama ternário de energia foi empregado para ajudar na comparação dos sistemas em estudo. Comparando as transformidades nos três casos, evidenciou maior eficiência o sistema aquapônico, 4 vezes mais eficiente que o tradicional e 2 vezes que o sistema tanques rede. O indicador do índice de sustentabilidade (ESI) mostrou que o sistema tradicional, com valor de 4,9 está no limite superior da sustentabilidade em curto prazo, podendo facilmente entrar nos limites de sustentabilidade de longo prazo, onde o valor superior é 5. O sistema aquapônico caracteriza como não sustentável, abaixo de 0,1. O sistema tanques rede esta dentro dos limites da sustentabilidade de curto prazo com 1,21.

Palavras chaves: Contabilidade Ambiental. Sustentabilidade. Energia. Diagrama Ternário em Energia. Aquicultura.

ABSTRACT

Fish consumption has significantly increased from 10 kg to 27.7 kg/year per capita during last year's, thus exceeding the natural production capacity. In order to meet demand the maritime - as well as the inland aquaculture - was encouraged. In tropical countries, tilapia production has been pointed out as the most promising in terms of growth and development in inland conditions. On the other hand, adverse environmental consequences have arisen due to uncontrolled production. Therefore, it becomes necessary the use of adequate methodologies in order to accomplish well sustained environmental evaluations for inland tilapia aquaculture systems. The present work evaluates and compares the environmental sustainability of three different tilapia production systems: the traditional one (farming in pond), the aquaponic one, and the cage-farm by using emergy accounting methodology. Emergy accounting enables quantification of all the used, natural or purchased resources in a common metric. The evaluation of the different tilapia production systems allowed performance comparison and contributed to decision making. The ternary diagram was adopted to help in the comparison of the three systems. Calculated Transformity values evidenced a greater global efficiency for the aquaponic farm system (four times more efficient than the traditional and twice than the cage-farming). The emergy sustainability index (ESI) showed that the traditional system is placed in the upper limit of the short term sustainability region. The aquaponic system was placed under the non-sustainable region, with a ESI value lower than 0.1. The cage farm system presented a value of 1.21, thus being placed between the limits of short term sustainability.

Keywords: Environmental accounting. Sustainability. Emergy. Emergy. Ternary diagram. Aquiculture.

1. INTRODUÇÃO

O consumo alimentar de pescado teve aumento significativo nos últimos anos, a média mundial passou de 10 kg para 27,7 kg anuais por pessoa (SEBRAE, 2007a). Os esforços para a captura de peixes se tornam cada vez mais onerosos, tendo como consequência o desenvolvimento da aquicultura mundial, para abastecer o mercado (SEAG, 2008). O aumento da pesca extrativa e predatória foi inevitável e trouxe um forte declínio do estoque de pescado no mundo, ao ponto de ultrapassar a sua capacidade de reprodução, com isso a aquicultura passou a ser incentivada (MEC, 2006).

A aquicultura de água doce em países tropicais tem a tilápia como o peixe de melhor adaptação, sendo este peixe criada em pelo menos cem países. A tilápia é considerada como um peixe exótico muito promissor para a aquicultura (SEBRAE, 2007).

Os filés da tilápia são saborosos, possuem baixos teores de gordura - cerca de 0,9 g/100 g de carne - de caloria 172 kcal/100 g de carne - e ausência de espinhos em forma de "Y" (Proença & Bittencourt, 1994). Devido a essas características Fitzimmons (2000) considerou a tilápia o peixe mais promissor de água doce do século XXI.

Com o crescimento da aquicultura têm surgido pesquisas para o desenvolvimento dos processos de criação da tilápia, melhora da qualidade e do uso dos recursos ambientais. Como a aquicultura é uma prática que usa o ambiente natural e muitos recursos externos, certamente irá trazer uma série de impactos ambientais (EMBRAPA, 2003).

O grande desafio para a humanidade está em produzir, porem com princípios sustentáveis. Onde devem usar o máximo de recursos renováveis e diminuir os recursos não renováveis, compreender o funcionamento de cada sistema. A sustentabilidade ambiental só será alcançada se a relação entre as decisões entre a produção, o consumidor e a biosfera for entendida (Giannetti et al., 2007). Todos os processos que envolvem recursos renováveis devem ser identificados, devido a sua alta sustentabilidade em relação àqueles que usam somente energias não renováveis (Lefroy et al., 2003).

1.1 SISTEMAS ESTUDADOS

Foram escolhidos três sistemas diferentes de criação de tilápias no Estado de São Paulo – Brasil, para análise comparativa.

O primeiro é conhecido como sistema intensivo, no qual será tratado como sistema tradicional, onde o peixe é produzido solto no lago, o controle dos peixes é parcial, tanto para alimentação quanto nas possíveis doenças. O fator limitante é a quantidade de oxigênio dissolvido na água e a produção paralela de plânctons. Os dejetos dos peixes são entregues à natureza sem controle.

O segundo sistema é conhecido como aquapônico, os peixes são produzidos de forma super intensivo. Este sistema é constituído de um tanque para criação de peixes e de outro tanque para tratamento dos dejetos conhecido como sistema rizosférico, que é conjugado com um sistema hidropônico. Os dejetos orgânicos e minerais gerados no tanque de produção são transformados biologicamente, obtendo assim, um sistema cíclico em equilíbrio. O tratamento inicia-se no sistema rizosférico, que tem como princípio filtrar sólidos em suspensão, do tanque de produção de peixes, propiciando o desenvolvimento de bactérias onde com ajuda de plantas com aerênquimas aceleram o processo de oxidação do amônio. Outras substâncias orgânicas favorecem a produção de plânctons, que são alimentos naturais dos peixes. Por fim o sistema hidropônico sequestra uma grande quantidade de substâncias ideais para as hortaliças hidropônicas, deixando a água novamente em condições aceitáveis para os peixes.

O terceiro sistema de produção de tilápias é o de tanques rede ou gaiolas, onde produz peixes de forma super intensivo. Este sistema é considerado o mais eficiente em questão de produtividade, pois facilita o controle e o manejo dos peixes. Pode ser instalado em lagos, represas ou em rios. Devido à grande quantidade de peixes produzida, exigem grande entrada de água, a qual deve ser assistida com cuidado. Por sua vez, grandes quantidades de dejetos gerados pelos peixes podem causar eutrofização em águas. Outro agravante deste sistema é o perigo da tilápia escapar, por ser um peixe exótico e muito resistente, poderá trazer perigos ao ecossistema local.

1.2 APLICAÇÃO DA TEORIA DE ODUM E DO DIAGRAMA TERNÁRIO

A contabilidade ambiental proposta por Odum (1996) é uma metodologia capaz de avaliar a energia nos diferentes processos de criação de tilápias, identificando as classes de insumos, como renováveis (R), não renováveis (N) e pagos (F). Permite contabilizar os recursos naturais e econômicos em uma unidade comum, denominada sej (joule de energia solar). A metodologia pode calcular os indicadores ambientais, como rendimento global de energia (EYR). Investimento em energia (EIR), e carga ambiental (ELR). Brown e Ulgiati (2002) definiram o indicador de sustentabilidade em energia (ESI), que mostra a habilidade do sistema produtivo em maximizar o rendimento e minimizar a carga ambiental. O indicador de intercâmbios em energia (EER) indica se a compra de um bem ou serviço tem valor justo.

O diagrama ternário de energia proposto e descrito por Giannetti e colaboradores (2006), e exemplificado por Almeida et al., (2007), é uma ferramenta gráfica que pode ser utilizada como suporte na tomada de decisão. A imediata visualização dos dados da contabilidade ambiental em energia permite comparar processos com ou sem serviços do ecossistema, além de acompanhar seu desempenho ao longo do tempo.

O presente trabalho compara a sustentabilidade ambiental em diferentes sistemas de produção para a criação de tilápias. A contabilidade ambiental em energia juntamente com o diagrama ternário é empregada nesse estudo.

A contabilidade em energia permite analisar possíveis alterações no sistema, identificar os setores ou itens que necessitem de cuidados. De uma forma geral, a energia é uma ferramenta que permite uma visão global da sustentabilidade ambiental neste estudo de criações de tilápias.

2. CONCEITOS BÁSICOS DA CRIAÇÃO DE TILÁPIAS

2.1 UM BREVE HISTÓRICO DA INTRODUÇÃO DA TILÁPIA NO BRASIL

Originária da África e do Oriente Médio, a tilápia foi introduzida em vários países do mundo para criação comercial. Fatores como adaptabilidade para aquicultura de água doce em países tropicais, rusticidade, crescimento rápido e ótima qualidade da carne favoreceram muito a sua expansão (Borges et al., 2005).

Segundo Coelho (2006), a entrada da tilápia do gênero *rendalli* no Brasil se deu entre 1951 e 1952, com o intuito de combater plantas aquáticas que entupiam as turbinas das hidroelétricas. A alta capacidade de proliferação e fácil adaptação a diversos alimentos de origem vegetal e animal acabaram prejudicando sua verdadeira função, que era da limpeza da vegetação nas turbinas.

Segundo Coelho (2006), na década de 70 foi introduzida no Brasil outros tipos de tilápias, como a tilápia *honorum* e tilápia *nilótica*. Deste cruzamento surge uma tilápia comercialmente atraente.

A tilápia é um peixe com forte capacidade de adaptação através de seus diversos híbridos. Segundo Kubitza (2000) existem vários tipos de tilápias híbridas, que foram adaptadas para atender as necessidades de locais com temperaturas baixas, alta salinidade, águas eutrofizadas com excesso de plânctons, baixa oxigenação, entre outras.

Na década de 90 surge a tecnologia da reversão sexual das fêmeas, permitindo um crescimento intenso de tilápias machos, evitando assim a competição do alimento pelos peixes pequenos e as fêmeas. Essa nova tecnologia possibilitou imprimir um ritmo empresarial e um salto na atividade de criação de tilápias, também surgiram os frigoríficos específicos para peixes (SEBRAE, 2007b).

Conforme Santos (2006) as principais tilápias de caráter comercial no Brasil são: as *Tailandesas* ou *Chitralada* desenvolvida pelo Asian Institute of Technology (AIT); a *Genomar Supreme Tilápia* (GST) desenvolvida pela

Empresa Genomar e a *Genetic Improved Farmed Tilapia (GIFT)*, desenvolvida nas Filipinas.

Hoje a produção de tilápias no Brasil é considerada uma das mais promissoras atividades da economia nacional, com possibilidade de grande exportação (ASN, 2008).

2.2 SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE TILÁPIAS

Diversos métodos de produção foram adotados em todo o mundo, as características dos peixes estão de acordo com a disponibilidade das águas, influências mercadológicas, situações climáticas e capacidade de investimentos. Cada produtor verifica as suas possibilidades e os métodos de ajuste necessários para ter uma produtividade adequada (Kubitza, 2000).

A seguir descrevem-se os sistemas estudados neste trabalho.

2.2.1 Criação de Tilápias pelo Sistema Tradicional

Este sistema é ainda o mais usado e o método mais antigo. Caracteriza-se pela utilização dos viveiros de chão de terra, naturais ou construídos, tendo os peixes soltos no tanque. Para potencializar a criação de peixes, é necessário desenvolver a flora e a fauna aquática que auxiliam na alimentação da tilápia (Fitzsimmons, 2000). Para isso usam fertilizantes orgânicos, inorgânicos e minerais, que baixam o custo da produção (Kubitza, 2000).

O que limita a produção é o oxigênio dissolvido, pois os resíduos são responsáveis pela alta proliferação dos diversos organismos aquáticos, que por sua vez, competem com o oxigênio. Um controle de oxigênio se faz necessário, pois a biomassa de peixe para esse tipo de criação pode variar conforme a oxigenação pela renovação de água de 0,1 a 0,5 kg/m².

O sistema tradicional geralmente é ampliado para maior produtividade, porem há a necessidade de introduzir recursos extras como ração e indução de oxigênio, podendo até ter perdas marcantes de nutrientes (Pillay, 1993).

A figura 1 mostra uma sequência de tanques de criação de tilápias em um sistema tradicional. O controle do nível de água se faz necessário através de um monge em tanques que utilizam o sistema de produção tradicional. O anexo L mostra imagens do local.



Figura 1. Tanques de Criações de Peixes em Sistema Tradicional.
Fonte: Modelo Emater de Produção de Tilápia. Raul Henrique Brianese. Novembro de 2004.

2.2.2 Criação de Tilápias pelo Sistema Aquapônico

É um sistema fechado, onde a produção de peixes, a rizosfera e a hidroponia interagem em dois tanques. Esse conjunto permite ter uma água sempre em condições favoráveis aos peixes e plantas.

O sistema aquapônico do estudo é mostrado na figura 2. O esquema do tanque aquapônico é representado na figura 3. O anexo M mostra imagens do local.



Figura 2. Tanque de Criação de Tilápias em Sistema Aquapônico do estudo

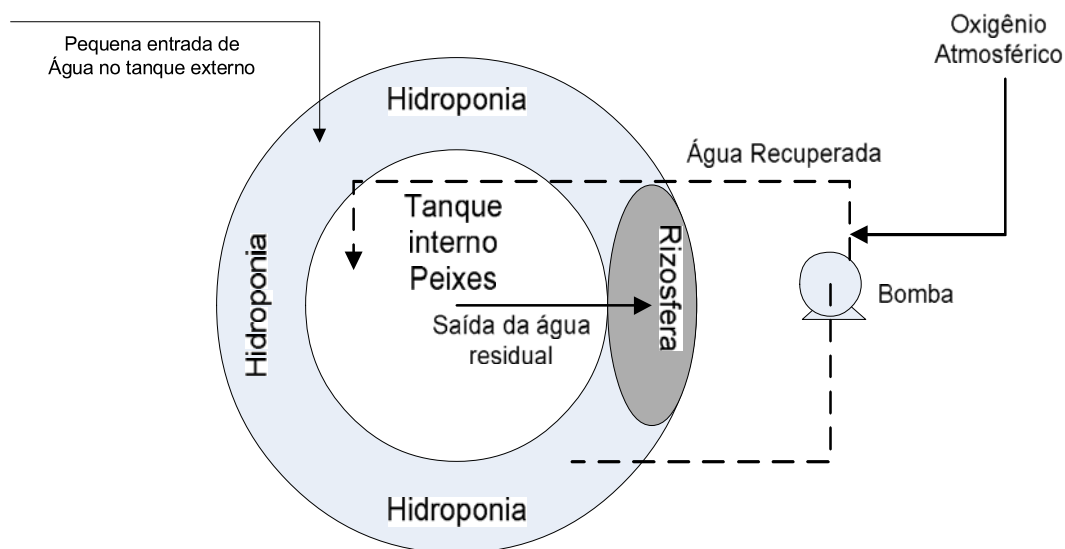


Figura 3. Esquema do tanque aquapônico completo, tanque interno dos peixes, tanque externo, (rizosfera e hidroponia).

O Tanque Interno: (Local da Criação dos Peixes) Neste tanque dá-se a engorda dos peixes que são separados conforme seu tamanho, por pequenos tanques rede. O tanque interno recebe água tratada do tanque externo por meio de bomba elétrica e com indução de oxigênio atmosférico.

O Tanque Externo. (Local da Recuperação das Águas) Neste tanque estão contidos o sistema rizosférico e o sistema hidropônico. Este tanque, que está em volta do tanque de peixes, recebe os dejetos gerados pelos peixes e restos de ração.

O Sistema Rizosférico. (Local do tratamento biológico) É constituído de dolomitas, zeólitas, britas, plantas macrófitas com aerênquimas e bactérias. Este sistema é responsável em reter os sedimentos do tanque de peixes. O material que aí chega é rico em carbono, fósforo, potássio e amônia. O carbono encontra-se principalmente na forma de CO_2 , responsável pela proliferação de plânctons (fitoplâncton e zooplâncton). Os resíduos de fósforo e potássio enriquecem as plantas macrófitas do sistema rizosférico e as hortaliças do sistema hidropônico. A amônia NH_3 produzida é muito tóxica aos peixes e precisa ser transformada e eliminada (Boyce, 1999). Uma parte da amônia NH_3 entra em equilíbrio com o íon amônio NH_4^+ , permitindo a oxidação desse íon. Outra parte da amônia é transformada e liberada ao ambiente em forma de N_2 , juntamente com parcelas de CO_2 , através do intercâmbio com a atmosfera na interface água e ar (EMBRAPA, 2003).

O sistema rizosférico imita as lagoas naturais, porém de forma acelerada. A transformação do nitrogênio amoniacal se dá por meio da interação entre espécies em diversos estados de oxidação e agregação física (Reed, 1985).

As britas têm a finalidade de filtrar os resíduos sólidos, diminuir a velocidade da água, fixar as raízes das plantas macrófitas com aerênquimas que por sua vez fornecem condição adequada para fixação das bactérias. Plantas macrófitas com aerênquimas crescem em locais alagados. Suas raízes captam nutrientes químicos e outras substâncias da água que alimentam o sistema rizosférico (Joly, 1991).

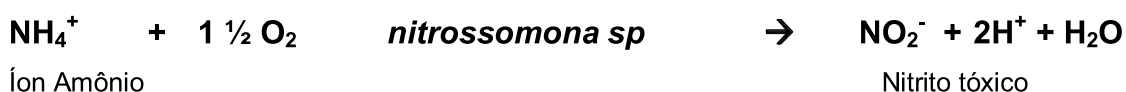
As macrófitas usadas no sistema aquapônico estudado são do gênero *Cyperus papyrus* e são responsáveis pela aeração do filtro, pois transferem o oxigênio atmosférico para os aerênquimas das raízes possibilitando a degradação dos materiais orgânicos e inorgânicos pelas bactérias (Marques, 1999; Salati et al., 1999).

As bactérias acumulam-se em todo o sistema, mas em maior quantidade na rizosfera. As principais bactérias são as dos gêneros *nitrossomona* e *nitrobacter*, que têm grande importância para a sobrevivência do sistema aquapônico, pois usam o oxigênio vindo através dos aerênquimas das macrófitas para oxidar o amônio.

A transformação do íon amônio é mostrada no esquema segundo Von Sperling (1997).

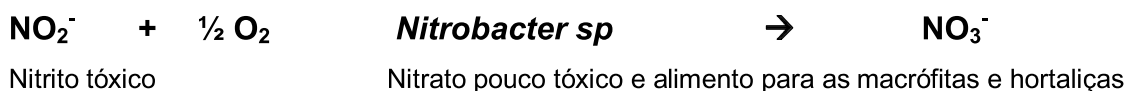
Fase 1. Transformação bioquímica por ação da bactéria “Nitrossomona”

Oxidação do íon Amônio a Nitrito, pela ação das bactérias e energia solar.



Fase 2. Transformação bioquímica por ação da bactéria “Nitrobacter”.

Oxidação do Nitrito a Nitrato, pela ação das bactérias e energia solar.



A utilização de pedras zeólitas tem a finalidade de aumentar a adsorção da amônia. É um “*aluminossilicato clinoptilolita*” $(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_2 3\text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2 \text{Si}_{13}\text{O}_{36} \times 12 \text{H}_2\text{O}$, conhecido também por Aluminossilicato hidratado (CETEM, 1994).

As dolomitas (CaCO_3 , CaO , MgCO_3 , MgO) são uma fonte de cálcio essencial para alcalinizar as águas diminuindo o excesso de acidez e melhorar as reações de nitrificação (CETEM, 2005).

Após o processo rizosférico a água fica rica em nutrientes como nitratos, potássio e fósforo, favorável para plantas do sistema hidropônico.

O Sistema Hidropônico. (Local que sequestra os resíduos finais contidos na água) Os resíduos transformados na rizosfera ficam em excesso na água, sendo estes uma fonte de nutrientes para plantas, que favorecem o seu desenvolvimento (Fasciolo et al., 2002). Experiências em sistemas de

produção semelhantes a este estudo foram realizadas com diversos vegetais e apresentaram bons resultados (Rakocy and Hargreaves, 1993).

2.2.3 Criação de Tilápias pelo Sistema de Tanques Rede ou Gaiolas

Esse sistema de criação é constituído principalmente por viveiros dispostos no ambiente aquático. Estes viveiros são conhecidos por tanques rede ou gaiolas, e permitem o fácil controle da produção, tanto no acompanhamento diário como na alimentação e na despesca. Como os peixes têm pouco espaço para circulação precisam ter oferta de alimento com ração de taxa protéica maior, para melhorar a produtividade (El – Sayed, 2006).

O tanque rede semelhante esta ilustrado no esquema da figura 4a e na foto da figura 4b. O anexo N mostra imagens do local.

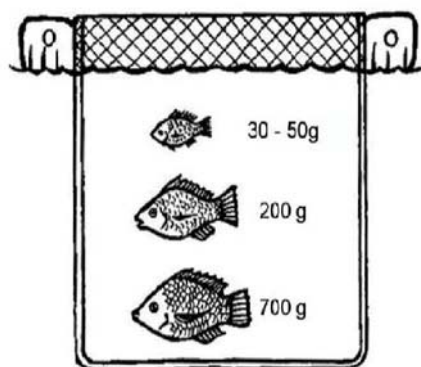


Figura 4a. Esquema de um tanque rede representando o acondicionamento dos peixes. Fonte: Manual de criações de peixe em tanque Redes, CODEVASF. Instituto Ambiental Brasil Sustentável – IABS, 2008



Figura 4b. Foto ilustrativa de um sistema de criação de tilápia pelo método Tanques Redes. Fonte: Tanques redes em Paramirim – CODEVASF.
http://www.codevasf.gov.br/programas_acoes/desenvolvimento-territorial/arranjos-produtivos-locais/fotos-apl-oeste-da-bahia/tanques-rede-em-paramirim.jpg.

3. OBJETIVOS

Avaliar e comparar a sustentabilidade ambiental de três diferentes métodos de criação de tilápias, usando como ferramenta a contabilidade em emerggia. Avaliar a desempenho de cada sistema de forma a contribuir para tomadas de decisões.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer os fundamentos dos três tipos de criação de tilápias usados neste trabalho, avaliando e identificando os recursos de entrada permitindo ações direcionadas.
- Calcular as transformidades e os indicadores para avaliação dos sistemas de criação de tilápias.
- Avaliar a sustentabilidade dos sistemas estudados por meio do uso de indicadores ambientais.
- Comparar os resultados através do uso da ferramenta do triângulo ternário de emerggia.
- Discutir a eficiência dos sistemas estudados.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para efetuar a revisão bibliográfica pesquisou-se no site <http://www.scirus.com>.

Foram poucos os trabalhos encontrados que enfatizam a energia na criação de peixes especificamente.

Os artigos encontrados na literatura que usam a metodologia para criação de peixes são discutidos, e comparados com os resultados deste trabalho

Dos artigos citados na revisão bibliográfica, não estavam disponíveis: O estudo da tilápia mariae de Brown et al., (1992), e o estudo do sparus aurata por Bastianoni et al., (2002).

4.1 ANÁLISE EMERGÉTICA DO CULTIVO DO BAGRE NO ALABAMA EUA: UMA VISÃO GERAL. (ORTEGA ET AL, 2000)

Este artigo traz a síntese de energia num sistema de criação de bagres no Centro Oeste do Alabama nos Estados Unidos, onde usa técnicas de gerenciamento na produção. O intuito é avaliar a dependência de recursos pagos e não renováveis, avaliar seus indicadores, e comparar a transformidade com a criação de outros animais.

A transformidade do sistema de produção de bagres é $8,70 \times 10^{05}$ sej/J. A taxa de renovabilidade (%R) de 18,6%. A razão de troca em energia (EER) para a criação deste peixe foi calculada em 1,25.

Os sistemas agrícolas e sistemas de produção de peixes ou outros animais tem grande dependência de recursos não renováveis e pagos.

O valor de 1,25 para o EER indica que mesmo usando técnicas de gerenciamento adequadas, o valor pago em energia não é suficiente para suprir os gastos que o ambiente tem com energia para criar o bagre.

Os valores da transformidade para a produção de peixes, usando técnicas de gerenciamento, quando comparados a produção de outros animais

nos Estados Unidos, mostraram melhor eficiência para produzir proteína. Comparando com a produção de aves, com transformidade de $1,0 \times 10^{06}$ sej/J, obtém uma eficiência de 13% em favor a produção de peixe. Comparando com a produção de porcos e bois com transformidade de $1,5 \times 10^{06}$ sej/J, deixaram a produção de proteína de peixes 58% mais eficiente.

Os autores relatam que produzindo peixes, usando técnicas de manejo gerenciado, permitiu uma diminuição substancial nas entradas de recursos externos, melhorando a sustentabilidade e maior desempenho na produção.

4.2 EMERGY EVALUATION OF SALMON PEN CULTURE. (ODUM, 2001)

Este artigo avalia os fluxos da energia necessários para a criação do *salmão pena*, em Colúmbia Britânica, no Canadá, onde o trabalho realizado pelo ambiente e pela economia é contabilizado, e comparado com o valor pago em energia para comprar esses salmões.

A transformidade para produzir o salmão canadense é de $9,70 \times 10^{06}$ sej/J. Comparativamente o salmão cultivado no Rio Umpqua, Oregon com transformidade de $7,6 \times 10^{06}$ sej/J e salmões criados no mar com valor de $1,5 \times 10^{07}$ sej/J

O gasto em energia para produzir o salmão canadense foi de $1,94 \times 10^{19}$ sej/ano, enquanto o valor pago em energia foi de $1,0 \times 10^{19}$ sej. Relacionando a energia para a criação do salmão com o preço em sej pago pelos compradores tem-se a razão de troca em energia (EER), que foi de 1,94.

O autor conclui que o valor obtido indica que o sistema de cultivo de peixe está perdendo 1,94 vezes mais energia do que recebem em dólares.

Odum (2001), alerta que para chegar até o consumidor final este salmão passará por diversos processamentos, entre acondicionamento, congelamento, transporte e esta energia agregada a produção do salmão pena poderá a ser 7 vezes mais cara ao ambiente.

4.3 ENVIRONMENTAL ACCOUNTING FOR THE LAGOON OF VENICE AND THE CASE OF FISHING (BASTIANONI ET AL., 2005)

O estudo de Bastianoni et al., (2005) avaliou a Lagoa de Venice e a interferência populacional nesta área. Com cerca de 550 km², é um grande fornecedor de recursos, suporta uma grande atividade biótica. Essa atividade biótica consegue produzir diversas atividades econômicas, como pesca, criação de peixes, moluscos, animais, plantas entre outros.

A lagoa depende de materiais trazidos pelas marés e rios, fato este que possibilitou quantidade de (R) renováveis consideráveis. Os renováveis somaram-se 6.83×10^{20} sej. A entrada de água de rios teve a maior importância 75%, o mar 20%, a geotermia 1,4%, e 3% de nutrientes naturais, fatores que mantêm a vida na lagoa. A lagoa sustenta grande população em vários serviços, sendo grande parte da atividade aquícola.

Os valores obtidos foram: fluxo total da energia, $6,83 \times 10^{20}$ sej/ano. Produção de peixes $2,50 \times 10^{10}$ g/ano. Dividindo o total pela quantidade do peixe obteve a energia por unidade do peixe, que é de $2,73 \times 10^{10}$ sej/g. A qual foi comparada com a energia por unidade da carne de boi produzida no local, onde a carne de boi é igual a $1,67 \times 10^{07}$ sej/g. A energia por unidade dos moluscos produzidos na lagoa é de $3,51 \times 10^{10}$ sej/g. Sendo assim o peixe tem a energia por unidade 1,3 vezes menor que os moluscos, e de 1600 vezes maior quando comparado ao boi.

Os autores consideram que o aumento populacional, está elevando a transformidade dos produtos da lagoa, devido a bens e serviços em diversas áreas.

Outra relação apontada pelos autores foram os indicadores ambientais, e o quanto a população vem interferindo nesses valores.

A relação entre a população e a área analisada, mostra a região Meridionale de menor densidade demográfica, com 70.786 habitantes numa área de 390 km², obtendo 8,94 sej/m² ano. A região de maior população em relação à área é a de Miranese, com 136.350 habitantes numa área de 204 km², obtendo 62,52 sej/m² ano.

Os valores de EIR e ELR são mostrados respectivamente. Região Meridionale com 11,42 e 19,81. Região de Miranese com 183,32 e 432,96. Os indicadores mostram de forma regional, as influências causadas no ambiente aquático pelo excesso de população.

Os autores concluem que o aumento populacional explora a lagoa de tal maneira que todas as normas de sustentabilidade são violadas, ameaçando desta forma, toda a atividade cíclica natural

4.4 EMERGY ANALYSIS FOR THE ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF AN INSHORE FISH FARMING SYSTEM (VASSALLO ET AL., 2007)

O artigo de Vassallo et al.(2007), analisa a criação do peixe *sparus aurata* em sistema intensivo, no Golfo La Spezia, Noroeste do Mediterrâneo, Itália.

Os resultados foram comparados respectivamente com outros três sistemas de criação de peixes. O primeiro é da produção de salmões, o salmo salar (Odum, 2001), o segundo da criação da tilápia *mariae* (Brown et al., 1992), e o terceiro, da criação do mesmo peixe *sparus aurata*, porém em processo semi intensivo por Bastianoni (2002).

A transformidade calculada para a criação do *sparus aurata* estudado por Vassallo et al., (2007) é $1,32 \times 10^{06}$ sej/J; $9,70 \times 10^{06}$ sej/J para o salmo salar; $5,61 \times 10^{05}$ para a tilápia *marie* e $2,45 \times 10^{07}$ sej/J para o *sparus aurata* similar. Dentre as quatro produções, a tilápia mostra-se a produção que obteve melhor desempenho no uso dos recursos.

Para comparação dos indicadores, (ELR e EYR), a tilápia mesmo tendo menor transformidade, apresentou os indicadores menos favoráveis. Indicando o uso inadequado dos recursos renováveis.

Comparando o *aurata* do estudo de Vassallo et al., (2007), em sistema “Intensivo”, e o *aurata* estudado por Bastianoni (2002) no sistema “semi intensivo”, os resultados mostram que o primeiro caso apresentou menor

transformidade, isto é, usou os recursos de forma mais eficiente, porém os valores dos indicadores ambientais se mostram menos eficiente. Os autores consideram isto típico, devido que o sistema intensivo tem uso de recursos renováveis de forma mais eficiente.

Comparando com os indicadores obtidos em processos similares, observou-se que a piscicultura estudada deste artigo, é incapaz de explorar os recursos renováveis, sempre precisando da contribuição de energia externa para executar sua produção.

Os autores concluem forte entrada de recursos externos não renováveis e pagos. Sugerem para melhora dos indicadores ambientais na produção do aurata, deste artigo, que o sistema crie seus próprios alevinos, e poderia também dispor de uma área marítima maior, para melhor eficiência no aproveitamento do alimento natural.

4.5 EMERGY ASSESSMENT OF INTEGRATED PRODUCTION SYSTEMS OF GRAINS, PIG AND FISH IN SMALL FARMS IN THE SOUTH BRAZIL. CAVALETT ET AL, 2007

O estudo de Cavalett et al., (2007), usa a metodologia da energia para avaliar os aspectos ambientais em sistemas de produção integrada de grãos, porcos e peixes em uma fazenda no Sul do Brasil. Esta metodologia mostrou-se eficiente para calcular a sustentabilidade ambiental em energia no sistema agrícola de forma integrada e de forma separada.

Baseado na metodologia proposta por Bastianoni et al., (2000). A transformidade num sistema integrado, que considera a produção de grãos, porcos e peixes é de $9,48 \times 10^{05}$ sej/J para o peixe e as demais saídas. O rendimento da energia (EYR) é = 1,44; o investimento de energia (EIR) = 2,28; e a carga ambiental (ELR) = 3,13.

Os valores obtidos na produção de grãos, de porcos e de peixes de forma separada, feitas por Cavalett et al. (2007) onde usando a metodologia de

Odum (1996) apresenta a transformidade do peixe como sendo $3,04 \times 10^{06}$ sej/J; EYR = 1,31; EIR = 3,21; ELR = 3,59.

Usando a metodologia de Bastianoni et al., 2002, com o incremento de renováveis através do sistema integrado, obtiveram-se valores melhorados da transformidade e dos indicadores ambientais para a produção de peixes, grãos e porcos.

Os autores do estudo mostram que as técnicas de integração trouxeram menor dependência de recursos externos, possibilitando melhora em todos os indicadores.

4.6 DYNAMIC EMERGY EVALUATION OF A FISH FARM REARING PROCESS (VASSALO ET AL., 2009)

Vassalo et al., 2009 estudou um modelo de sistema aquícola que permite avaliar a sustentabilidade ambiental em emergia de forma instantânea, considerando desta forma, as variações ocorridas num processo completo. Visto que as análises em emergia normalmente mostram uma média anual. Esse método permite reconhecer ponto a ponto a eficiência e a importância das contribuições.

Entre os fluxos considerados, a entrada dos alevinos foi o item com forte elevação para o orçamento total da emergia. A fim de melhorar a sustentabilidade ambiental os autores sugerem uma frequência de entrada deste fluxo com melhor sincronismo.

No estudo de Vassalo et al., (2009), a produção de peixes na lagoa de Spezia depende das condições de temperatura ambiente. Devido aos dados locais, mudanças significativas são efetuadas para que o peixe atinja tamanho necessário para o comércio, sendo o período estimado de 58 a 73 semanas.

Para esta análise observou-se a transformidade dos peixes, onde os alevinos com entradas nos meses de março a junho, a transformidade atingiu valores médios de $5,55 \times 10^{05}$ sej/J, à medida que alevinos com entradas nos meses de setembro a novembro obtiveram uma média de $9,93 \times 10^{05}$ sej/J. Nos

últimos três meses, a transformidade foi praticamente o dobro, pois os alevinos são comprados maiores, cerca de 20g, ao passo que em épocas de março a junho, os alevinos entram com o peso médio de 7,5 gramas.

O fato do peixe, entrar mais desenvolvido, diminui o tempo de produção, desta forma exige menos energia, porém, o custo dos alevinos é maior e a quantidade de peixes também é menor, devido à mortandade, elevando a transformidade.

Os valores de EYR não tiveram diferenças consideráveis, porém os valores de ELR as diferenças chegaram a 82,4% comparando-se junho com setembro.

O modelo de avaliação dinâmica de energia do processo aquícola deu oportunidade do acompanhamento de todas as variações de contribuições em energia, durante os diversos ciclos do desenvolvimento dos peixes.

As oscilações verificadas de maneira instantânea tornaram-se importantes para as tomadas de decisões. Como a entrada dos alevinos foi o fluxo de maior contribuição, e de origem não renovável, desloca o processo a não sustentabilidade. Sugere-se dessa forma, amenizar a energia de entrada dos alevinos, com a possibilidade de peixes serem reproduzidos no próprio sistema.

De um modo geral, o atual método de gerenciamento da produção aquícola é contrário aos limites da natureza. Entre outras hipóteses, através do modelo proposto, poderiam investigar e sugerir melhoramentos no nível de sustentabilidade, sem comprometer os interesses dos criadores de peixes, por exemplo, se alterando os meses de início da criação.

5. METODOLOGIA

Para a comparação da sustentabilidade ambiental em diferentes sistemas criações de tilápias, usa-se o método da emergia, onde é analisada toda a energia necessária para um ecossistema produzir um recurso, podendo ser energia, material, serviço da natureza ou humano (Odum, 1996).

Neste trabalho pesquisaram-se três diferentes sistemas de criações de tilápias, próximos a cidade de São Paulo. A proximidade dos diferentes sistemas permite uma comparação mais justa, visto que parâmetros climáticos têm grande interferência na produtividade dos peixes.

Para tanto se considerou todas as entradas de recursos para a fase da construção e operacional.

5.1 CONTABILIDADE AMBIENTAL EM EMERGIA

A contabilidade ambiental em emergia é empregada no estudo da sustentabilidade de sistemas simples ou complexos, como no caso deste estudo, que é de sistema aquícola. Estes sistemas operam na interface do meio ambiente e da economia. Tem como objetivo contabilizar em uma moeda comum, a produção de um produto ou a geração de serviços (Odum 1996). Contabilizam-se os recursos pagos e os recursos não pagos que são introduzidos nos sistemas. Os recursos de entrada fornecida pelo meio ambiente também são contabilizados. Estes recursos são conhecidos como recursos livres e, normalmente, não são avaliados pelos métodos tradicionais de contabilidade. Todo sistema econômico é considerado como sistema termodinâmico aberto contido num ecossistema, a biosfera, com o qual trocam energias e matérias. A metodologia utilizada é a ferramenta adequada para avaliar e comparar sistemas, pois permite converter todas as contribuições numa métrica comum o “sej”.

Quando o objetivo da análise é comparar processos, sistemas ou produtos é importante conhecer cada processo com os quais o sistema em estudo será comparado e tomar o cuidado de unificar os critérios de avaliação, e ainda normalizar as informações. Desta forma, é útil empregar a mesma unidade funcional e o mesmo período de tempo.

Da contabilidade em energia surgem indicadores de sustentabilidade inerentes à ferramenta que permitem quantificar os seguintes aspectos: eficiência no uso dos recursos, produtividade, carga ambiental e sustentabilidade.

Com este método pode-se comparar a eficiência dos diversos sistemas, no que se refere ao uso dos recursos, à produtividade, à carga ambiental e à sustentabilidade. A metodologia consiste em:

- Elaborar um diagrama de fluxos de energia, definindo seus limites.
- Balanço quantitativo dos recursos.
- Identificar os recursos renováveis, não renováveis e pagos.
- Adequar os valores que necessitam de estudos.
- Adequar os valores quantitativos com base anual.
- Selecionar adequadamente os valores das transformidades ou energia por unidade (sej/g; sej/kg; sej/US\$ e etc.)
- Calcular os indicadores e a contabilidade ambiental em energia.
- Comparar os indicadores através do diagrama ternário.

5.2 DIAGRAMA DE FLUXOS DE ENERGIA

A representação gráfica das interações do sistema analisado com os recursos naturais e econômicos pode ser feita por meio de diagramas de fluxos de energia. O diagrama de fluxos de energia é utilizado para possibilitar o melhor entendimento da função de cada componente do sistema e de suas interações. Esses componentes podem ser de origem natural, ou seja, os recursos naturais renováveis e não renováveis, e os recursos de origem econômica. Esses recursos se dividem entre os materiais e os serviços, além da circulação do dinheiro no sistema.

Para a construção destes diagramas, existe uma metodologia já determinada, em que cada elemento é representado com um símbolo específico, conforme Odum (1996).

O grupo de símbolos usados para construir os diagramas deste trabalho está representado e detalhados nas figuras (5 a – 5 g).

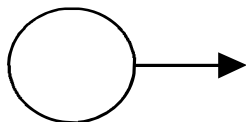


Figura 5a. **Fonte externa de energia:** um recurso externo, podendo ser de qualquer natureza, renovável, não renovável ou pago.

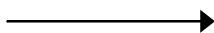


Figura 5b. **Fluxo de Energia:** Um fluxo cuja vazão é proporcional ao volume do estoque ou à intensidade da fonte que o produz.

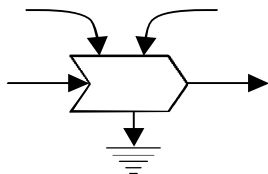


Figura 5c. **Interação:** Interseção de no mínimo dois fluxos de energia para produzir uma saída (trabalho) que varia de acordo com certa função de energia. Exemplos: uma ação de controle de um fluxo sobre outro, presença de um fator limitante.

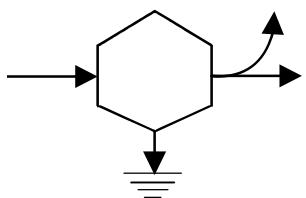


Figura 5d. **Consumidor:** Unidade que usa e transforma a energia, armazena como energia de maior qualidade e retro-alimenta energia (sistema auto-catalítico) para melhorar o fluxo de energia que recebe.

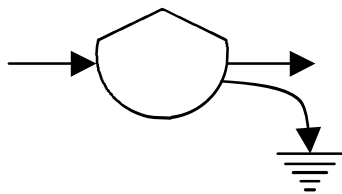


Figura 5e. **Depósito:** Uma reserva de energia dentro dos limites do sistema determinada pelo balanço de entradas e saídas.

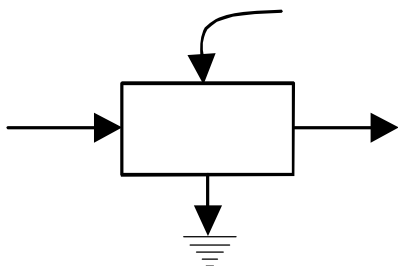


Figura 5f. **Caixa:** Símbolo de uso múltiplo que pode ser usado para representar uma unidade de consumo e produção dentro de um sistema maior. Representa um subsistema.

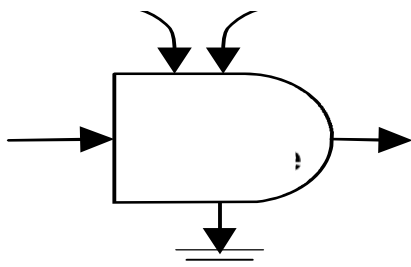


Figura 5g. **Produtor:** Unidade que coleta e transforma energia de baixa intensidade sob a ação de um fluxo de energia de alta qualidade

Os limites do processo a estudar são contidos num retângulo. As entradas são simbolizadas por círculos acompanhadas de setas que representam a direção a seguir. A posição dos círculos à esquerda indica que os recursos são renováveis (R), à direita e acima são os recursos pagos (F), interno e externo à esquerda são os não renováveis (N). A seta saindo do sistema para baixo representa perdas de energia. A seta de saída para a direita representa a saída de produto (Figura 6).

Para este trabalho foram adotadas algumas cores para facilitar a visualização. As entradas renováveis (R) estão demarcadas em azul à esquerda. As entradas pagas (F) à direita, e os não renováveis (N) como fluxo dentro do sistema, ambas em preto. Os fluxos marcados em vermelho são

energias perdidas pelo sistema.

A figura 6 representa um diagrama com as entradas e saídas.

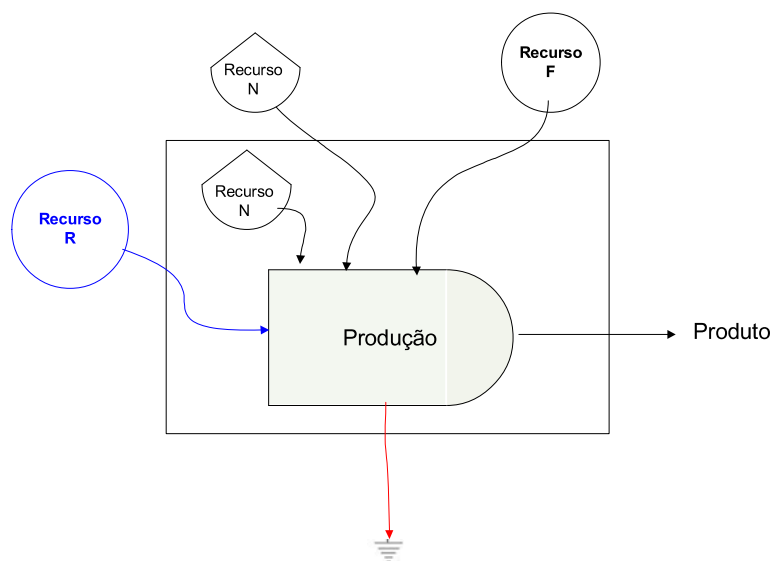


Figura 6. Representação do diagrama de fluxos de energia que mostra de forma simples como é sintetizada o sistema.

5.3 BALANÇO QUANTITATIVO DOS RECURSOS

O balanço quantitativo dos recursos necessários para a contabilidade ambiental em energia dos sistemas aquícolas deste estudo, foi realizado através de obtenção de dados locais. Algumas entradas tiveram seus valores aplicados diretamente, outras tiveram que se adequar para a janela de 1 ano, e outras entradas necessitaram de estudos específicos para adequar os seus valores.

5.3.1 Dados Locais e Quantitativos para o Estudo da Criação de Tilápia pelo Sistema Tradicional

O sistema de criação tradicional está localizado no Sítio 3 Ss, na Rua Nogueira sem nº, no Bairro Agudo Nogueira na cidade de Socorro – SP. Conforme a VIRTUAL MAPA RODOVIÁRIO (ABCR 2008), Socorro dista de São Paulo Capital 115 km, e está localizada na Serra da Mantiqueira (figura 7).

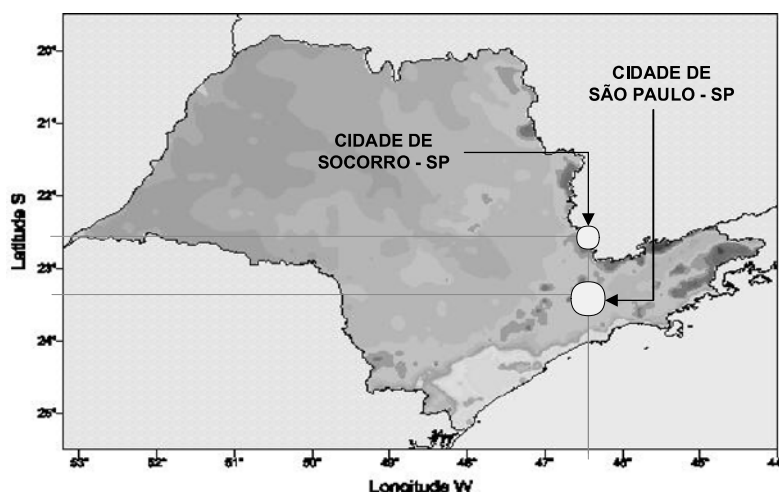


Figura 7. Localização da cidade de Socorro, em relação à cidade de São Paulo, no Estado de São Paulo. Fonte: Brasil Virtual Mapa Rodoviário ABCR – Socorro – SP.

O sítio de criação de tilápias pelo sistema tradicional iniciou suas atividades em 1999. A área de produção é de 900 m² de espelho d'água. O local privilegiado desta criação, em relação à água, propiciou vantagens. A fonte de água tem boa vazão, é coletado a 15 metros acima do nível do tanque, o que garante volume e boa oxigenação, a ponto de eliminar a bomba de circulação e oxigenação. A vazão de água do tanque, avaliada pelo dono do projeto, em dias sem chuvas, foi de 7,5 litros por segundo. As análises realizadas mensalmente no tanque de peixes, pelo produtor, mostram que a qualidade da água mantém ótimas condições. As fotos locais são mostradas no anexo L.

A cada início de ciclo ainda com o tanque vazio, é adicionado 250 kg de calcário no fundo do tanque. Depois de fechada a comporta do monge em aproximadamente 58 horas, o tanque está no seu limite. São adicionados a uréia e o superfosfato, espera-se três dias para estabilização dos insumos, onde já é permitida a entrada dos “*alevinos revertidos*” da tilápia, com 16 gramas em média. Após o ciclo de 6 meses, engordam 450 gramas em média. A quantidade de tilápia deste sistema é de 3.500 unidades por ciclo, obtendo 7000 unidades/ano.

O gênero de tilápia criada neste sítio é a “*Supreme*” (GST). Cada ciclo de engorda dos peixes tem aproximadamente 175 dias. Acontecem dois ciclos anuais com 350 dias, e os 15 dias restantes são para os preparativos e

despesa. Os peixes deste sistema têm conversão alimentar ração x engorda de 1,80 kg/kg.

As entradas que se referem à produção de tilápia no sistema tradicional são mostradas no anexo A e são:

Recursos Renováveis

- Energia solar
- Energia química da chuva
- Energia geotérmica
- Energia potencial da água da mina
- Oxigênio consumido pelos peixes

Recursos Não Renováveis

- Perda de biodiversidade
- Calcário

Recursos Pagos

- Mão de obra
- Concreto
- Aço
- Ferro
- Madeira
- Plástico
- Superfosfato
- Uréia
- Alevinos

5.3.2 Dados Locais e Quantitativos para o Estudo Criação de Tilápias pelo Sistema Aquapônico

O sistema aquapônico estudado está situado na Avenida Capitão João Batista da Silveira, 222 – Jardim Floresta na cidade de Atibaia - SP. Conforme VIRTUAL MAPA RODOVIÁRIO ABCR (2008) Atibaia dista 58 km da Capital São Paulo (figura 8).

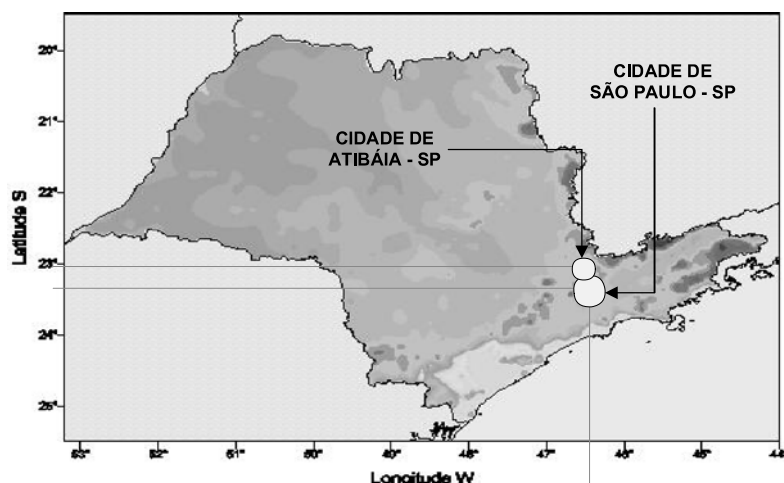


Figura 8. A localização da cidade de Atibaia em relação à cidade de São Paulo, no Estado de São Paulo. Fonte: Brasil Virtual Mapa Rodoviário ABCR – Atibaia SP.

Essa criação iniciou suas operações no primeiro semestre de 2005, com 750 alevinos de tilápias, produzindo 300 kg de tilápias e 400 pés de alface. A pequena produção inicial destinou-se para o desenvolvimento da biota. Durante os próximos semestres a produção teve aumento gradual e no último semestre de 2006 já estava com produção máxima. A janela de pesquisa fixou-se de janeiro a dezembro de 2007 em que se obtiveram dois ciclos de seis meses. A quantidade de peixes sobreviventes foi analisada como entrada e saída, perfazendo uma produção média de 900 peixes e 400 pés de alfaces mensalmente. As fotos locais são mostradas no anexo M.

Os dados da construção com todos os detalhes dos equipamentos foram fornecidos pela empresa construtora e montadora do tanque aquapônico, a Recolast Impermeabilizantes.

O gênero de tilápia criada neste sistema é a “*Supreme*” (GST). As tilápias chegam pesando 1 grama e engordam 400 gramas em média em 180

dias, com conversão de 1,1 kg de ração por kg de peixe engordado.

As entradas que referem à criação de tilápia no sistema aquapônico, são mostradas no anexo B e são:

Renováveis

- Energia solar
- Oxigênio
- Energia química da chuva
- Energia geotérmica

Não Renováveis

- Britas
- Dolomitas
- Zeólitas

Pagos

- Mão de obra
- Bombas e motores
- Aço carbono
- Ferro
- Alumínio
- Plástico
- Cobre

5.3.3 Dados Locais e Quantitativos para o Estudo da Criação de Tilápias pelo Sistema Tanques Rede

O sistema de tanques redes estudado situa-se na cidade de Iperó – SP. Conforme VIRTUAL MAPA RODOVIÁRIO (ABCR, 2008), Iperó dista 128 km da Capital São Paulo – SP (figura 9).

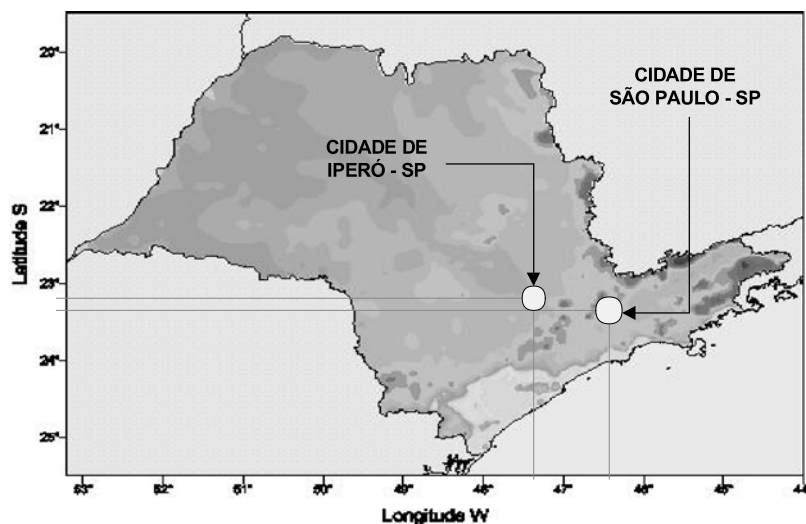


Figura 9. A localização da cidade de Iperó, em relação à cidade de São Paulo, no Estado de São Paulo. Fonte: Brasil Virtual Mapa Rodoviário ABCR. Iperó – SP.

Antigamente, este sítio foi uma plantação de arroz lindeiro ao córrego Água Branca. Posteriormente, o proprietário deslocou a terra adjacente ao córrego por 4.000 metros a fim de construir uma represa, com a intenção de montar um clube no local. Foram construídas duas pequenas barragens de concreto, essas obras ocorreram à aproximadamente 50 anos. O sítio permaneceu inalterado por vários anos e, em 2005, foi arrendado pelo atual responsável pela criação de tilápias, que aproveitou toda a infra-estrutura básica para esta produção.

O abastecimento da represa se dá pelo córrego Água Branca, oriundo de região estritamente agrícola e protegida ambientalmente. A vazão de entrada é de 100 litros por segundo no inverno, chegando a 200 litros por segundo no verão chuvoso, valor este, que é limitado pela tubulação de entrada.

A represa em que está à criação de tilápias é devidamente licenciada,

tem uma área de 30 hectares com uma profundidade média de 2,10 metros. As fotos locais são mostradas no anexo N.

As entradas dos peixes ocorrem semanalmente ou a cada dez dias, pesando em média 30g/unidade. Os peixes juvenis entram num tanque rede de 4m³, após 2 meses com 120 gramas são divididos em dois tanques redes maiores. Nestes tanques maiores, agora de 6 m³, os peixes permanecem aproximadamente por 4 meses, onde no total engordam 484g por unidade em média. A quantidade de peixe anual sobrevivente é de 320.000 unidades.

O peixe criado neste sítio é a Tilápia “*Supreme*” (GST). O ciclo de aproximadamente 180 dias, com conversão alimentar ração / engorda do peixe é de 1,5 kg/kg, encontra-se dentro de um padrão normal, conforme os piscicultores.

As entradas que se referem à criação de tilápias no sistema tanques rede são mostradas no anexo C e são:

Renováveis

- Energia solar
- Energia química da chuva
- Energia potencial da água
- Água de rio
- Oxigênio
- Alimento natural

Não Renováveis

- Perda de biodiversidade

Pagos

- Mão de obra
- Maquinário
- Bombas e motores
- Aço
- Concreto
- Madeira
- Metais
- Plástico
- Cimento amianto

5.3.4 Entradas Estimadas para a Criação de Tilápias

Algumas entradas requerem estudos específicos para adequar e construir a tabela de emergia, como nos estudos de casos para a criação de tilápias deste trabalho. As entradas são melhores explicadas no anexo G, e são:

- Perda da biodiversidade
- Água de entrada nos sistemas
- Oxigênio para os peixes
- Alimento natural

5.3.5 Adequação das Entradas para Base Anual

O limite temporal para os três sistemas estudados levam em conta o período de 1 ano. As criações de tilápias têm ciclo semestral, para tanto os valores do período da produção são dobrados.

No período da construção considera-se o tempo de vida útil para cada entrada, os valores quantitativos da fase da construção são divididos pelos seus respectivos tempo de vida útil, conforme mostrados na tabela 1.

Tabela 1. Vida útil dos materiais usados neste trabalho

Vida Útil dos Materiais		
Item	Vida Útil	Referência
Mão de Obra	25 anos	Thomson, 2004
Perda de Biodiversidade	50 anos	Estimado por este Trabalho
Concreto	50 anos	Helene, 2001
Aço	10 anos	SRF - 162, 1998
Ferro	10 anos	SRF - 162, 1998
Madeira	5 anos	SRF - 162, 1998
Plástico	10 anos	SRF - 162, 1998
Metal	10 anos	SRF - 162, 1998
Bomba e Motor	10 anos	SRF - 162, 1998
Alumínio	25 anos	SRF - 162, 1998
Brita	5 anos	SRF - 162, 1998
Dolomita	5 anos	SRF - 162, 1998
Zeólita	5 anos	SRF - 162, 1998
Cobre	10 anos	SRF - 162, 1998
Maquinário	10 anos	SRF - 162, 1998
Aço de Concreto	50 anos	Helene, 2001
Concreto com Aço	50 anos	Helene, 2001
Cimento Amianto	25 anos	SRF - 162, 1998

5.4 TRANSFORMIDADE OU EMERGIA POR UNIDADE

A contabilidade ambiental em energia considera tanto os recursos naturais, como econômicos, que são multimétricos, e os transformam em uma unidade comum, por meio da energia/unidade. Odum (1996) criou o conceito da transformidade para converter diferentes métricas e rentabilização de recursos em uma única unidade de medida.

A transformidade é definida como a quantidade de energia solar empregada, direta ou indiretamente, na obtenção de 1 joule de um determinado produto ou serviço, e é expressa em sej/J (joule de energia solar por joule).

A energia por unidade é definida como a quantidade de energia solar empregada, direta ou indiretamente na obtenção de uma unidade de produto ou serviço, podendo ser kg; g; US\$; m³; entre outras (sej/kg; sej/g; sej/US\$; sej/m³).

A transformidade ou a energia por unidade fornece uma medida de concentração de energia e pode ser considerada como um indicador de qualidade. Os valores de energia e transformidade dependem dos materiais e da energia utilizada nas diversas etapas, necessárias para a obtenção do produto ou serviço. Por este motivo, variam de acordo com a matéria prima selecionada, com o tipo de energia empregado na produção e com a eficiência do sistema produtivo. A Tabela 2 relaciona os valores das transformidades e energia/unidade empregadas nesse trabalho.

As quantidades de cada item que compõe o processo são multiplicadas pela transformidade ou energia/unidade, para obter-se o valor da energia para cada item. Os cálculos da energia total para cada produto são mostrados nos anexos D, E e F.

Tabela 2. Relação das transformidades ou energia/unidade usadas neste trabalho.

Ítem	Un.	Energia/Un. sej/Un.	Obs *	Referência
Energia Solar	J	$1,00 \times 10^{01}$		Definição
Energia Química da Chuva	J	$3,10 \times 10^{04}$		Odum et al., 2000
Energia Geotérmica	J	$1,20 \times 10^{04}$	*	Odum, 1996
Biodiversidade (perda de solo)	J	$1,24 \times 10^{05}$		Brown et al., 2004
Energia Potencial (água)	J	$4,70 \times 10^{04}$		Odum et al., 2000
Energia Elétrica	J	$3,36 \times 10^{05}$		Brown et al., 2004
Madeira	J	$1,88 \times 10^{04}$		Lefroy, 2003
Ração	J	$1,00 \times 10^{06}$		Odum, 2001
Oxigênio	g	$5,16 \times 10^{07}$		Ulgianti et al., 2001
Alimento Natural	g	$6,28 \times 10^{08}$		Martin, 2002
Britas	g	$8,25 \times 10^{08}$	*	Odum, 1996
Dolomitas	g	$1,68 \times 10^{09}$	*	Odum, 1996
Zeólitas	g	$1,68 \times 10^{09}$	*	Odum, 1996
Plásticos	kg	$9,86 \times 10^{12}$	*	Brown et al., 2003
Metais	g	$2,82 \times 10^{09}$	*	Odum, 1996
Alumínio	kg	$2,13 \times 10^{13}$	*	Brown et al., 2003
Cobre	g	$2,79 \times 10^{11}$	*	Odum, 1996
Cimento Amianto	g	$1,68 \times 10^{09}$	*	Odum, 1996
Calcário	g	$1,68 \times 10^{09}$	*	Odum, 1996
Superfosfato	kg	$3,90 \times 10^{12}$		Brandt-Williams, 2002
Uréia	kg	$4,61 \times 10^{12}$		Brandt-Williams, 2002
Concreto	kg	$1,81 \times 10^{12}$		Simoncini, 2006
Ferro	kg	$6,97 \times 10^{12}$	*	Buranakarn, 1998
Aço	kg	$6,97 \times 10^{12}$		Brown et al., 2003
Maquinário	kg	$6,97 \times 10^{12}$		Brown et al., 2003
Bombas e Motores	kg	$6,97 \times 10^{12}$		Brown et al., 2003
Mão de Obra	h	$2,08 \times 10^{12}$		Coelho et al., 2002
Água Potável	m ³	$7,75 \times 10^{11}$		Buenfil, 2001
Água de Rio	m ³	$3,23 \times 10^{11}$		Buenfil, 2001
Água de Mina	m ³	$1,05 \times 10^{12}$		Buenfil, 2001
Mudas de Alfaces	US\$	$3,70 \times 10^{12}$		Coelho et al., 2002
Alevinos	US\$	$3,70 \times 10^{12}$		Coelho et al., 2002

Obs (*) Valores anteriores a 2000 foram corrigidos pelo fator 1,68 segundo Odum et al., 2000

As quantidades de cada item que compõem o processo são multiplicadas pela transformidade ou energia/unidade, para obter-se o valor da energia para cada item. Os cálculos da energia total para cada produto são mostrados nos anexos D, E e F.

5.5 INDICADORES AMBIENTAIS

Uma vez identificados e quantificados os fluxos de energia (R, N e F) de um sistema, é possível uma avaliação com base nos indicadores ambientais. Essa análise é de grande utilidade, pois permite analisar e/ou comparar processos. Serão definidos apenas os indicadores empregados nesse trabalho: rendimento em energia (EYR), Carga Ambiental (ELR), Investimento em energia (EIR), índice de sustentabilidade (ESI) e o indicador dos intercâmbios comerciais em energia (EER).

O indicador de rendimento em energia (EYR) é a relação entre a energia total do produto e a energia de entrada do setor econômico, que não é fornecida gratuitamente pelo meio ambiente. Este índice reflete a habilidade do processo de utilizar recursos locais (renováveis e não renováveis), mas não diferencia esses recursos (Odum, 1996).

$$EYR = \frac{R + N + F}{F} = \frac{Y}{F} \quad \text{Equação 1}$$

O Indicador de carga ambiental (ELR) é a relação entre a soma da energia de entrada proveniente do sistema econômico e do recurso local não-renovável e a energia do recurso local renovável. Este índice fornece um balizamento dos serviços ambientais num sistema e mostra um balanço entre os investimentos locais renováveis e não renováveis. Um valor alto de ELR pode indicar um estresse, devido à utilização inadequada dos recursos renováveis locais (Odum, 1996).

$$ELR = \frac{N + F}{R} \quad \text{Equação 2}$$

O indicador de investimento de energia (EIR) é a relação entre a energia fornecida pelo sistema econômico e a fornecida diretamente pelo meio ambiente ao sistema estudado, quer seja renovável ou não renovável.

Valores mais baixos deste indicador indicam que a natureza fornece recursos que barateiam os custos, tornando o produto mais competitivo no mercado.

$$EIR = \frac{F}{N + R} \quad \text{Equação 3}$$

O indicador de sustentabilidade (ESI) foi desenvolvido por Ulgiati e Brown (1998). É obtido da relação entre o rendimento de energia (EYR) e o índice de carga ambiental (ELR). O conceito de sustentabilidade, neste caso, está atrelado à maximização de EYR (rendimento) e a minimização de ELR (carga ambiental), ou seja, o máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de estresse dos recursos ambientais locais.

$$ESI = \frac{EYR}{ELR} = \frac{\frac{Y}{F}}{\frac{N + F}{R}} \quad \text{Equação 4}$$

Segundo Brown e Ulgiati (2002) valores de ESI menores que 1 são indicativos de produtos ou processos que não são sustentáveis. Sistemas com valores maiores que 1 indicam produtos e processos que dão contribuições sustentáveis para a economia. Sustentabilidade em médio prazo pode ser caracterizada por um ESI entre 1 e 5 enquanto produtos e processos com sustentabilidade em longo prazo têm ESI superiores a 5.

O indicador do intercâmbio de energia (EER). É a energia entregue em produto ou serviço dividida pela energia recebida na forma de dinheiro. Valores maiores que 1, indicam ganho para os compradores em energia. Valores menores que 1 indicam que o bem ou serviço estaria pagando mais em energia para o vendedor (Odum, 2000).

$$EER = \frac{\text{Energia do Produto}}{\text{Energia do Dinheiro Recebido}} \quad \text{Equação 5}$$

5.6 DIAGRAMA TERNÁRIO

O diagrama ternário (Giannetti et al., 2006; Almeida et al., 2007) foi proposto como uma ferramenta gráfica que permite a visualização completa e imediata, que auxilia a análise da contabilidade ambiental. O diagrama ternário foi usado neste trabalho para a comparação simultânea dos três sistemas de produção de tilápias.

A ferramenta gráfica utiliza as propriedades do triângulo equilátero, em que seus vértices são representados por (R) recursos renováveis, (N) recursos não renováveis e (F) recursos pagos. As quantidades de cada recurso são mostradas no triângulo como uma reta paralela ao segmento oposto ao vértice, sendo que a aproximação ao vértice origem indica maior quantidade. Os valores da somatória dos três recursos se cruzam em um ponto “A” no interior do triângulo (Figura 10). Com esse método é possível representar os pontos resultantes dos três sistemas analisados simultaneamente, permitindo a comparação.

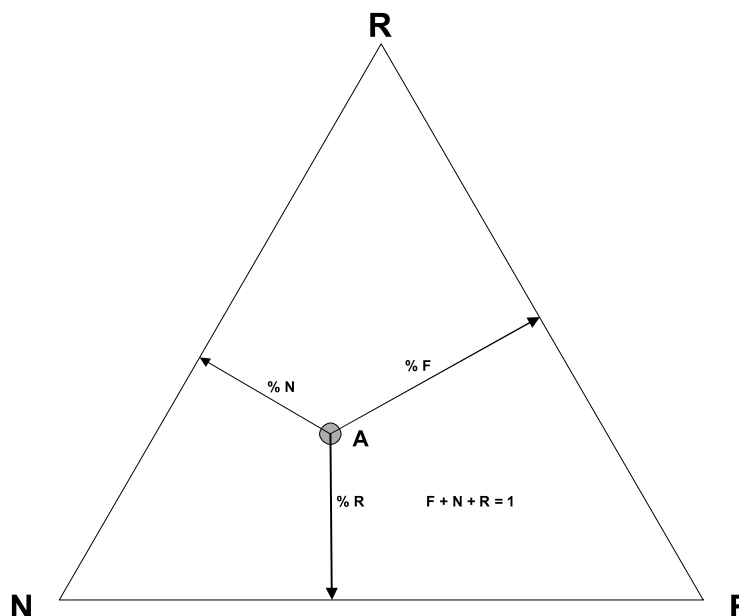


Figura 10. Diagrama ternário em que o ponto resultante A, representa um sistema composto pelos três recursos R, N e F.

Os indicadores ambientais de energia como EYR, EIR e ELR podem ser visualizados na ferramenta gráfica, podendo analisar cada sistema independente ou comparar os três métodos de criação de tilápias.

Outro recurso da ferramenta é a possibilidade do cálculo do índice de sustentabilidade ambiental ESI.

Através da visualização gráfica é possível observar os limites do ESI (figura 11).

Valores gráficos abaixo de 1 indicam não sustentabilidade, valores entre 1 e 5 é sustentabilidade moderada, valores acima de 5 são considerados sustentáveis ambientalmente em longo prazo (Brown e Ulgiati, 2002).

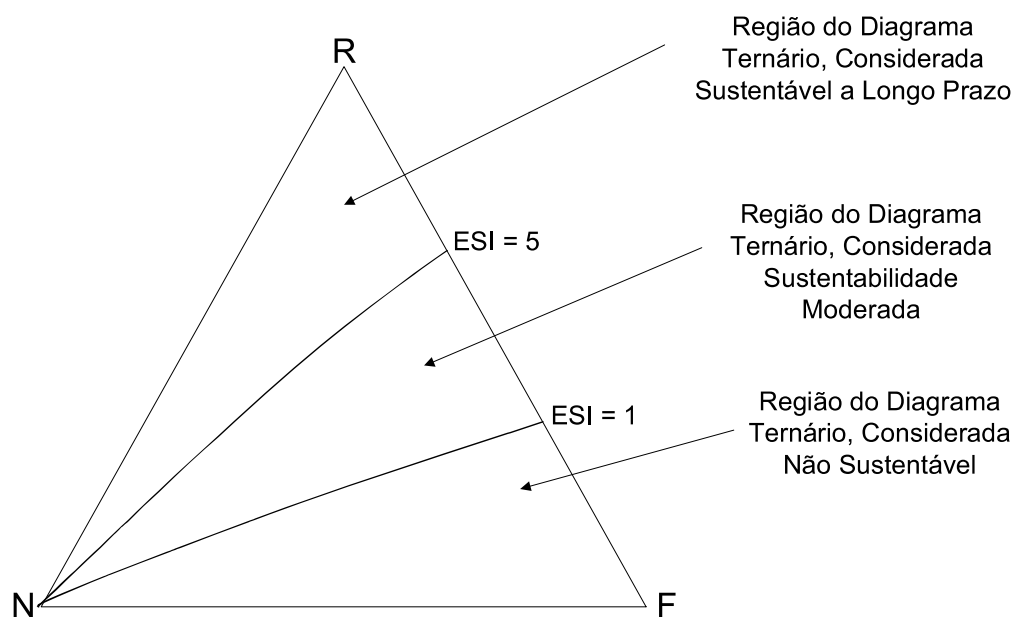


Figura 11. Mostram as áreas limites da sustentabilidade ambiental ESI

6. RESULTADOS E COMENTÁRIOS

6.1 A CONTABILIDADE AMBIENTAL EM EMERGIA PARA A CRIAÇÃO DE TILÁPIAS PELO SISTEMA TRADICIONAL

O diagrama dos fluxos de energia é mostrado na figura 12.

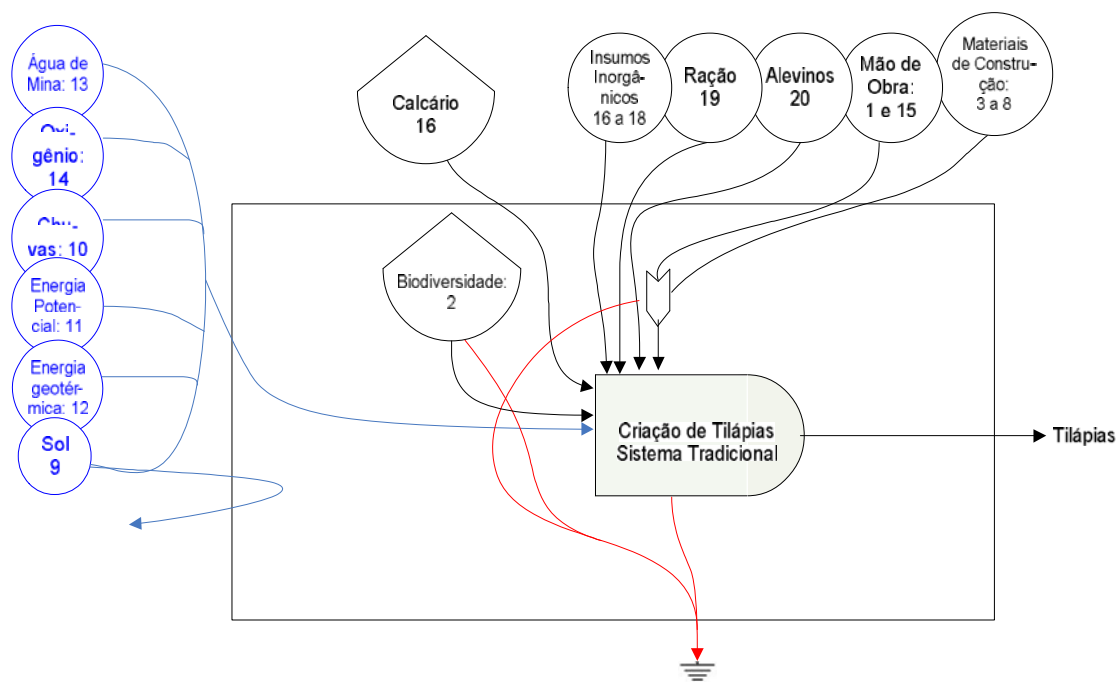


Figura 12. Diagrama de energia do sistema tradicional de criação de tilápias.

Cada linha de fluxo ingressante corresponde a um item e um número na tabela de energia.

Para o sistema tradicional, as entradas da fase de construção estão simbolizadas pelos itens materiais de construção (linhas 3 a 8) e mão de obra (linha 1) como recursos pagos (F). A perda de biodiversidade representa o item 2, considerada como não renovável (N).

Na fase operacional as entradas dos recursos pagos (F) são representadas por mão de obra, ração, alevinos e insumos inorgânicos – correspondentes aos itens 15 e de 17 a 20 na tabela. Na fase operacional somente o calcário (item 16) foi considerado não renovável (N). As entradas

sol, chuva, energia potencial, energia geotérmica, água de mina e oxigênio, representam os recursos renováveis nos itens 9 a 14.

Os cálculos da contabilidade ambiental para o tanque de criação de tilápias pelo sistema tradicional são mostrados na Tabela 3

Tabela 3. Fluxos de energia do sistema tradicional de criação de tilápias, para fase da construção e da fase operacional para o ano de 2007, na cidade de Socorro – SP

Fase da Construção			Uni-	Classe	Energia/Unid.	Vida	Energia	
Item	Descrição	Quantidade	dade		Transformidade	Útil	sej/ano	
1	Mão de obra	$1,20 \times 10^3$	h	F	$2,08 \times 10^{12}$	25	$9,98 \times 10^{13}$	<1
2	Perda de solo Biodiversidade	$2,00 \times 10^{10}$	J	N	$1,24 \times 10^5$	50	$4,96 \times 10^{13}$	<1
3	Concreto	$1,78 \times 10^3$	kg	F	$1,81 \times 10^{12}$	50	$6,33 \times 10^{13}$	<1
4	Aço	$1,86 \times 10^0$	kg	F	$6,97 \times 10^{12}$	10	$1,30 \times 10^{12}$	<1
5	Ferro	$1,08 \times 10^1$	kg	F	$6,97 \times 10^{12}$	10	$7,53 \times 10^{12}$	<1
6	Madeira	$7,19 \times 10^8$	J	F	$1,88 \times 10^4$	5	$2,70 \times 10^{12}$	<1
7	Plástico	$5,27 \times 10^1$	kg	F	$9,86 \times 10^{12}$	10	$5,20 \times 10^{13}$	<1
8	Metais	$1,68 \times 10^4$	g	F	$2,82 \times 10^9$	10	$4,74 \times 10^{12}$	<1
Fase Operacional								
9	Energia Solar	$1,63 \times 10^8$	J	R	$1,00 \times 10^0$	1	$1,63 \times 10^8$	
10	Energia química da chuva	$6,81 \times 10^9$	J	R	$3,10 \times 10^4$	1	$2,11 \times 10^{14}$	<1
11	Energia Potencial da água	$2,39 \times 10^9$	J	R	$4,70 \times 10^4$	1	$1,12 \times 10^{14}$	<1
12	Energia Geotérmica	$1,45 \times 10^9$	J	R	$1,20 \times 10^4$	1	$1,74 \times 10^{13}$	<1
13	Água de mina	$1,12 \times 10^5$	m ³	R	$1,05 \times 10^{12}$	1	$1,18 \times 10^{17}$	63,4
14	Oxigênio	$6,37 \times 10^6$	g	R	$5,16 \times 10^7$	1	$3,20 \times 10^{14}$	<1
15	Mão de obra	$1,97 \times 10^2$	h	F	$2,08 \times 10^{12}$	1	$4,10 \times 10^{14}$	<1
16	Calcário	$5,00 \times 10^5$	g	N	$1,68 \times 10^9$	1	$8,40 \times 10^{14}$	<1
17	Superfosfato	$2,00 \times 10^1$	kg	F	$3,90 \times 10^{12}$	1	$7,80 \times 10^{13}$	<1
18	Uréia	$5,40 \times 10^1$	kg	F	$4,61 \times 10^{12}$	1	$2,49 \times 10^{14}$	<1
19	Ração	$6,20 \times 10^{10}$	J	F	$1,00 \times 10^6$	1	$6,20 \times 10^{16}$	33,4
20	Alevinos	$9,46 \times 10^2$	US\$	F	$3,70 \times 10^{12}$	1	$3,50 \times 10^{15}$	1,9
Energia Total							$1,86 \times 10^{17}$	sej/ano
Energia da Tilápia (anexo H)							$2,27 \times 10^{10}$	J
Massa da Tilápia (anexo H)							$3,15 \times 10^3$	kg
Transformidade para Tilápia do Sistema Tradicional							$8,18 \times 10^6$	sej/J
Energia/kg para Tilápia do Sistema Tradicional							$5,90 \times 10^{13}$	sej/kg

Os cálculos quantitativos estão detalhadas no anexo A e os cálculos da energia referentes a cada item estão no anexo D.

A quantidade total da emergência calculada para o sistema tradicional foi de $1,86 \times 10^{17}$ sej/ano. Já o item 9 - energia solar - não foi considerado para evitar a dupla contagem.

Durante a fase da construção todos os valores foram distribuídos pelo tempo de vida útil e os resultados obtidos representaram menos de 1% para cada item.

Durante a fase operacional, dentre os recursos renováveis (R) somente a água de mina apresentou valor considerável de 63,4% de toda a emergência empregada, os outros modelos tiveram representatividade inferior a 1%.

No escopo dos recursos pagos (F) houve predominância dos alevinos, com 1,9%, e da ração com 33,4%.

6.2 A CONTABILIDADE AMBIENTAL EM EMERGIA PARA A CRIAÇÃO DE TILÁPIAS PELO SISTEMA AQUAPÔNICO

O diagrama dos fluxos de energia para a criação da tilápia é mostrado na figura 13.

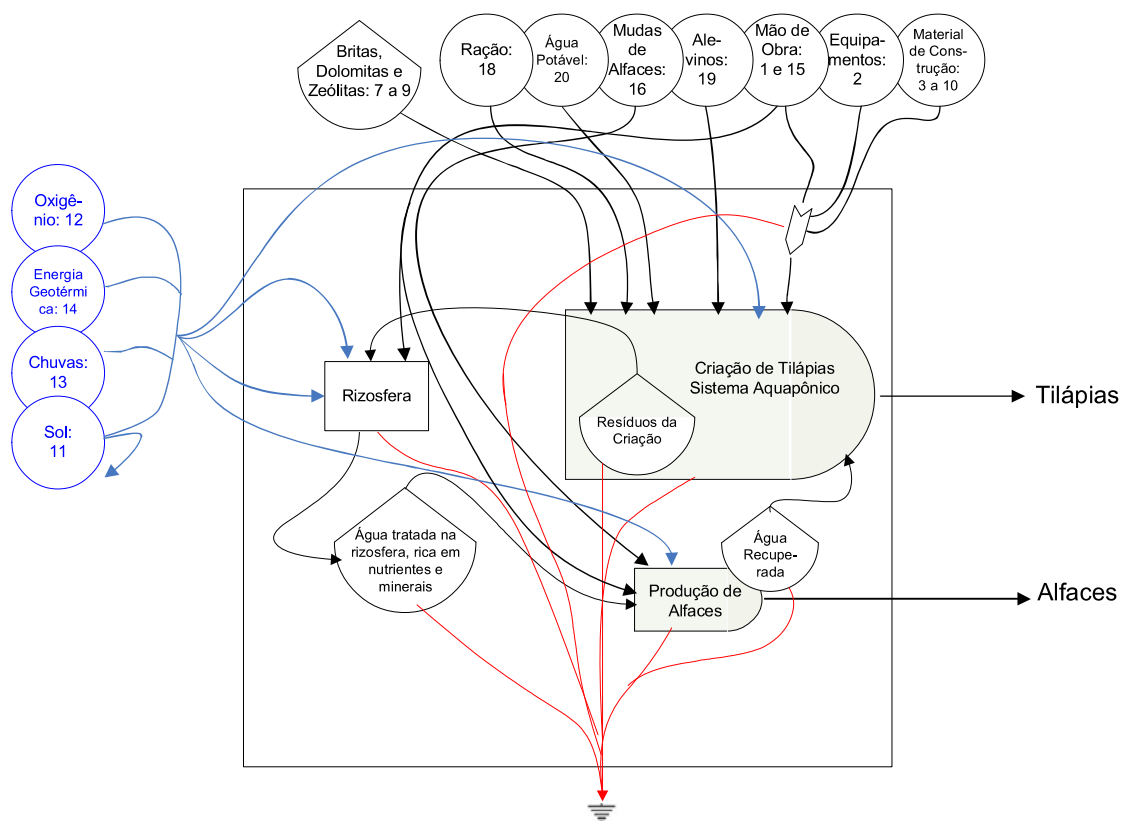


Figura 13. Diagrama de energia do sistema Aquapônico de criação de tilápia.

A fase da construção está representada pelos recursos pagos (F) material de construção, equipamentos e mão de obra – correspondentes aos números 1 a 6 e 10 na tabela de emergia. Os recursos não renováveis (N) estão representados por britas, dolomitas e zeólitas e correspondem aos números 7 a 9 na tabela de emergia. Na fase operacional os itens energia geotérmica, chuvas, oxigênio e sol no conjunto de recursos renováveis (R), estão representados pelos números 11 a 14 na tabela de emergia. Os itens eletricidade, mão de obra, ração, alevinos, água potável e mudas de alface integram os recursos pagos (F) mostrados pelos números 15 a 20 na tabela de emergia. Os cálculos da contabilidade ambiental para o tanque de criação de tilápias pelo método aquapônico são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4. Fluxos de energia do sistema aquapônico de criação de tilápias, para fase da construção e da fase operacional para o ano de 2007, na cidade de Atibaia – SP

Fase da Construção			Uni-	Classe	Energia/Unid.	Vida	Energia	
Item	Descrição	Quantidade	dade		Transformidade	Útil	sej/ano	%
1	Mão de obra	$9,60 \times 10^{01}$	h	F	$2,08 \times 10^{12}$	25	$7,99 \times 10^{12}$	<1
2	Bombas e motores	$5,10 \times 10^{00}$	kg	F	$6,97 \times 10^{12}$	10	$3,55 \times 10^{12}$	<1
3	Aço carbono	$2,04 \times 10^{01}$	kg	F	$6,97 \times 10^{12}$	10	$1,42 \times 10^{13}$	<1
4	Ferro	$1,29 \times 10^{02}$	kg	F	$6,97 \times 10^{12}$	10	$8,99 \times 10^{13}$	<1
5	Alumínio	$2,64 \times 10^{01}$	kg	F	$2,13 \times 10^{13}$	25	$2,25 \times 10^{13}$	<1
6	Plástico	$1,46 \times 10^{02}$	kg	F	$9,86 \times 10^{12}$	10	$1,44 \times 10^{14}$	<1
7	Britas	$5,46 \times 10^{06}$	g	N	$8,25 \times 10^{08}$	5	$9,01 \times 10^{14}$	1,5
8	Dolomitas	$1,00 \times 10^{04}$	g	N	$1,68 \times 10^{09}$	5	$3,36 \times 10^{12}$	<1
9	Zeólitas	$6,00 \times 10^{04}$	g	N	$1,68 \times 10^{09}$	5	$2,02 \times 10^{13}$	<1
10	Cobre	$1,78 \times 10^{03}$	g	F	$2,79 \times 10^{11}$	10	$4,97 \times 10^{13}$	<1
Fase Operacional								
11	Energia solar	$9,42 \times 10^{06}$	J	R	$1,00 \times 10^{00}$	1	$9,42 \times 10^{06}$	
12	Oxigênio	$7,09 \times 10^{06}$	J	R	$5,16 \times 10^{07}$	1	$4,12 \times 10^{14}$	<1
13	Energia química da chuva	$3,70 \times 10^{08}$	J	R	$3,10 \times 10^{04}$	1	$1,15 \times 10^{13}$	<1
14	Energia geotérmica	$7,09 \times 10^{07}$	J	R	$1,20 \times 10^{04}$	1	$8,15 \times 10^{11}$	<1
15	Mão de obra	$2,10 \times 10^{02}$	h	F	$2,08 \times 10^{12}$	1	$4,56 \times 10^{14}$	<1
16	Mudas de alfaces	$2,59 \times 10^{02}$	US\$	F	$3,70 \times 10^{12}$	1	$9,58 \times 10^{14}$	1,6
17	Energia elétrica	$1,16 \times 10^{10}$	J	F	$3,36 \times 10^{05}$	1	$3,90 \times 10^{15}$	6,4
18	Ração	$5,17 \times 10^{10}$	J	F	$1,00 \times 10^{06}$	1	$5,17 \times 10^{16}$	85,5
19	Alevinos	$4,67 \times 10^{02}$	US\$	F	$3,70 \times 10^{12}$	1	$1,73 \times 10^{15}$	2,9
20	Água potável	$7,30 \times 10^{01}$	m ³	F	$7,75 \times 10^{11}$	1	$5,45 \times 10^{13}$	<1
Energia Total							$6,05 \times 10^{16}$	sej
Energia da Tilápia (anexo H)							$3,11 \times 10^{10}$	J
Massa da Tilápia (anexo H)							$4,32 \times 10^{03}$	kg
Energia do Alface (anexo J)							$9,57 \times 10^{08}$	J
Transformidade para a Tilápia do Sistema Aquapônico							$1,94 \times 10^{06}$	sej/J
Transformidade para a Alface do Sistema Aquapônico							$6,32 \times 10^{07}$	sej/J
Energia/kg para a Tilápia do Sistema Aquapônico							$1,40 \times 10^{13}$	sej/kg

Os cálculos quantitativos estão no anexo B e os referentes à energia de cada item estão no anexo E. A planta papirus foi omitida neste trabalho devido a quantidade deste ser insignificante.

A energia total do sistema é de $6,05 \times 10^{16}$ sej/ano. O item 11, energia solar não foi considerado nesta soma para evitar a dupla contagem.

Dentre os valores observados durante a fase de construção deste

sistema apenas o item 7, as britas dos recursos não renováveis, foi significativo com 1,5%.

Na fase operacional os recursos renováveis não tiveram relevância, já que todas as entradas foram inferiores a 1%.

Os recursos pagos mostraram que suas entradas foram muito intensas, perfazendo em 6,4% com eletricidade, 2,9% para a compra dos alevinos, 1,6% na compra de mudas de alface e 85,5% para a ração.

O alimento natural produzido no sistema aquapônico economiza 27% da ração dada aos peixes, porem não é considerado como entrada, pois é produzido no próprio sistema (Anexo G).

O sistema aquapônico conta com duas saídas simultâneas. Os valores da emergia total são utilizados para qualquer produto gerado no sistema - independente da origem e energia adquirida durante o processo - tanto para produto como para coproduto. Um exemplo é este no qual a tilápia e a alface precisam da mesma emergia para serem produzidas.

O estudo da contabilidade ambiental em emergia é uma metodologia eficiente para avaliar um serviço ou um produto. No entanto, considera que os coprodutos possuem a mesma emergia, como no sistema aquapônico.

Bastianoni et al., (2000) propôs dividir a emergia total entre os produtos de saída. Este processo consiste em calcular a energia de todos os produtos em percentuais de energia e relacioná-los com a emergia.

A quantidade porcentual de energia da tilápia - em joules - somada à quantidade da energia em joules da alface resulta em 100%.

Dividindo a emergia total da produção da tilápia pelos percentuais de energia da tilápia, obtém-se a transformidade conjunta da tilápia. De modo análogo é possível calcular a transformidade conjunta da alface.

A tabela 5 mostra os resultados do sistema aquapônico considerando o estudo de Bastianoni et al., (2000). Os cálculos do produto e coproduto são mostrados no anexo J.

Tabela 5. Cálculos do sistema aquapônico baseados em (Bastianoni et al., 2000)

Fase da Construção			Uni-	Classe	Energia/Unid.	Vida	Energia	
Item	Descrição	Quantidade	dade		Transformidade	Útil	sej/ano	%
1	Mão de obra	$9,60 \times 10^{01}$	h	F	$2,08 \times 10^{12}$	25	$7,99 \times 10^{12}$	<1
2	Bombas e motores	$5,10 \times 10^{00}$	kg	F	$6,97 \times 10^{12}$	10	$3,55 \times 10^{12}$	<1
3	Aço carbono	$2,04 \times 10^{01}$	kg	F	$6,97 \times 10^{12}$	10	$1,42 \times 10^{13}$	<1
4	Ferro	$1,29 \times 10^{02}$	kg	F	$6,97 \times 10^{12}$	10	$8,99 \times 10^{13}$	<1
5	Alumínio	$2,64 \times 10^{01}$	kg	F	$2,13 \times 10^{13}$	25	$2,25 \times 10^{13}$	<1
6	Plástico	$1,46 \times 10^{02}$	kg	F	$9,86 \times 10^{12}$	10	$1,44 \times 10^{14}$	<1
7	Britas	$5,46 \times 10^{06}$	g	N	$8,25 \times 10^{08}$	5	$9,01 \times 10^{14}$	1,5
8	Dolomitas	$1,00 \times 10^{04}$	g	N	$1,68 \times 10^{09}$	5	$3,36 \times 10^{12}$	<1
9	Zeólitas	$6,00 \times 10^{04}$	g	N	$1,68 \times 10^{09}$	5	$2,02 \times 10^{13}$	<1
10	Cobre	$1,78 \times 10^{03}$	g	F	$2,79 \times 10^{11}$	10	$4,97 \times 10^{13}$	<1
Fase Operacional								
11	Sol	$9,42 \times 10^{06}$	J	R	$1,00 \times 10^{00}$	1	$9,42 \times 10^{06}$	
12	Oxigênio	$7,09 \times 10^{06}$	g	R	$5,16 \times 10^{07}$	1	$4,12 \times 10^{14}$	<1
13	Chuva	$3,70 \times 10^{08}$	J	R	$3,10 \times 10^{04}$	1	$1,15 \times 10^{13}$	<1
14	Energia geotérmica	$7,09 \times 10^{07}$	J	R	$1,20 \times 10^{04}$	1	$8,15 \times 10^{11}$	<1
15	Mão de obra	$2,10 \times 10^{02}$	h	F	$2,08 \times 10^{12}$	1	$4,56 \times 10^{14}$	<1
16	Mudas de alfaces	$2,59 \times 10^{02}$	US\$	F	$3,70 \times 10^{12}$	1	$9,58 \times 10^{14}$	1,6
17	Energia elétrica	$1,16 \times 10^{10}$	J	F	$3,36 \times 10^{05}$	1	$3,90 \times 10^{15}$	6,4
18	Ração	$5,17 \times 10^{10}$	J	F	$1,00 \times 10^{06}$	1	$5,17 \times 10^{16}$	85,5
19	Alevinos	$4,67 \times 10^{02}$	US\$	F	$3,70 \times 10^{12}$	1	$1,73 \times 10^{15}$	2,9
20	Água potável	$7,30 \times 10^{01}$	m ³	F	$7,75 \times 10^{11}$	1	$5,45 \times 10^{13}$	<1
Energia Total							$6,05 \times 10^{16}$	sej
Os cálculos estão no anexo J							Transformidade Conjunta	
Tilápia	$3,11 \times 10^{10}$	J	97%		$5,87 \times 10^{16}$	sej	$1,89 \times 10^{06}$	sej/J
Alface	$9,57 \times 10^{08}$	J	3%		$1,81 \times 10^{15}$	sej	$1,89 \times 10^{06}$	sej/J

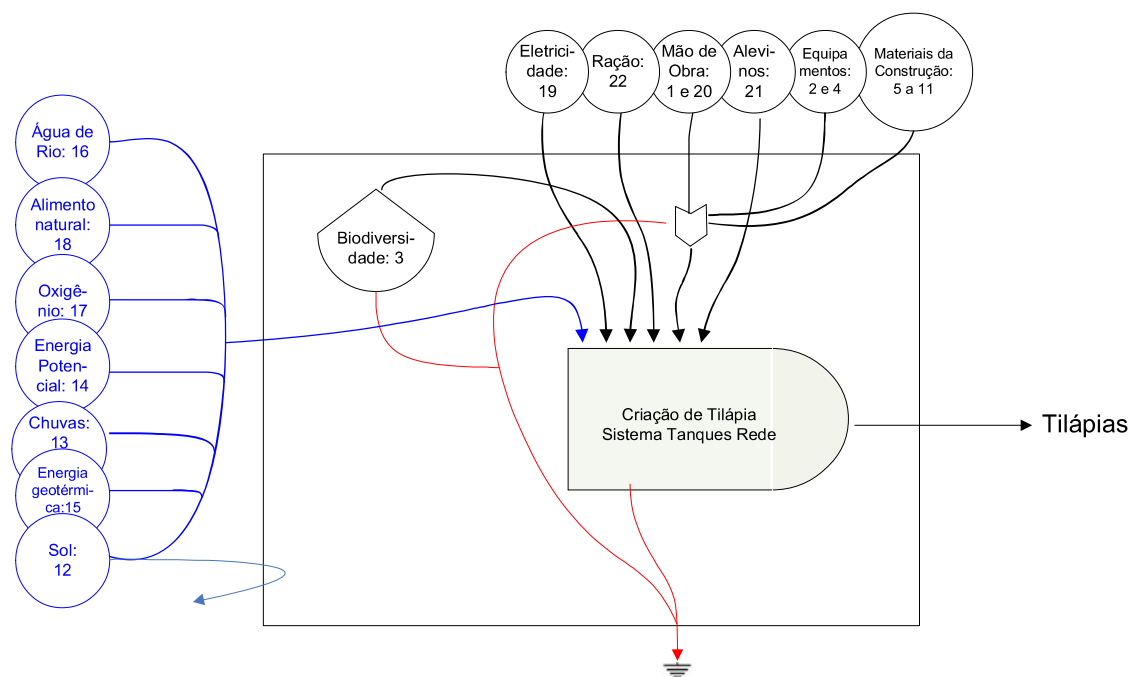
Usando a metodologia do coproduto proposto por Bastianoni et al., (2000), observa-se uma aproximação a um valor mais adequado para o coproduto. Os valores obtidos não alteraram o resultado da energia total, porém as transformidades do produto e do coproduto sofreram alterações. A tilápia não teve diferença expressiva, pois 97% da energia foi destinada à produção do peixe. A transformidade da tilápia calculada de modo convencional resultou em $1,94 \times 10^{06}$ sej/J, mas se calculada pelo método proposto assume o valor de $1,89 \times 10^{06}$. Já a alface, que representa 3% da energia total, teve grande alteração. Passou de $6,30 \times 10^{07}$ sej/J para $1,89 \times 10^{06}$ sej/J.

Para uma melhor análise compara-se a transformidade da alface produzida no sistema aquapônico deste estudo com a alface estudada por Sherry L. Brandt-Williams no Folio 4 (2002), mesmo apresentando métodos de produção diferentes.

O alface cultivado em sistema convencional do estudo de Sherry L. Brandt-Williams (2002), tem valores de transformidade $8,45 \times 10^{05}$ sej/J e no sistema aquapônico deste trabalho de $1,89 \times 10^{06}$ sej/J. A aproximação dos valores foi grande, se considerarmos que na análise da emergência do alface no sistema aquapônico convencional, a transformidade é de $6,30 \times 10^{07}$ sej/J. De qualquer forma, a transformidade do alface do sistema aquapônico ainda pode ser manipulada, uma vez que a produção de alface pode ser aumentada - "*conforme produtores*" - tendo então a possibilidade de melhora na transformidade.

6.3 A CONTABILIDADE AMBIENTAL EM EMERGIA PARA A CRIAÇÃO DE TILÁPIAS PELO SISTEMA TANQUES REDE

O diagrama dos fluxos de energia para a criação da tilápia do sistema tanques rede é mostrado na figura 14.



A figura 14: Diagrama de energia do sistema tanques rede de criação de tilápia.

A fase da construção está representada no diagrama pelos fluxos, mão de obra e materiais e equipamentos da construção que representam na tabela de emergias, os itens 1 e 2 e de 4 a 11 como recursos pagos (F). O fluxo Perda de biodiversidade como não renovável (N) é representado como item 3.

A fase operacional está representada pelos recursos renováveis (R) os itens 12 a 18. Os itens 19 a 22 são mostrados como entradas pagas (F).

A contabilidade ambiental para o tanque de criação de tilápias pelo método dos tanques rede é mostrada na Tabela 6.

Tabela 6. Fluxos de energia do sistema tanques redes de criação de tilápias, para fase da construção e da fase operacional para o ano de 2007, na cidade de Iperó – SP

Fase da Construção			Uni-		Energia/Unid.	Vida	Energia	
Item	Descrição	Quantidade	dade	Classe	Transformidade	Útil	sej/ano	%
1	Mão de obra	$9,60 \times 10^{02}$	h	F	$2,08 \times 10^{12}$	25	$7,99 \times 10^{13}$	<1
2	Maquinário	$9,30 \times 10^{03}$	kg	F	$6,97 \times 10^{12}$	10	$6,48 \times 10^{15}$	<1
3	Perda de solo Biodiversidade	$6,66 \times 10^{11}$	kg	N	$1,24 \times 10^{05}$	50	$1,65 \times 10^{15}$	<1
4	Bombas e motores	$7,20 \times 10^{01}$	kg	F	$6,97 \times 10^{12}$	10	$5,02 \times 10^{13}$	<1
5	Aço	$2,32 \times 10^{03}$	kg	F	$6,97 \times 10^{12}$	50	$3,23 \times 10^{14}$	<1
6	Concreto	$3,71 \times 10^{04}$	kg	F	$1,81 \times 10^{12}$	50	$1,34 \times 10^{15}$	<1
7	Madeira	$3,05 \times 10^{10}$	J	F	$1,88 \times 10^{04}$	5	$1,15 \times 10^{14}$	<1
8	Alumínio	$1,46 \times 10^{03}$	kg	F	$2,13 \times 10^{13}$	25	$1,24 \times 10^{15}$	<1
9	Metais	$8,67 \times 10^{06}$	g	F	$1,68 \times 10^{09}$	10	$1,46 \times 10^{15}$	<1
10	Plástico	$1,53 \times 10^{03}$	kg	F	$9,86 \times 10^{12}$	10	$1,51 \times 10^{15}$	<1
11	Cimento amianto	$3,18 \times 10^{05}$	g	F	$1,68 \times 10^{09}$	25	$2,14 \times 10^{13}$	<1
Fase Operacional								
12	Energia solar	$1,54 \times 10^{15}$	J	R	$1,00 \times 10^{00}$	1	$1,54 \times 10^{15}$	
13	Energia química da chuva	$2,26 \times 10^{11}$	J	R	$3,10 \times 10^{04}$	1	$7,01 \times 10^{15}$	<1
14	Energia potencial da água	$1,39 \times 10^{10}$	J	R	$4,70 \times 10^{04}$	1	$6,53 \times 10^{14}$	<1
15	Energia geotérmica	$5,67 \times 10^{10}$	J	R	$1,20 \times 10^{04}$	1	$6,80 \times 10^{14}$	<1
16	Água de rio	$5,89 \times 10^{06}$	m ³	R	$3,23 \times 10^{11}$	1	$1,90 \times 10^{18}$	38,6
17	Oxigênio	$3,35 \times 10^{08}$	g	R	$5,16 \times 10^{07}$	1	$1,73 \times 10^{13}$	<1
18	Alimento natural	$1,82 \times 10^{08}$	g	R	$6,28 \times 10^{08}$	1	$1,14 \times 10^{17}$	2,3
19	Elettricidade	$2,16 \times 10^{10}$	J	F	$3,36 \times 10^{05}$	1	$7,26 \times 10^{15}$	<1
20	Mão de obra	$9,57 \times 10^{03}$	J	F	$2,08 \times 10^{12}$	1	$1,99 \times 10^{16}$	<1
21	Alevinos	$5,19 \times 10^{04}$	US\$	F	$3,70 \times 10^{12}$	1	$1,92 \times 10^{17}$	3,9
22	Ração	$2,65 \times 10^{12}$	J	F	$1,00 \times 10^{06}$	1	$2,65 \times 10^{18}$	53,8
Energia Total							$4,93 \times 10^{18}$	sej
Energia da Tilápia (Anexo H)							$1,12 \times 10^{12}$	J
Massa da Tilápia (Anexo H)							$1,55 \times 10^{05}$	kg
Transformidade da Tilápia do Sistema tanques Rede							$4,40 \times 10^{06}$	sej/J
Energia/kg da Tilápia do Sistema Tanques Rede							$3,18 \times 10^{13}$	sej/kg

Os cálculos quantitativos do sistema de tanques rede estão no anexo C e os referentes à energia de cada item estão no anexo F.

A energia total do sistema é de $4,93 \times 10^{18}$ sej/ano. O item 12, energia solar não foi considerado nesta soma para evitar a dupla contagem.

Os valores obtidos neste sistema na fase da construção não tiveram relevância, pois todos são valores abaixo de 1%.

Durante a fase operacional os valores dos recursos pagos (F) para alevinos - com 3,9%, pela compra da ração - com 53,8%, mostraram as maiores influências deste recurso no sistema tanques rede.

No uso dos recursos renováveis, a água de rio (item 16) foi o item mais significativo, com 38,6%, e o alimento natural (item 18) obteve 2,3%. Os demais renováveis não tiveram importância, pois seus valores foram inferiores a 1%.

6.4 DIAGRAMA TERNÁRIO EM EMERGIA

As figuras 15a, 15b e 15c representam os pontos que correspondem aos três sistemas em estudo. Cada ponto foi analisado separadamente para melhor compreensão. Desta forma, na figura 15a, destaca-se o ponto 1 que corresponde à criação de tilápias pelo método tradicional.

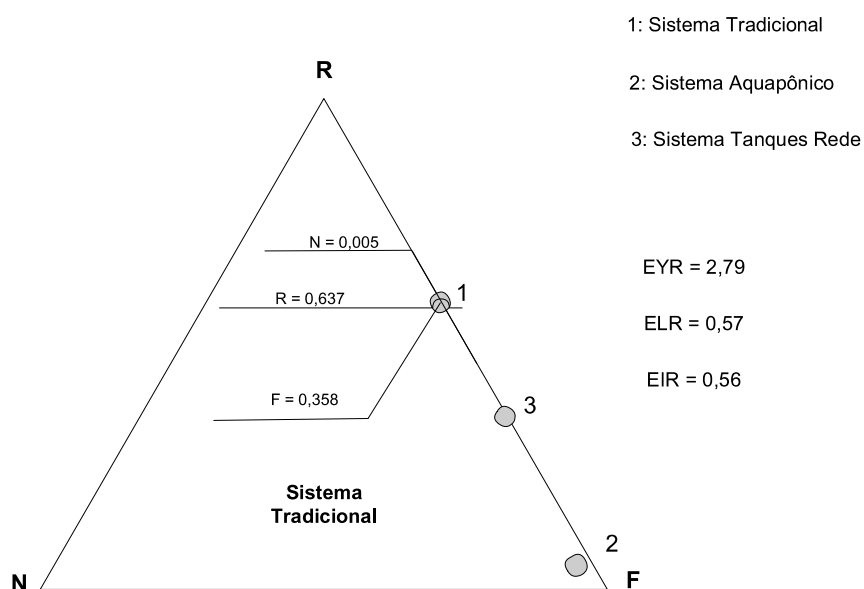


Figura 15a. Valores de R, N e F e os valores de EYR, ELR e EIR da tilápia produzida pelo sistema tradicional.

Na figura 15b destaca-se o ponto 2, que corresponde à criação de tilápias pelo sistema aquapônico

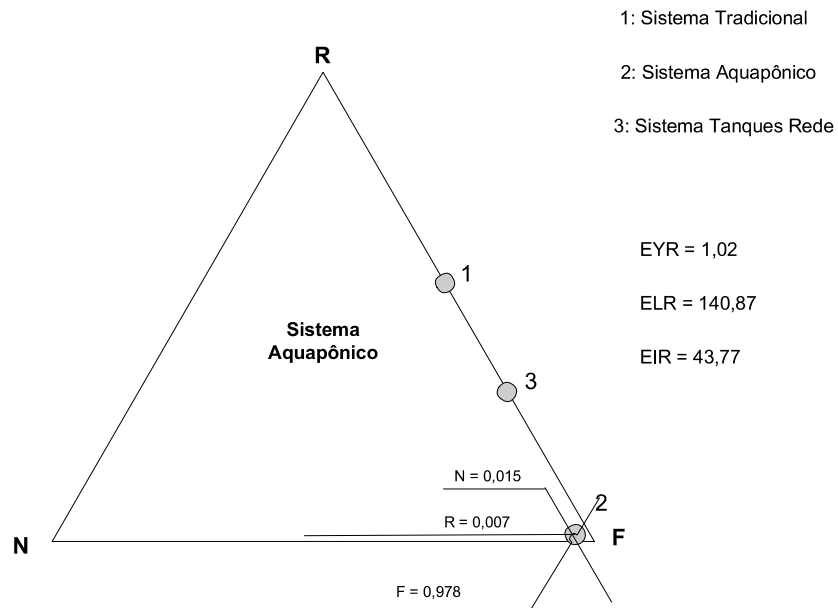


Figura 15b. Valores de EYR, ELR e EIR da tilápia produzida pelo sistema Aquapônico.

Na figura 15c destaca-se o ponto 3, que corresponde à criação de tilápias pelo método tanques rede.

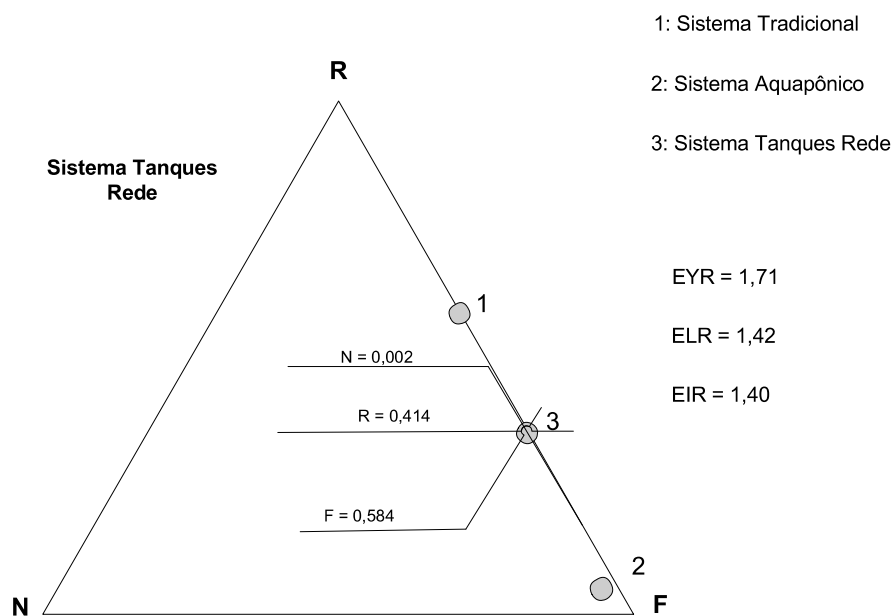


Figura 15c: Valores de EYR, ELR e EIR da tilápia produzida pelo sistema tanques rede.

O diagrama ternário mostra na figura 16 as regiões de sustentabilidade e a posição dos três sistemas simultaneamente.

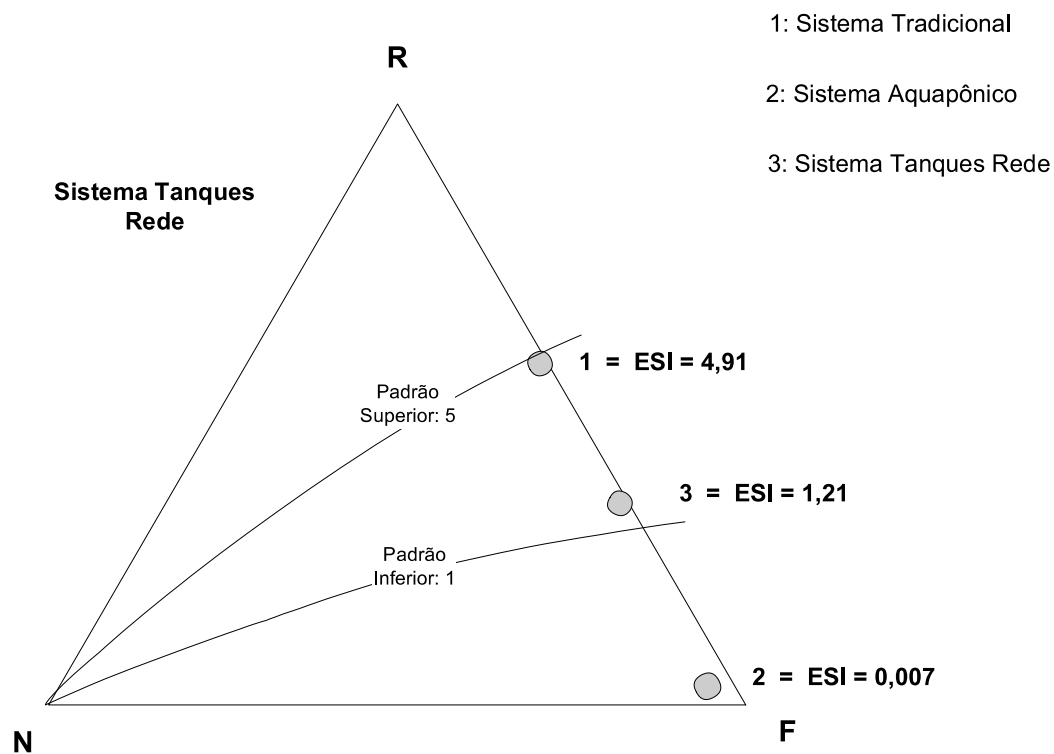


Figura 16. Mostram as áreas limites da sustentabilidade ESI, e os valores de cada sistema representado pelos nº 1, 2 e 3.

Conforme mostrado na figura 16, o sistema 2 aquapônico está na região de não sustentabilidade, o sistema 1 tradicional está no limite superior da condição de sustentabilidade moderada, o sistema 3 tanques redes esta dentro do limite da sustentabilidade moderada.

7. DISCUSSÃO

7.1 TRANSFORMIDADES

A comparação dos valores das transformidades das tilápias produzidas em cada sistema é mostrada na Tabela 7.

Tabela 7. Emergia total de cada sistema e sua transformidade

Sistema	Emergia Total sej/ano	Transformidade sej/J
Tradicional	$1,86 \times 10^{17}$	$8,18 \times 10^{06}$
Aquapônico	6.05×10^{16}	$1,94 \times 10^{06}$
Tanques Rede	$4,93 \times 10^{18}$	$4,40 \times 10^{06}$

Nos três sistemas de criação de tilápias as transformidades são da mesma grandeza, porém o sistema que emprega os recursos de forma mais eficiente é o aquapônico.

Comparando a emergia total e a transformidade dos sistemas produtivos de tilápias, fica evidente que o sistema aquapônico consegue produzir maior massa de peixe com menor quantidade de emergia em comparação aos demais. O sistema aquapônico é aproximadamente 4 vezes mais eficiente que o sistema tradicional e 2 vezes que o sistema de tanques rede.

7.2 RECURSOS

A comparação do uso percentual dos recursos Renováveis (R); Não Renováveis (N) e dos Recursos Pagos (F) mostrado na tabela 8.

Tabela 8. Porcentagem dos recursos usados em cada sistema.

Sistema	% R	% F	% N
Tradicional	63,71	35,81	0,48
Aquapônico	0,70	97,77	1,53
Tanques Rede	41,46	58,50	0,03

Conforme já foi evidenciado no diagrama ternário observou-se baixo uso dos recursos (N) com valores inferiores a 2%.

Dos recursos renováveis (R), verifica-se que o sistema tradicional usa em maior proporção esse recurso, com 63,71% seguido do sistema tanques rede com 41,46%, e por fim o sistema aquapônico com 0,70% podemos observar que através desse baixo percentual, sua utilização não ocorre ou é pouco significativa.

Inversamente ao uso de renováveis o sistema aquapônico usa os recursos pagos (F) em altas cotas, pelo qual chega a 97,77%, seguido pelo sistema de tanques rede com 58,50% e por fim o sistema tradicional com 35,81%.

7.3 INDICADORES AMBIENTAIS

Tabela 9. Indicadores ambientais dos sistemas de criação de tilápia

Sistema	EYR	ELR	EIR	ESI	EER (*)
Tradicional	2,79	0,57	0,56	4,91	8,43
Aquapônico	1,02	141,60	43,77	< 0,1	2,00
Tanques Rede	1,71	1,42	1,40	1,21	4,54

(*) Os cálculos do preço em dólar da tilápia para obtenção do indicador (EER) é mostrado no anexo I.

O indicador do rendimento de energia (EYR). Segundo Odum, (1996) é a medida de sua contribuição líquida à economia, a partir da sua operação.

Valores ≥ 1 , indicam que o sistema usa praticamente os mesmos recursos da economia, que com os quais contribuiu.

Na comparação entre os sistemas, o valor mais elevado do sistema tradicional mostra ser significativo em relação aos demais, sendo 63,4% em relação ao sistema aquapônico e 38,7% em relação ao sistema de tanques rede.

No indicador de carga ambiental (ELR), valores mais elevados indicam sistemas com mais alto nível tecnológico ou maior estresse ambiental. Os resultados mostram que o sistema tradicional causa pouco stress ao ambiente com valor aproximado de 0,6. Comparando o sistema tradicional com o sistema de tanques rede, evidencia uma melhora de 2,5 vezes para o tanque tradicional. Mas quando o sistema tradicional compara-se ao sistema aquapônico a melhora é ainda mais evidente, em 247 vezes.

O indicador de investimento em energia (EIR), segundo Odum (1996), mede a intensidade do desenvolvimento econômico, isto é, se os recursos locais são adequadamente explorados a partir do investimento econômico.

Valores mais elevados indicam forte entrada de energia externa. O sistema tradicional mostrou maior performance, a cerca de 2,5 vezes em relação ao sistema de tanques rede e de 78 vezes em relação ao sistema aquapônico.

Os resultados do indicador de sustentabilidade ambiental em energia (ESI), segundo Brown e Ulgiati, (2002) medem a contribuição sustentável para a economia. Valores mais elevados indicam maiores contribuições sustentáveis. O sistema tradicional mostrou vantagens aproximadas de 4 vezes superior em relação ao sistema tanques rede e, 702 vezes em relação ao sistema aquapônico.

O indicador do intercâmbio de energia (EER), segundo Odum (1996), relaciona as trocas comerciais. É definido como a energia entregue em produto ou serviço, dividida pela energia recebida na forma de dinheiro.

A escala limítrofe é 1, sendo que valores superiores os compradores ganham em energia e valores inferiores os compradores pagam mais em energia.

Os valores mostram o sistema aquapônico com EER igual a 2, indica que o comprador recebe 2 vezes mais em energia ao valor em energia em dinheiro pago. Nas tilápias produzidas pelo sistema de tanques redes, o comprador recebe mais de 4,5 vezes mais em energia. Nas tilápias produzidas pelo sistema tradicional, o comprador recebe aproximadamente 8,5 vezes mais em energia.

Na comparação entre os três sistemas, podemos observar que o sistema aquapônico consegue um valor mais adequado em energia, com cerca de 2 vezes em relação ao sistema de tanques rede e de 4 vezes em relação ao sistema tradicional.

7.4 PRODUTIVIDADE GLOBAL x ESI

Os resultados da eficiência global apresentam maior desempenho para o sistema aquapônico, seguido pelo sistema tanques rede e por fim o sistema tradicional.

Inversamente os indicadores ambientais mostraram valores opostos. Tomando como exemplo o indicador ESI, podemos observar a maior desempenho para o sistema tradicional, seguida pelo sistema tanques rede e por fim o sistema aquapônico.

Com os resultados opostos surge à idéia de qual o indicador seria o mais eficiente para cada criação de tilápia deste estudo.

Não há um sistema que reúna as duas características, maior ESI e maior eficiência global. Sugere-se a colocação dos indicadores da produtividade global (Inverso da eficiência global) e ESI num mesmo gráfico. O valor do ESI x a produtividade global obtém-se o ponto para cada sistema. O

gráfico gerado fornece uma preliminar, baseado em diferentes áreas, desta maneira, o sistema que representa o melhor desempenho tem a maior área no gráfico (Bonilla et al., 2009).

O gráfico da figura 17 mostra as áreas geradas para cada sistema de criação de tilápias.

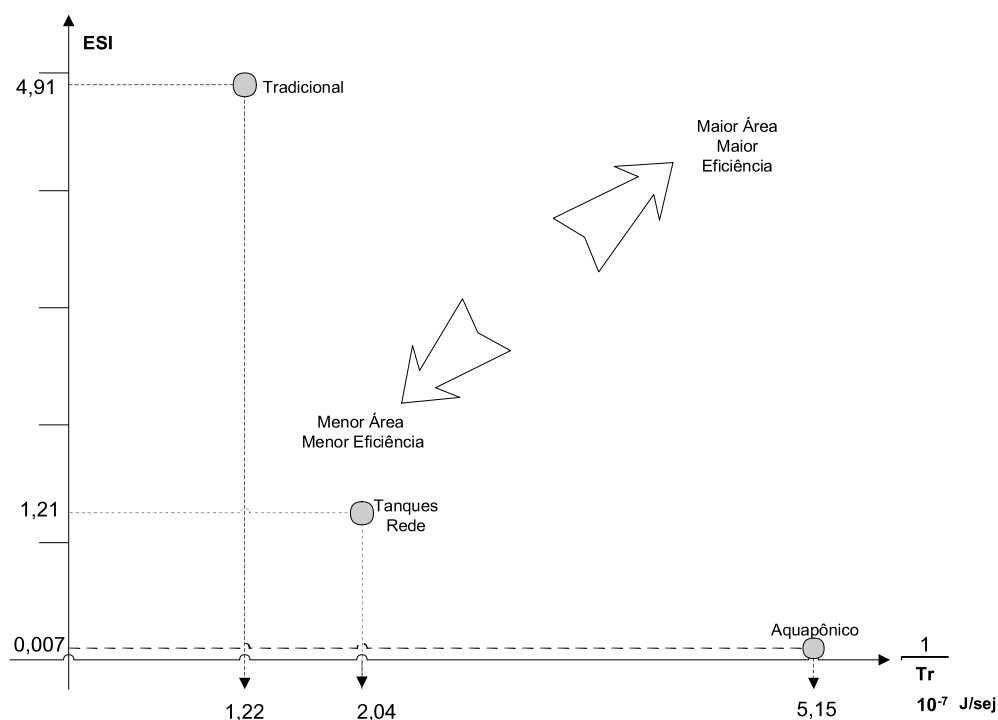


Figura 17. Gráfico do ESI x PG (Produtividade Global ou 1/Tr) dos sistemas tradicional, aquapônico e tanques rede.

No presente estudo é observado que o sistema aquapônico tem menor eficiência global e um valor muito pequeno de ESI (claramente localizado na região de não sustentabilidade). O segundo sistema (tanques redes) tem valores intermediários de eficiência global e ESI, mas com este ultimo correspondente a sustentabilidade em curto prazo. O terceiro (o tradicional) apresenta o menor valor de eficiência global e um valor de ESI correspondente ao limite superior da sustentabilidade em curto prazo.

As áreas formadas pelas linhas (ESI x Produtividade global) têm os seguintes valores: $5,99 \times 10^{-7} \text{ J/sej}$ (tradicional), $2,47 \times 10^{-7} \text{ J/sej}$ (tanques redes) e $0,036 \times 10^{-7} \text{ J/sej}$ (aquapônico). O tradicional apresenta maior área (o dobro da

segunda colocada) e superior a 100 vezes ao terceiro colocado. Desta forma mostra a melhor performance para o sistema tradicional.

7.5 COMPARAÇÃO DAS A TRANSFORMIDADES DA TILÁPIA DESTE ESTUDO COM OUTRAS CRIAÇÕES DE PEIXES

Os valores da transformidade são mostrados na tabela 10.

Tabela 10. Valores das Transformidades deste estudo e de trabalhos encontrados na literatura.

Sistema	Ref.	Transformidade sej/J
Tilápia Supreme "Sistema Tradicional" Intensivo	Deste Estudo	$8,18 \times 10^6$
Tilápia Supreme "Sistema Aquapônico" Super intensivo	Deste Estudo	$1,94 \times 10^6$
Tilápia Supreme "Sistema Tanques Rede" Super intensivo	Deste Estudo	$4,40 \times 10^6$
Sparus Aurata Super intensivo	Vassallo et al., 2007	$1,32 \times 10^6$
Tilápia Mariae Intensivo	Brown et al., 1992 Citado em Vassallo et al., 2007	$5,61 \times 10^5$
Sparus Aurata Intensivo semi natural	Bastianoni et al., 2002 Citado em Vassallo et al., 2007	$2,47 \times 10^7$
Peixes Diversos "Considerando a Integração" Intensivo	Cavalett et al., 2007	$9,48 \times 10^5$
Peixes Diversos "Não considerando a Integração" Intensivo	Cavalett et al., 2007	$3,04 \times 10^6$

Para melhor comparação dos valores de transformidade calculados no presente trabalho, com alguns relatados na literatura, priorizaram-se dois aspectos: métodos de criação comparáveis e características do peixe comparáveis.

Métodos de criação comparáveis:

Quando comparados os dois sistemas de tanques rede, o do presente estudo e o de Vassallo et al. (2007), observou-se que o segundo sistema é mais de 3 vezes eficiente no uso de recursos globais (transformidades de $4,40 \times 10^6$

vs. $1,32 \times 10^6$ sej/J, respectivamente). É importante ter em conta que embora os métodos de criação sejam semelhantes, o primeiro foi implantando usando águas de córregos, com alimentos naturais limitado e o segundo em águas de estuário rico. Existe a possibilidade que as condições do *S. Aurata* em águas estuarinas sejam mais favoráveis que a tilápia deste estudo. A alimentação representa no presente estudo uma porcentagem elevada do fluxo de energia, mas pode ocorrer que no caso de *S. Aurata* a alimentação aconteça também naturalmente na água rica do estuário. Cabe também a possibilidade de um mau dimensionamento do sistema para o caso dos tanques rede do presente trabalho. Isso pode estar se refletindo num mau aproveitamento dos recursos globais investidos.

O método intensivo tradicional estudado por Cavalett et al. (2007) apresenta valores comparáveis ao intensivo do presente estudo ($3,04 \times 10^6$ x $8,18 \times 10^6$ sej/J, respectivamente) embora o primeiro seja mais de duas vezes e meia mais eficiente desde o ponto de vista de usos de recursos globais. No ponto de vista para a compra dos alevinos e na alimentação foram respectivamente: 1,8% x 1,9% e 83% x 33,3%. As vantagens da tilápia na alimentação foram expressivas, mesmo que os cálculos mostram que a tilápia deste estudo perde aproximadamente 5% de alimentos e não consegue utilizar o alimento natural. O fator que aparece como responsável é à entrada de água de mina, um privilégio raro a considerar.

Características do peixe comparáveis:

Comparando o valor do estudo de Brown et al. (1992) para tilápia com os do presente estudo, observa-se que o primeiro é mais eficiente globalmente. Tendo em conta que o estudo foi realizado em 1992, assume-se que a linha de base de cálculo seja a de Odum (1996). Para que o valor por eles calculado seja comparável aos do presente estudo, multiplica-se por 1,68 o que representa $9,4 \times 10^5$ sej/J. Ele é 10 vezes mais eficiente que o tradicional, 5 vezes que o de tanques rede e 2 vezes mais que o aquapônico no emprego de recursos globais. Acredita-se que as condições climáticas de Nayarit, México sejam mais favoráveis para a criação de tilápia que o estado de São Paulo e que esse fato esteja sendo refletido na menor eficiência.

7.6 COMPARAÇÃO PELOS INDICADORES DA TILÁPIA MARIAE E A TILÁPIA SUPREME DESTE ESTUDO

A tabela 11 mostra os resultados dos indicadores calculados no presente trabalho e compara com os valores da literatura para outra espécie de tilápia.

Tabela 11. Valores dos indicadores EYR, ELR e ESI das criações de tilápias supreme deste estudo e da criação da tilápia mariae estudada por Brown et al., 1992.

Sistema	Ref.	EYR	ELR	ESI
Tilápia Supreme Intensivo "Tradicional"	Deste Estudo	2,79	0,57	4,91
Tilápia Supreme Super intensivo "Aquapônico"	Deste Estudo	1,02	141,60	< 0,1
Tilápia Supreme Super intensivo "Tanques Rede"	Deste Estudo	1,71	1,42	1,21
Tilápia Mariae Intensivo	Brown et al., 1992 Citado em Vassalo et al, 2007	1,02	46,52	< 0,1

A comparação dos indicadores das produções de tilápias, mostra que os resultados da produção da tilápia mariae (Brown et al, 1992) aproximou-se da tilápia supreme criada no sistema aquapônico. Quando a tilápia mariae é comparada com as tilápias supreme dos sistema tanques rede e sistema tradicional, as diferenças ficam acentuadas a favor da tilápia deste estudo.

Os resultados mostram que a criação de tilápia mariae da literatura não consegue usar os recursos renováveis como o sistema tradicional e tanques rede deste estudo, e opera em não sustentabilidade como a tilápia do sistema aquapônico deste estudo.

8. CONCLUSÃO

A partir do cálculo da análise e da interpretação dos valores das transformidades, dos recursos de entradas e os indicadores, foi elaborada a conclusão.

O sistema tradicional deste estudo mostra os melhores resultados no que se refere aos recursos renováveis e aos indicadores ambientais. O fator determinante é a grande entrada do recurso renovável, a água de mina, que por sua vez tem transformidade elevada em relação as entradas de água dos outros sistemas, ou mesmo em sistemas similares. Inversamente esse fator elevou a transformidade da tilápia do sistema tradicional.

O sistema aquapônico consegue criar tilápias de maneira mais eficiente, porém os indicadores contradizem a eficiência do processo, pois a contabilidade em emergia somente considera os recursos que cruzam suas fronteiras. Os produtos reciclados apesar de representar grande parcela, não são considerados nos cálculos. A boa economia em emergia proporcionada pela ração em relação aos demais sistemas, a qual é suprida com resíduos biotransformados em alimento natural aos peixes e a água reciclada são itens que deveriam refletir no melhor desempenho do sistema aquapônico. As diferenças de externalidades geradas poderiam ser melhor exploradas. Tendo assim um bom assunto para um artigo.

O sistema tanques rede pode ser considerado o melhor dos três sistemas, apesar dos resultados mostrarem valores intermediários entre o tradicional e o aquapônico. A escolha se faz devido que a forte entrada de água de mina no sistema tradicional é um recurso raro de ocorrer em criações intensivas de peixes.

9. BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, C.M.V.B., BARRELLA F.A., GIANNETTI B.F., 2007. Emergetic ternary diagrams: five examples for application in environmental accounting for decision-making, *Journal of Cleaner Production*. 15, 63-74.

ASN - AGÊNCIA SEBRAE DE NOTÍCIAS – DF, 2008. Estudo mostra potencial da produção de tilápias no Brasil.

BASTIANONI, S., MARCHETTINI, N., 2000. The problem of co-production in environmental accounting by emergy analysis. *Ecol. Modell.* 129, 187–193.

BASTIANONI, S., 2002. Use of thermodynamic orientors to assess the efficiency of ecosystems: a case study in the Lagoon of Venice. *Sci. World J.* 2, 255–260.

BEYRUTH. Z; Romeiro C. S. MAINARDES-PINTO; FUSCO S. M.; FARIA F. C.; SILVA A. L. 2004. Utilização de Alimentos Naturais por *Oreochromis Niloticus* em tanques de Terra com Arraçoamento. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 30(1): 9 – 24.

BONILLA, SILVIA H.; GUARNETTI, RODRIGO L.; ALMEIDA, CECILIA M.V.B.; GIANNETTI, BIAGIO F, 2009. Sustainability assessment of a giant bamboo plantation in Brazil: exploring the influence of labor, time and space. *Journal of Cleaner Production* xxx pag. 1–9.

BORGES, M. A., MORETTI, J. O. C., MACMANUS, C., MARIANTE, A. S. 2005. Produção de populações monossexo macho de tilápia do Nilo da linhagem Chitralada. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.40, n.2, p.153-159, fev.

BOYCE, S. J. NITROGENOUS EXCRETION IN THE ANTARCTIC PLUNDERFISH. *Journal of Fish Biology*, 1999, Cambridge, Inglaterra, v. 54, n. 1, p. 72-81. JOBLING, M. *Fish bioenergetics*. London: Chapman & Hall, 1994. 294 p.

BRANDT-WILLIAMS, S.L., 2002. Handbook of Emergy Evaluation: A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folia. Folio No.4 - Emergy of Florida Agriculture. Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, 40 pp. <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/xml/maracuja%20sequeiro-mdata.xml>> Site acessado em 04/04/2008.

BRASIL VIRTUAL MAPA RODOVIÁRIO ABCR, Socorro – SP. Acessado em: 19/07/2008. Site: <<http://www.abcr.org.br/geode/index.php?uf1=SP&po=1&uf2=SP&ori=9199&des=9224>>

BRASIL VIRTUAL MAPA RODOVIÁRIO ABCR – Atibaia. Acessado em 09/06/2008. Site: <<http://www.abcr.org.br/geode/index.php?uf1=SP&po=1&uf2=SP&ori=9199&des=8457>>

BRASIL VIRTUAL MAPA RODOVIÁRIO ABCR. Iperó – SP. Acessado em 09/06/2008 <<http://www.abcr.org.br/geode/index.php?uf1=SP&po=1&uf2=SP&ori=9199&des=8751>>.

BROWN, M.T., GREEN, P., GONZALEZ, A., VENEGAS, J., 1992. Emergy Analysis Perspectives, Public Policy Options, and Development Guidelines for the Coastal Zone of Nayarit, Mexico, vol. 1–2. Center for Wetlands, Univ. of Florida, Gainesville, FL, 405 pp.

BROWN M. T.; ULGIATI S., 2002. Emergy Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems. J. Cleaner Prod, 10, p. 321-334.

BROWN M. T., BURANAKARN V., 2003. Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options, Resources, Conservation and Recycling 38 (1) 1–22.

BROWN, M.T., ULGIATI, S. 2004. Emergy analysis and environmental accounting. Encyclopedia of Energy. Volume 2.

BURANAKARN, V. 1998. Evaluation of Recycling and Reuse of Building Materials Using the Emergy Analysis Method. Ph.D. Dissertation, University of Florida, Gainesville.

CAVALETT O., QUEIROZ J. F., ORTEGA E., 2007. Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in the South Brazil. Ecological Modelling 193 (2006) 205–224

(CETEM – 1994) Série Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, n.68. pg. 20.

(CETEM – 2005) Rochas e Minerais Industriais – CETEM/2005 pg. 329

CETEC – SBRT – 2005. Formulário de resposta técnica padrão. Ministério da Ciência e Tecnologia. CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais: 23/02.

COIMBRA M. A., LIBARDI W., MORELLI M. R, 2006. Study of the influence of cements on creep in concretes used in civil construction. Revista Cerâmica 52. pp 98 – 104.

COELHO J. B., 2006. A Tilápia no Brasil: Uma História Interessante. Jornal Impacto, Compromisso com a Verdade. Publicado em 16/01/2006.

COELHO, O., ORTEGA, E., COMAR, V., 2002. Balanço de emergia do Brasil. Disponível em: <<http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/C05-Brasil-COC.pdf>>. Acessado em 09/08/2008.

CPTEC - (2008) site: Site: <http://www.cptec.inpe.br/energia/bacias/bacia_riogrande.shtml> <<http://www.cptec.inpe.br/prec24gr.gif>> Média na Região: da bacia do Rio Grande para Socorro de outubro de 2005 a maio de 2008 acessado em 14/05/2008 as 16:00h

CPTEC - (2008) site: <http://www.cptec.inpe.br/energia/bacias/bacia_tiete.shtml>. Média da região do Alto Tietê cidades de Atibaia e Iperó de outubro de 2005 a maio de 2008. Site: <<http://www.wptec.inpe.br/~energia/clima/prec/evolucao/prec24tie.gif>> acessado em 14/05/2008 as 16:00h

CRESESB, 2008. Centro de referencia para Energia Solar e Eólica. Índice de Insolação: Acessado em: 26/07/2008 Site: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=http%3A/www.cresesb.cepel.br/potencial_solar.htm>

CUNHA, M. P. S. C.; PONTES, C. L. F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; CUNHA NETO, Z. B.; BARBOSA, A. P. R., 1989. Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras. In: 3º encontro Brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira: Anais, v.2, p. 93-121, São Carlos.

DIANA, J.S.; LIN, C.K.; YI, Y. 1996. Timing of supplemental feeding for tilapia production. J. World Aquacult. Soc., 27(4): 410-419.

EDUSPACE, 2008. The European Earth Observation WEB SITE for Secondary Schools. Site: <<http://www.eduspace.esa.int/subtopic/default.asp?document=298&language=pt>>: acessado em 17/01/2008

EL-SAYED, A.-F.M., 2006. Tilapia Culture. Cambridge: Cambridge University,. 277 p

EMBRAPA – 2006. Boas Práticas de Manejo (BPMs) para a Produção de Peixes em Tanques-redes – Documento 47. ISSN 1517-1973 Dezembro, 2003

EPAGRI, 2006. Recomendações para o uso de fertilizantes orgânicos com baixo impacto ambiental para piscicultura. Florianópolis: Epagri, 2006 19p. (Epagri. Boletim Didático, 64)

EPAGRI, 2007. Multiplicação da alga *Chlorella minutíssima* em propriedades rurais para produção orgânica de peixes. Florianópolis: Epagri, 2007. 24p. (Epagri. Boletim Didático, 69)

FASCILOLO, G.E.; MECA, M.I.; GABRIEL, E.; MORÁBITO, J., 2002. Effects on crops of irrigation with treated municipal wastewaters. Water Science and Technology, Oxford, v.45, n.1, p.133-8.

FITZSIMMONS, K., 2000. The most important aquaculture species of the 21 century. In: FITZSIMMONS, K. E CARVALHO FILHO, J. (Eds.) Proceedings from the fifth international symposium on tilapia aquaculture. Rio de Janeiro: Panorama da Aquicultura Magazine, P. 3-8.

GIANNETTI, B. F.; BARRELLA, F. A.; ALMEIDA, C. M. V. B. 2006. - A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting., Journal of cleaner production, 14, p.201-210.

GOMES, A. J. L. E; HAMZA, V. M., 2004. Mapeamento de Gradientes Geotérmicos no Estado de São Paulo, In: 1º SRSBGf, Cd-rom, São Paulo, 26-28 de setembro, 4p.

HELENE, P., 2001. Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NB/2001. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. Novembro. São José dos Campos.

JOLY, A. B. 1991. Botânica: Introdução à taxonomia vegetal. 10. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional.

KUBITZA, F., 1998. Qualidade da água na produção de peixes – parte II – Revista Panorama da aquicultura. Rio de Janeiro, vol. 8 nº 46, p 35 – 41. Março – abril.

KUBITZA, F., 2000. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: F. Kubitza.

LEFROY, E., RYDBERG T., 2003. Emergy evaluation of three cropping systems in southwestern Australia, Ecological Modelling. 161, 195-211.

MARQUES, D. DA M., 1999. Terras Úmidas Construídas de Fluxo Subsuperficial. In: CAMPOS, J. R. Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB. p. 409 - 435.

MARTIN J. F., 2002. Emergy valuation of river water to marshes in the Mississippi River Delta. Ecological Engineering 18 p 265 – 286.

MEC, 2006. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. "Aquicultura, Sustentabilidade da Pesca". Pag. 6. 26/11/2008. Site: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/cartilha_aquicultura.pdf>.

ODUM, H.T., 1996. Environmental accounting. Emergy and environmental decision making. John Wiley and Sons, New York.

ODUM, H.T.; BROWN M. T.; BRANDT-WILLIAMS, S., 2000. Introduction and global budget, Folio #1. in: Handbook of emergy evaluation. Gainesville, Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. of Florida. 16p.

ODUM, H.T., 2001. Emergy evaluation of salmon pen culture. University of Florida Press.

ORTEGA, E.; BOYD, C.E.; FERRAZ, J.M. QUEIROZ, J.F., 2000. Análise Emergética do Cultivo de Bagre no Alabama, EUA: Uma Visão Geral. Revista Brasileira de Agroecologia. Rio Claro, São Paulo, Brasil. Pág.61-70.

Foods. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, London, U.K.

PILLAY, T. V. R., 1993. Aquaculture: principles and practices. Cambridge: Cambridge University. 575 p.

PROENÇA, C. E. M. & BITTENCOURT, P.R.L., 1994. Manual de Piscicultura Tropical. Brasília, IBAMA.

RAKOCY, J. E., HARGREAVES, J. A., 1993. Integration of vegetable hydroponics with fish culture: a review. In: J.-K. Wang, Ed. Techniques for Modern Aquaculture. American Society of Engineers, St. Joseph, MI, p.112-136.

REED, S. C., 1985. Nitrogen removal in wastewater stabilization ponds. Journal of Water Pollution Control Federation, v. 57, n. 1, jan.

RESAN, 2008. Sindicato do comercio varejista de derivados de petróleo, lava rápidos e estacionamento de Santos e região. Site: <http://www.resan.com.br/clipping_integra.asp?cd_item_clipping=2907&dt_clipping=04/12/2008&cd_clipping=1071>. Acessado em 20/04/2008.

SALATI JR., E.; SALATI, E.; SALATI, E., 1999. Wetland projects developed in Brazil. Water Sci. Tech., Vol.40, nº3, p. 19-25.

SANTOS, V. B., 2006. Texto produzido pelo pesquisador científico Vander Bruno dos Santos. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA, Pólo Regional da Alta Sorocabana - UPD Presidente Prudente, órgão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. A disponibilidade de diferentes linhagens de tilápias. Site: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/artigo.php?id_artigo=278> acessado em 12/07/2008.

SEAG – 2008 (Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca do Estado de Santa Catarina: Site: <http://www.seag.es.gov.br/?page_id=683> 20/08/2008

SEBRAE – 2007. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas da Bahia. Artigo: Criação de Tilápias em Tanques Redes.

SEBRAE – 2007a. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas da Bahia. Artigo: Criação de Tilápias em Tanques. pag 5.

SEBRAE – 2007 b. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas da Bahia. Artigo: Criação de Tilápias em Tanques Redes. Pag. 8.

SIMONCINI E., 2006. Análise emergética di un edificio: effetti ambientali di materiali e tecniche della bioarchitettura, Degree Thesis, available at: Dept. of Chemical and Biosystems Sciences, University of Siena, Italy.

SRF nº 162/98. 1998 Secretaria da Receita Federal, com as inclusões da SRF 130/99. Instrução Normativa SRF Nº 162 DE 31.12.98.

THOMSON – 10B – 2004 – Taxas de depreciação de bens do ativo imobilizado, Anuário. São Paulo, Brazil, Ed. Thomson, 235p.

ULGIATI, S.; BROWN, M.T., 1998 – Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. Ecological Modeling, 108, p.23-36.

ULGIATI S, TABACCO AM., 2001. Emergy evaluation of atmospheric oxygen and nitrogen. Paper submitted to the Second Emergy Research Conference, Gainesville, FL, 20–22 September 01.

VASSALLO P., S. BASTIANONI, I. BEISO, R. RIDOLFI, M. FABIANO, 2007. Emergy analysis for the environmental sustainability of an inshore fish farming system. Elsevier, Ecological Indicators 7 290–298

P. VASSALLO P, I. BEISO I., BASTIANONI A., FABIANO M., 2009. Dynamic emergy evaluation of a fish farm rearing process. Journal of Environmental Management 90 2699–2708

VON SPERLING, M., 1997. Princípios do tratamento Biológico de Águas Residuárias, Lodos ativados, Volume 4, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, P. 253-268.

ANEXO A

- ⊗ Informado pelo responsável do sistema.
- ⊛ Avaliado por este trabalho com aval do responsável.
- ⊙ Avaliado através de literaturas.

Sistema Tradicional. Dados da Construção

1. Mão de Obra (⊗)

Quantidade de Pessoas:	5
Dias trabalhado.	10
Horas diárias: 8 horas por dia	
Considera neste caso o dia total, ou 24h/dia:	24
Total: (5 x 10 dias x 24 h/dia)	1200 horas

2. Perda de Biodiversidade (⊗⊙)

Os valores estimados para essa entrada esta discutida no anexo G

Área:	900 m ²
Floresta Temperada (100% de perda)	22210kJ/m ² .ano
Fonte: Manual de cálculo emergético www.unicamp.br/fea/ortega 04/07/2009	
Total. (9,00x10 ⁰² m ² x 2,22x10 ⁰⁴ kJ/m ² /ano x 1x10 ⁰³ J/kJ)	2,00x10¹⁰ J/ano

3. Concreto do Monge (⊗)

Fase	Quant.	largura	base	altura	Fórmula	Concreto
Pilar	4	0, 1 m	0,1 m	0,5 m	4 x 0,1 x 0,1 x 0,50	0,02 m ³
Base	1	1,2 m	1,0 m	0,05 m	1 x 1,2 x 1,0 x 0,05	0,06 m ³
Frente	1	1,2 m	1,5 m	0,1 m	1 x 1,2 x 1,5 x 0,10	0,18 m ³
Fundo	1	1,2 m	1,5 m	0,1 m	1 x 1,2 x 1,5 x 0,10	0,18 m ³
Lateral	2	1,0 m	1,5 m	0,1 m	2 x 1,0 x 1,5 x 0,10	0,30 m ³
Total						0,74 m ³

Densidade do concreto 2400 kg/m³

Fonte: Cortesia do Concreto; Engenharia do Concreto. Acessado em 14/05/2008: Site
<<http://www.cortesiaconcreto.com.br/Manual%20do%20Concreto.pdf>>

Total: 0,74 m³ x 2400 kg/m³. **1,78x10⁰³ kg**

4. **Aço (⊗)**
 Canaleta do monge (2 x 0,405 g) 0,81 kg
 Placa perfurada do monge: 1,05 kg
 Total: **1,86x10⁰⁰ kg**
5. **Ferro (⊗)**
 Escada do monge: 8 barras de 1,3 kg 10,4 kg
 Balança: 0,4 kg
 Total: **10,8 kg**
6. **Madeira (⊗)**
 Tipo: Cedrela Odorata.
 5 peças (0,8 m x 0,30 m x 0,08 m) 0,096 m³
 Poder calorífico: (Cunha et al., 1989) 4,707kcal/kg
 Densidade: (Cunha et al., 1989) 3,8x10⁰² kg/m³
 Total: (0,096m³ x 3,8x10⁰²kg/m³ x 4,707x10⁰³kcal/kg x 4186J kcal) **7,19 x 10⁰⁸ J**
7. **Plástico. (⊗)**
 Tubos "de PVC 4" (874,926 g/m) x 50 m 43746,34 g
 Tubos "de PVC 2" (396,759 g/m) x 20 m 7935,19 g
 Conexões de PVC e PEHD 54 g
 Nylon (rede e tarrafa) 1000 g
 Total: **5,27x10⁰¹ kg**
8. **Metais "Chumbo". (⊗)**
 Chumbo para tarrafa: 6,6 kg
 Chumbo para rede: 10,2 kg
 Total: **1,68x10⁰⁴ g**

Sistema Tradicional. Dados Operacionais

9. **Energia Solar (⊙)**
 Coordenadas Geodésicas da cidade de Socorro – SP
 Fonte ABCR, Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovia. (acessado em 1/10/2008)
 Site: < <http://www.abcr.org.br/geode/index.php?uf1=SP&po=1&uf2=SP&ori=9199&des=9224> >
 Latitude Sul -22,35°
 Longitude 6,31°
 Índices de Insolação. Usado as referências do local mais próximo Machado – MG.
 Fonte: CRESESB – 2008, acessado em 01/10/2008
 Insolação média na região: 54,48 kW.h.m²/ano

Site: < http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=http%3A//www.cresesb.cepel.br/potencial_solar.htm >

Albedo médio da água: 7,5%

Fonte: eduspace - The European Earth Observation WEB SITE for Secondary Schools.

Site: <<http://www.eduspace.esa.int/subtopic/default.asp?document=298&language=pt>>

Insolação x área x área do tanque x segundos/hora x albedo

54,48 kW.h.m²/ano x 900 m² x 3600 s/h x (1 – 0,075)

Total: **1,63x10⁰⁸ J/ano**

10. Energia Química da Chuva (☉)

A cidade de Socorro – SP esta na bacia do Rio Grande. Fonte CPTEC, 2008.

URL < http://www.cptec.inpe.br/energia/bacias/bacia_tiete.shtml >

Média da Região de outubro de 2005 a maio de 2008: 4036 mm/m² ano

Área do reservatório: 900 m²

Índice hidrológico médio anual: (4036/32x12): 1513.5 mm/m²ano1 mm Fonte:

site<<http://www.cptec.inpe.br/~energia/clima/prec/evolucao/maiores/prec24tie.gif>> acessado em 02/06/2008.

Área do tanque x volume anual x ajuste x energia em joules

9,00x10⁰² x 1513,5 mm/m² x 1kg/mm x 5000 J/kg

Total: **6,81x10⁰⁹ J/ano**

11. Energia Potencial da Água ☉ ☉

Altura da coluna de água da mina:

15 m

Volume da água: 7,5 L/s em 350 dias de operação:

9,45x10⁰³ m³/ano

Aceleração da gravidade:

9,8m/s²

Volume m³/ano x 1000 kg/m³ x 9,8m/s² x altura

J/ano

Odum et al., 2000 (Fólio 1)

(9,45x10⁰³m³/ano) x (1000kg/m³) x (9,8 m/s²) x (15 m)

1,39x10⁰⁹ J/ano

12. Energia Geotérmica (☉)

Dados obtidos pelo mapa de fluxo geotérmico do estado de São Paulo (Gomes e Hamza, 2004)

Cidade de Socorro - SP, dados geodésicos:

Latitude Sul:

-22° 35'

Longitude:

46° 31'

Resultado:

46 mW/m²

Área total do lago:

900 m²

Áreas laterais do tanque: (2πr. h) (2 x 3,14 x 15 x 1,1)

103,6 m²

Área total:

1003,6 m²

Energia: 1003,6 m² x 46mW/m² x 1W/1000mW x 1J/1Ws

46,17 J/s

Energia anual: (46,17 J/s x 3,15x10⁰⁷ s/ano)

1,45x10⁰⁹ J/ano

13. Água de Mina (☉)

A quantidade de água necessária é mostrada no anexo G

Considera somente a água para evitar a eutrofização (Odum, 2001)

Peso do peixe fresco em kg x metabolismo do peixe x percentagem de fósforos:

$8,15 \times 10^{02} \text{ kg} \times 0,0818 \text{ g/kg h} \times 0,01 = 0,67 \text{ g de fósforo/hora em média anual}$

Para ajustar a níveis normais que é 0,05 g de fósforo por m^3

Precisa-se de: $0,67 \text{ g de fósforo} / 0,05 \text{ g de fósforo/m}^3 = 13,3 \text{ m}^3 \text{ de água/h}$

Total: $(13,3 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h/d} \times 350\text{d/ano})$ **$1,12 \times 10^{05} \text{ m}^3/\text{ano}$**

14. Oxigênio (* ☉)

O cálculo do oxigênio é mostrado no anexo G.

Peso médio de 1 peixe/ hora 233 g

Total de peixes/h: 3500/h peixes

Total em peso do peixe: $(233 \text{ g/px} \times 3500 \text{ px})$ 815500 g

Total de O_2 : $0,93 \text{ mg O}_2/\text{h} \times 815500 \text{ g} \times 350\text{d/ano} \times 24\text{h/d}$: $6,37 \times 10^{09} \text{ mg O}_2/\text{ano}$

Total: $6,37 \times 10^{09} \text{ mg de O}_2 \times 1\text{g}/1000\text{mg})$ **$6,37 \times 10^{06} \text{ g de O}_2/\text{ano}$**

15. Mão de Obra (⊗)

Cuidados com o tanque. Considerando já as duas fases anuais.

Despesca: 2 homens 4 h. 8 h/ano

Limpeza do Sistema: 1 homem 4 h. 4 h/ano

Calagem: 1 homem 1 h. 1 h/ano

Controle do monge: 1 h. 1 h/ano

Entrada dos peixes: 2 homens 2 h. 4 h/ano

Totais parciais: 18 h/ano

Cuidados com a produção.

Alimentação dos peixes:

3 vezes ao dia 10 minutos cada vez 0,5 h/dia

Totais parciais: 350 dias de operação: 175 h/ano

Análises: são feitas nos últimos dois meses de cada ciclo.

Análises: 15 minutos 16 vezes no ano. 4 h

Total geral: **197 h/ano**

16. Calcário (⊗)

Quantidade por ciclo: 250 kg/ciclo

Total: 2 ciclos/ano. **500 kg/ano**

17. Superfosfato (⊗)

Quantidade por ciclo: 10 kg

Total: 2 ciclos / ano. **20 kg/ano**

18. **Uréia (⊗)**

Quantidade por ciclo:

27 kg

Total: 2 ciclos / ano.

54 kg19. **Ração (⊗⊙)**

Quantidade / ano:

5695,2 kg

Tipo de ração: (Purina)

24%

Energia da ração 24%:

2600 kcal/kg.

CETEC, 2005: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais.

Total: 5695,2 kg x 2600 kcal/kg x 4186 J/kcal

 $6,20 \times 10^{10}$ J/ano20. **Alevinos (⊗)**

O cálculo do Dólar/Real é mostrado no anexo I

Quantidade / ano:

7000.

Preço:

R\$ 250,00/1000

Preço total no ano: (R\$ 0,25 x 7000)

R\$1750,00

Valor médio do dólar em 2007 para R\$ 1,85

US\$ 1,00

Fonte: RESAN, 2008

Preço dos alevinos em um ano.

US\$ 945,95/ano

ANEXO B

Sistema Aquapônico Dados da Construção

1 Mão de Obra ☒

Pessoas	2
Dias:	2
Horas/dia considerado, por ter sido 8 h de trabalho.	24
Total: 2p x 2d x 24 h/d.	96 h/ano

2 Bombas e Motores ☒

Bomba de circulação (aço):	$5,10 \times 10^{00}$ kg/ano
----------------------------	--

3 Aço Carbono ☒

Sombrite:	20 kg
Válvula:	0,4 kg
Total:	$2,04 \times 10^{01}$ kg/ano

4 Ferro ☒

Chapa galvânica:	128,5 kg
Parafusos galvanizados:	0,2 kg
Total:	128,7 kg/ano

5 Alumínio ☒

Sombrite:	6,9 kg
Tubos:	19,5 kg
Total:	$2,64 \times 10^{01}$ kg/ano

6 Plásticos ☒

Geomembrana (PVC):	135,8 kg
Conectores (PEHD):	0,5 kg
Tanques redes (Nylon):	2,3 kg
Tubos (PVC):	7,3 kg
Conectores (PVC):	0,5 kg
Total:	$1,46 \times 10^{02}$ kg/ano

7 Britas ☒

Quantidade:	2 m ³
Densidade: (Coimbra et al., 2006)	2,73 g/cm ³
Total: (2 m ³ x 1x10 ⁶ cm ³ /m ³ x 2,73 g/cm ³)	$5,46 \times 10^{06}$ g/ano

8 Dolomitas ⊗Material (CaCO_3 , CaO , MgCO_3 , MgO) (CETEM, 2005) **$1,00 \times 10^4$ g/ano****9 Zeólitas** ⊗Total: $(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_2 - 3 \text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2 \text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ (CETEM, 2004) **$6,00 \times 10^4$ g/ano****10 Cobre** ⊗

Fio 2,5 mm: 2 x 40 m

80 m

Densidade:

 $8,9 \times 10^6$ g/m³Quantidade: $(2,5 \text{ mm} \times 1,00 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{mm}^2 \times 2 \times 40 \text{ m})$ $2,0 \times 10^{-4}$ m³Total: $(2,00 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \times 8,9 \times 10^6 \text{ g/m}^3)$ **$1,78 \times 10^3$ g/ano****Sistema Aquapônico Dados Operacionais****11 Energia Solar** ☉

Dados Geodésicos de Atibaia – SP

Fonte Brasil Virtual Mapa Rodoviário ABCR:

site: < <http://www.abcr.org.br/geode/index.php?uf1=SP&po=1&uf2=SP&ori=9199&des=8457> >

Latitude Sul: -23° 07'

Longitude: 46° 33'

Índice de Insolação: Por não ter o relatório de insolação da cidade de Atibaia foi considerado o índice da cidade de São José dos Campos.

Fonte: CRESESB, 2008:

Site: < http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=http%3A/www.cresesb.cepel.br/potencial_solar.htm >53,40 kW.h/m².ano:53,40 kW.h/m².ano x 49 m² x 3600s/h **$9,42 \times 10^6$ J/ano****12 Oxigênio** ⊗ * ☉

O cálculo do oxigênio é mostrado no anexo G.

Peso médio de 1 peixe/ hora

200 g

Total de peixes/h:

4900/h peixes

Total em peso do peixe: $(200 \text{ g/px} \times 4900 \text{ px})$

980000 g

Total de O₂: $0,93 \text{ mg O}_2/\text{h}_x \text{g} \times 980000 \text{g} \times 365 \text{d/ano} \times 24 \text{h/d}$: $7,98 \times 10^9$ mg O₂/anoTotal: $7,98 \times 10^9 \text{ mg de O}_2 \times 1 \text{g}/1000 \text{mg}$ **$7,98 \times 10^6$ g de O₂/ano****13 Energia Química da Chuva** ☉

A cidade de Atibaia – SP esta na bacia do Tietê.

Fonte CEPTEC, 2008: URL < http://www.cptec.inpe.br/energia/bacias/bacia_tiete.shtml >

Média na região de outubro de 2005 a maio de 2008.

1509,75 mm

1 mm = 1L/m² Densidade da água = 1kg/L

Índice hidrológico médio anual: $7,40 \times 10^{04}$ L/ano
 site < <http://www.cptec.inpe.br/~energia/clima/prec/evolucao/maiores/prec24tie.gif>>
 Site acessado em 02/06/2008.
 $49 \text{ m}^2 \times 1,51 \times 10^{03} \text{ kg/m}^2 \text{ ano} \times 5000 \text{ J/kg}$ **$3,70 \times 10^{08}$ J/ano**

14 Energia Geotérmica ☉

Dados obtidos pelo mapa de fluxo geotérmico do estado de São Paulo

(Gomes e Hamza, 2004)

Cidade de Atibaia - SP, dados geodésicos:

Latitude Sul: $-23^\circ 07'$

Longitude: $46^\circ 33'$

Resultado:

46 mW/m^2

Área do tanque: (só o fundo toca o chão)

49 m^2

$(49 \text{ m}^2 \times 46 \text{ mW/m}^2 \cdot \text{ano} \times 1 \text{ W/1000mW} \times 1 \text{ J/1W/s})$

2.25 J/s

Energia anual: $(2,25 \text{ J/s} \times 3,15 \times 10^{07} \text{ s/ano})$

$7,09 \times 10^{07}$ J/ano

15 Mão de Obra ☒

Alimentação. 3 vezes ao dia 10 minutos por vez:

182,5h

Manipulação dos peixes.

Entrada dos peixes:

0,5 h

Saída dos peixes:

2,0 h

Trocas de tanques:

10,0 h

Análises.

Químicas quinzenalmente: 15 minutos cada.

6,0 h

Físicas semanalmente (disco de secchi) 10 min.

18,0 h

Total:

219 h/ano

16 Mudas de Alface ☒ * ☉

O cálculo do Dólar/Real é mostrado no anexo I

Total de mudas

4800

Preço unitário em reais:

R\$ 0,10

Preço unitário em dólar (Resan, 2007):

US\$ 0,54/Real

Valor Total: compra $(0,54 \text{ US\$}/\text{Real} \times 0,1 \text{ Real} \times 4800)$

US\$ 259,2/ano

17 Energia Elétrica * ☉

Bomba elétrica

0,5 CV

Tempo: 24 horas em 365 dias

8760 h

Energia/h: $1 \text{ CV} = 735 \text{ W.h} \rightarrow 0,5 \text{ CV}$

$367,5 \text{ W.h}$

Referencias: $367,5 \text{ W.h} \times 3600 \text{ J}$

$1,32 \times 10^{06} \text{ J/h}$

Total: $(8760 \text{ h} \times 1,32 \times 10^{06} \text{ J/h})$

$1,16 \times 10^{10}$ J/ano

18 Ração (⊗⊙)

Ração balanceada utilizada Nutripeixe 24% PURINA.

Energia digestiva da ração 24%:

2600 kcal/kg

Referencia: (CETEC, 2005)

CETEC – 2005: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais.

Quantidade de total de ração:

4752 kg

Total: (4752 kg x 2600 kcal/kg x 4186 J/kg)

5,17x10¹⁰ J/ano

19 Alevinos ⊗

O cálculo do Dólar/Real é mostrado no anexo I

Quantidade /ano:

10800 px

Peso médio unidade:

1 g

Preço (milheiro)

R\$ 80,00

Preço total / ano:

R\$ 864,00

Valor médio do dólar em 2007 para R\$ 1,85

US\$ 1,00

Preço dos alevinos em dólar anual: (R\$ 864,00 x US\$ 1/R\$1,85)

Fonte: RESAN, 2008.

Total:

US\$ 4,67x10⁰² /ano

20 Água Potável ⊗

Água usada pelo sistema condiz com uma média de

200L/dia

Total média da entrada de água:

73000 L/ano

Total de água:

7,3x10⁰¹ m³/ano

ANEXO C

Sistema de Tanques Redes ou Gaiola. Dados da Construção

1 Mão de Obra (⊗)

Pessoas:	4
Dias:	10
Horas:	8h/dia (dia todo)
Total de horas:	960 h

2 Maquinário (⊗)

O responsável do projeto não teve como avaliar. Estimado o equipamento nas condições:

O modelo Komatsu D 41 A (esteira metálica)

Fonte: Jornal O Estado de São Paulo edição de 18/01/2001

site <www.webrural.com.br/.../tratores3.htm> 23/05/2008

Peso: **9300 kg**

3 Perda de Biodiversidade ⊗ ⊕

O cálculo da Perda da Biodiversidade é mostrado no anexo G

Área: 30000 m²

Floresta Temperada com 100% de perda 22210kJ/m².ano

Fonte: Manual de cálculo emergético www.unicamp.br/fea/ortega 04/07/2009

Energia da Biodiversidade. (3,00x10⁰⁴ x 2,22x10⁰⁴ x1x10⁰³) **6,66x10¹¹ J**

4 Bombas e Motores (⊗)

Motor de popa 44 pés: (1 x 4kg) 4 kg

Motor 5 HP: (1 x 30kg) 30 kg

Motor elétrico: ½ HP (2 x 4kg) 8 kg

Bomba: (2 x 5kg) 10 kg

Bomba: (1 x 12kg) 12 kg

Soprador: (1 HP x 8 kg) 8 kg

Total: **72 kg**

5 Aço (⊗)

Adotado 150 kg para cada m³ de concreto e concreto armado

Concreto total: 15,456 m³

Aço de concreto: 2318,4 kg

Total: **2,32x10⁰³ kg**

6 Concreto (⊗)

Extravador 1: (2,80 m x 4,10m x 0,25 m)	2,87 m ³
Extravador 2: (3,70m x 4,40m x 0,25m)	4,07 m ³
Tubulação de ent. ao tanque 1: (20 m x 0,12 m Ø)	
Volume externo do tubo: (20m x 2 x 3,14 x 0,15 ² m)	2,826 m ³
Volume interno do tubo: (20m x 2 x 3,14 x 0,12 ² m)	1,809 m ³
Volume do concreto: (2,826 m ³ - 1,809 m ³)	1,017 m ³
Tubulação de saída extravasor1: (40 m x 0,12 Ø)	
Volume externo do tubo: (40m x 2 x 3,14 x 0,15 ² m)	5,652 m ³
Volume interno do tubo: (40m x 2 x 3,14 x 0,12 ² m)	3,617 m ³
Volume do concreto: (5,652 m ³ - 3,617 m ³)	2,035 m ³
Tubulação de saída do extravasor 2: (12 m x 0,70 Ø)	
Volume externo do tubo: (12m x 2 x 3,14 x 0,75 ² m)	42,390 m ³
Volume interno do tubo: (12m x 2 x 3,14 x 0,70 ² m)	36,926 m ³
Volume do concreto: (42,390 m ³ - 36,926 m ³)	5,464 m ³
Total geral:	15,456 m ³
Densidade:	2400 kg/m ³
(Cortesia do concreto: Engenharia do Concreto)	
Site: < http://www.cortesiaconcreto.com.br/Manual%20do%20Concreto.pdf >	
Total: (15,456 m ³ x 2400 kg/m ³)	3,71x10⁰⁴ kg

7 Madeira (⊗⊙)

Pilastras altas: (5,0m x 0,15m de Ø) $2 \times \pi \times r^2 \times h$	
Total: 6 x 2 x 3,14 x (0,075m) ² x 5m	1,06 m ³
Pilastras baixas: (2,0m x 0,20m de Ø) $2 \times \pi \times r^2 \times h$	
Total: 8 x 2 x 3,14 x (0,100m) ² x 2m	1,00 m ³
6 vigas: 6 x (6,0m x 0,10m x 0,20m)	0,72 m ³
2 vigas: 2 x (3,0m x 0,10m x 0,20m)	0,12 m ³
6 caibros: 6 x (3,0m x 0,07m x 0,07m)	0,09 m ³
30 Tabuas: 30 x (3,0m x 0,20m x 0,04m)	0,72 m ³
30 Tábuas: 30 x (1,5m x 0,20m x 0,04m)	0,36 m ³
Total:	4,07 m ³
Densidade da madeira: (Cunha, 1989)	0,38 g/cm ³
Poder calorífico: (Cunha, 1989)	4707 kcal/kg)
site < http://www.funtecq.org.br/arquivos/podercalorifico.pdf > 23/05/2008	
Quantidades totais em energia:	
(4,07 m ³ x 380 kg/m ³ x 4707 kcal/kg x 4186 J/kcal):	3,05x10¹⁰ J

8 Alumínio (⊗)

Estrutura do tanque rede	25 kg
Telas do tanque rede:	10 kg
Quantidade de tanques redes:	40
Barco:	60 kg
Total:(40 x 35 kg) + 60 kg	1,46x10⁰³ kg

9 Metais (⊗)

Metalon para o tanque rede.

Metalon da estrutura principal: 30 kg

Metalon das telas dos tanques redes: 23 kg

Metalon do carregador dos tanques: 1 kg

Totais de tanques redes: 160

Metais dos tq. redes: 8640 kg

Chumbo das baterias: 16 kg

Fios de Cobre: 12,5 kg

Total: **$8,67 \times 10^6$ g**

10 Plásticos (⊗)

Plásticos de materiais periféricos.

Motor de popa: (valor estimado pelo responsável) 2 kg

Baterias: (valor estimado pelo responsável) 1 kg

Carregadores e câmeras: (valor estimado pelo responsável) 1 kg

Total dos Periféricos: 4 kg

Tanque rede: tq. rede 1

Comedouros, revestimentos e flutuadores: 7 kg

Quantidade: 160 TR

Total: 1120 kg

Tanque rede: tq. rede 2

Comedouros, revestimentos e flutuadores: 5 kg

Quantidade: 40 TR

Total: 200 kg

Tanques de tratamento: (caixas de PEHD com 1000 L)

Quantidade: 3

Peso: 62 kg

Total: 186 kg

Total Geral: **$1,53 \times 10^3$ kg**

11 Cimento Amianto (⊗⊙)

Telhas de: 2,44 m x 1,10 m x 0,006 m 0,016104 m³

Quantidade: 13

Densidade da telha: 1518,25 kg/m³

Total em peso: (13 x 0,016104 m³ x 1518,25 kg/m³) 317,85 kg

Espaço total da telha: 2,684 m²

Espaço de uso da telha: 2,384 m²

Dados fornecidos pela: ETERNIT BRASIL

site <<http://www.eternit.com.br/index.php>> acessado em 23/05/2008

Total: **$3,18 \times 10^5$ g**

Sistema de Tanques Rede ou Gaiola. Dados Operacionais

12 Energia Solar (☉)

Coordenadas geodésicas de Iperó - SP:

Latitude Sul: -23,21°

Longitude: 47,41°

Fonte: Brasil Virtual mapa rodoviário ABCR: 128 km da Capital:

site: <<http://www.abcr.org.br/geode/index.php?uf1=SP&po=1&uf2=SP&ori=9199&des=8751>>

Considerado a taxa da cidade mais próxima Campinas – SP

Índice de Insolação: (CRESESB, 2008) 58,5kW.h.m² /ano

site:

http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=http%3A/www.cresesb.cepel.br/agenda_2008.htm>

Área do tanque: 30000 m²

Área efetiva de ação conforme (Odum et al., 2000) 7,95x10⁰⁶ m²/ano

Área x insolação anual x energia em joules.

7,95x10⁰⁶ m² x 58,5 kW h /m² ano x 3,6x10⁰⁶ J/kWh 1,67x10¹⁵ J

Energia solar = (insolação média) x (1 – Albedo) (Odum, 1996)

Albedo médio da água: (EDUSPACE, 2008) 7,5 %

Insolação: (1,67x10¹⁵ J x (1-0,075) 1,54x10¹⁵ J/ano

13 Energia Química da Chuva (☉)

A cidade de Iperó – SP esta na bacia do Tietê.

Site < http://www.cptec.inpe.br/energia/bacias/bacia_tiete.shtml>

Média na região de outubro de 2005 a maio de 2008. 4091 mm/m² ano

Área do reservatório: 30000 m²

Índice hidrológico médio anual: 1509,75 mm/m²ano

1 mm avaliado = 1L/m²

Site < <http://www.cptec.inpe.br/~energia/clima/prec/evolucao/maiores/prec24tie.gif>>

Site acessado em 02/06/2008.

Área x volume anual x ajuste x energia em joules:

3,00x10⁰⁴ m² x 1,50913 m/m² x 1000 kg/m³ x 5000J/kg 2,26x10¹¹ J/ano

14 Energia Potencial do Rio ☒ * ☉

Altura da coluna de água do rio: (Estimado) 0,3 m

Volume da água do rio 150 L/s (uso em 365 dias/ano) 4,73x10⁰⁶ m³/ano

Aceleração da gravidade: 9,8m/s²

Volume m³/ano x 1000 kg/m³ x 9,8m/s² x altura J/ano

Odum et al., 2000 (Fólio 1)

(4,73x10⁰⁶ m³/ano) x (1000kg/m³) x (9,8 m/s²) x (0,3 m) 1,39x10¹⁰ J/ano

15 Energia Geotérmica (☉)

Dados obtidos pelo mapa de fluxo geotérmico do estado de São Paulo

(Gomes e Hamza, 2004)

Cidade de Iperó, dados geodésicos:

Latitude Sul: -23° 21'

Longitude:	47° 41'
Resultado:	54 mW/m ²
Área do fundo do tanque: 600m x 50 m	30000 m ²
2 laterais de 600m de comp. x 2,5m de profundidade:	3000 m ²
2 laterais de 50 m de comp. x 2,5 m de profundidade:	250 m ²
Área total:	33250 m ²
Energia: (33250 m ² x 54 mW/m ² x 1W/1000 mW x 1J/s/1W)	1,80x10 ⁰⁴ J/s
(1,80x10 ⁰⁴ J/s x 3,15x10 ⁰⁷ s/ano)	5,67x10¹⁰ J/ano

16 Água de Rio (⊗⊙)

O cálculo da água necessária é mostrada no anexo G

Estimou-se o aproveitamento do alimento da tilápia igual ao do salmão em Odum, 2001

Peso do peixe fresco em kg x metabolismo do peixe x percentagem de fósforos:

$$4,11 \times 10^{04} \text{ kg/h} \times 0,0818 \text{ g/kg h} \times 0,01 = 33,6 \text{ g de fósforo/h}$$

Volume de água suficiente para manter o fósforo em níveis corretos:

$$(33,6 \text{ g de fósforo/h}) / (0,05 \text{ g/ m}^3) = 6,73 \times 10^{02} \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Total de água necessária: } 6,73 \times 10^{02} \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h/d} \times 365 \text{ d/ano} = \mathbf{5,89 \times 10^{06} \text{ m}^3/\text{ano}}$$

17 Oxigênio (⊗⊙)

O cálculo do oxigênio é mostrado no anexo G

$$\text{Peso médio de 1 peixe/ hora} = 257 \text{ g}$$

$$\text{Total de peixes/h: } 160000/\text{h peixes}$$

$$\text{Total em peso do peixe: } (257 \text{ g/px } 160000 \text{ px}) = 41120000 \text{ g}$$

$$\text{Total de O}_2: 0,93 \text{ mg O}_2/\text{h}_x\text{g} \times 41120000 \text{ g} \times 365 \text{ d/ano} \times 24 \text{ h/d: } 3,35 \times 10^{11} \text{ mg O}_2/\text{ano}$$

$$\text{Total: } 3,35 \times 10^{11} \text{ mg de O}_2 \times 1 \text{ g/1000mg} = \mathbf{3,35 \times 10^{08} \text{ g de O}_2/\text{ano}}$$

18 Alimento Natural (⊗⊙)

O cálculo do alimento natural é mostrado no anexo G

O alimento natural é formado por sedimentos de compostos orgânicos e minerais, que transformam através de uma ação biológica, em alimentos para a tilápia.

Os dados estão melhores explicados no anexo J.

$$\text{Total do crescimento da tilápia: } 1,55 \times 10^{05} \text{ kg}$$

$$\text{Tilápia crescida com ração comprada: } 1,37 \times 10^{05} \text{ kg}$$

$$\text{Tilápia crescida com sedimentos orgânicos do rio: } 1,82 \times 10^{04} \text{ kg}$$

$$\text{Conversão Alimentar (CA)} = 10 \times 1$$

$$\text{Total: } 1,82 \times 10^{04} \text{ kg} \times 1000 \text{ g/kg} \times 10 \times 1 = \mathbf{1,82 \times 10^{08} \text{ g/ano}}$$

19 Energia Elétrica (⊗⊙)

2 holofotes de 400 W ligados 12 h/dia

4 câmaras ligadas 24 h/dia

1 TV ligada 24h/dia.

1 motor de 1 HP que funciona 50 h/semana

2 sopradores elétricos ligados 24 h/dia.

1 carregador de bateria 12 V 100 A.

Valor médio mensal: (Eletropaulo)

500 kW h mês:

Eletricidade total:

6000 kW h ano.

Referencial: 1 kWh é equivalente a 3.600.000 joule.

Energia elétrica total:

$2,16 \times 10^{10}$ J/ano

20 Mão de Obra (⊗)

1 pessoa trabalha 48 horas semanais 2ª a 6ª feira e sábado trabalha 4 h.

Portanto considera de 2ª a 6ª feira 24 horas e de sábado 4 horas.

1 pessoa trabalha sábado e domingo 8 horas por dia e 4 horas de 2ª a 4ª.

Portanto considera-se 24 horas o sábado e domingo e 4 horas os outros dias trabalhados.

(52 semanas x 5 dias x 24 h) + (52 x 4h x 1 d)

6448 h

(52 semanas x 2 dias x 24 h) + (52 x 4 h x 3 d)

3120 h

Total:

9568 h/ano

21 Alevinos (⊗⊙)

O cálculo do Dólar/Real é mostrado no anexo I

Quantidade:

320000 unidades

Valor dos alevinos:

R\$ 96000,00

Valor médio do dólar em 2007 para R\$ 1,85

US\$ 1,00

Fonte: (RESAN, 2008)

Preço dos alevinos em um ano. US\$ 51892,00

$5,19 \times 10^4$ dólar/ano

22 Ração (⊗⊙)

Consumo:

218400 kg

Ração utilizada Purina 32% de energia digestiva:

2900 kcal/kg

Preço médio da ração:

R\$ 1,15 / kg

Peixe entrou com 30 g e saiu com 485

0,455 kg/peixe

Carne transformada: (320000 peixes x 0,455 kg/peixe)

145600 kg

Taxa de conversão carne ração: 1,5 kg de ração / kg peixe

1,5/1

Total de Ração: (218400 kg x 2900 kcal/kg x 4186 J/kcal)

$2,65 \times 10^{12}$ J/ano

ANEXO D

Os dados das transformidades ou emergias por unidades e depreciações foram coletadas em literaturas.

Sistema Tradicional

1. Mão de Obra

Total:	$1,20 \times 10^{03}$ horas.
Energia/unidade: (Coelho et al., 2002)	$2,08 \times 10^{12}$ sej/hora
Energia total:	$2,50 \times 10^{15}$ sej
Depreciação: (Thonson, 2004)	25 anos
Energia / Depreciação:	$1,00 \times 10^{14}$ sej/ano

2. Perda de Solo “Biodiversidade”

Total:	$3,18 \times 10^{10}$ J
Transformidade: (Brown et al., 2004)	$1,24 \times 10^{05}$ sej/J
Energia Total:	$3,94 \times 10^{15}$ sej/ano
Depreciação:	50 anos
Energia / Depreciação:	$7,89 \times 10^{13}$ sej/ano

3. Concreto do Monge

Total:	$1,78 \times 10^{03}$ kg
Energia/unidade: (Simoncini, 2006)	$1,81 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia total:	$3,22 \times 10^{15}$ sej
Depreciação: (Helene, 2001)	50 anos
Energia / Depreciação:	$6,44 \times 10^{13}$ sej/ano

4. Aço

Total:	$1,86 \times 10^{00}$ kg
Energia/unidade: (Brown et al., 2003)	$6,97 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia total:	$1,30 \times 10^{13}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	10 anos.
Energia / Depreciação:	$1,30 \times 10^{12}$ sej/ano

5. Ferro

Total:	$1,08 \times 10^{01}$ kg
Energia por unidade: (Buranakarn, 1998)	$4,15 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia por unidade: Corrigido pelo fator 1,68. (Odum et al., 2000)	$6,97 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia total:	$7,52 \times 10^{13}$ sej

Depreciação: (SRF-162/98) 10 anos.
 Energia / Depreciação: **$7,52 \times 10^{12}$ sej/ano**

6. Madeira

Total: $7,19 \times 10^{08}$ J
 Transformidade: (Lefroy, 2003) $1,88 \times 10^{04}$ sej/J
 Energia total: $1,35 \times 10^{11}$ sej
 Depreciação: (SRF-162/98) 5 anos.
 Energia / Depreciação: **$2,70 \times 10^{10}$ sej/ano**

7. Plástico

Total: $5,27 \times 10^{01}$ kg
 Energia por unidade: (Brown et al., 2003) $9,86 \times 10^{12}$ sej/kg
 Energia total: $5,20 \times 10^{14}$ sej
 Depreciação: (SRF-162/98) 10 anos.
 Energia / Depreciação: **$5,20 \times 10^{13}$ sej/ano**

8. Metais “Chumbo”

Total: $1,68 \times 10^{04}$ g
 Energia por unidade: (Odum, 1996) $1,68 \times 10^{09}$ sej/g
 Energia por unidade: Corrigido pelo fator 1,68. (Odum et al., 2000) $2,82 \times 10^{09}$ sej/g
 Energia total: $4,74 \times 10^{13}$ sej
 Depreciação: (SRF-162/98) 10 anos
 Energia / Depreciação: **$4,74 \times 10^{12}$ sej/ano**

9. Energia Solar

Total: $1,63 \times 10^{08}$ J
 Transformidade: (Definição) 1 sej/J
 Energia: **$1,63 \times 10^{08}$ sej/ano**

10. Energia Química da Chuva

Total: $6,81 \times 10^{09}$ J
 Transformidade: (Odum et al., 2000) $3,10 \times 10^{04}$ sej/J
 Energia: **$2,11 \times 10^{14}$ sej/ano**

11. Energia Potencial da Água

Total:	$1,39 \times 10^{09}$ J
Transformidade: (Odum et al., 2000)	$4,70 \times 10^{04}$ sej/J
Energia:	$1,12 \times 10^{14}$ sej/ano

12. Energia Geotérmica

Total:	$1,45 \times 10^{09}$ J
Transformidade: (Odum et al., 2000)	$1,20 \times 10^{04}$ sej/J
Energia: ($1,45 \times 10^{09}$ J x $1,20 \times 10^{04}$ sej/J)	$1,74 \times 10^{13}$ sej/ano

13. Água de mina

Total:	$1,12 \times 10^{05}$ m ³ /ano
Energia/unidade (Buenfil, 2001)	$1,05 \times 10^{12}$ sej/m ³
Total: $1,21 \times 10^{05}$ m ³ /ano x $1,05 \times 10^{12}$ sej/m ³	$1,18 \times 10^{17}$ sej/ano

14. Oxigênio

Total:	$7,98 \times 10^{06}$ g
Energia/unidade: (Ulgiati e Brown, 2002)	$5,16 \times 10^{07}$ sej/g
Energia Total: $6,70 \times 10^{05}$ g x $5,16 \times 10^{07}$ sej/g	$4,12 \times 10^{14}$ sej/ano

15. Mão de Obra

Total:	$1,97 \times 10^{02}$ h
Energia/unidade: (Coelho et al., 2002)	$2,08 \times 10^{12}$ sej/ hora
Energia:	$4,10 \times 10^{14}$ sej/ano

16. Calcário

Total:	$5,00 \times 10^{05}$ g:
Energia/unidade: (Odum, 1996)	$1,00 \times 10^{09}$ sej/g
Energia/Unidade Corrigido pelo fator 1,68. (Odum, et al., 2000)	$1,68 \times 10^{09}$ sej/g
Energia:	$8,40 \times 10^{14}$ sej/ano

17. Superfosfato

Total:	$2,00 \times 10^{01}$ kg
Energia/unidade: (Sherry L. Brandt-Williams, 2002)	$3,90 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia:	$7,8 \times 10^{13}$ sej/ano

18. Uréia

Total:	$5,4 \times 10^{01}$ kg
Energia/unidade: (Sherry L. Brandt-Williams, 2002)	$4,61 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia:	$2,49 \times 10^{14}$ sej/ano

19. Ração

Total:	$6,20 \times 10^{10}$ J
Transformidade: (Odum, 2001)	$1,00 \times 10^{06}$ sej/J
Energia:	$6,20 \times 10^{16}$ sej/ano

20. Alevinos

Total:	$9,46 \times 10^{02}$ US\$:
Energia/unidade: (Coelho et al., 2002)	$3,70 \times 10^{12}$ sej/dólar
Energia:	$3,50 \times 10^{15}$ sej/ano

ANEXO E

Sistema Aquapônico

1. Mão de Obra

Total:	$9,60 \times 10^{01}$ h
Energia/unidade: (Coelho et al., 2002)	$2,08 \times 10^{12}$ sej/ h
Energia total:	$2,00 \times 10^{14}$ sej/ano
Depreciação: (THOMSON, 2004)	25 anos
Energia / Depreciação:	$7,99 \times 10^{12}$ sej/ano

2. Bombas e Motores

Total:	$5,10 \times 10^{00}$ kg
Energia/unidade: (Brown et al., 2003)	$6,97 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia total:	$3,55 \times 10^{13}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	10 anos
Energia / Depreciação:	$3,55 \times 10^{12}$ sej/ano

3. Aço.

Total:	$2,04 \times 10^{01}$ kg
Energia/unidade: (Brown et al., 2003)	$6,97 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia total:	$1,42 \times 10^{14}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	10 anos
Energia / Depreciação:	$1,42 \times 10^{13}$ sej/ano

4. Ferro

Total:	$1,29 \times 10^{02}$ kg
Energia/unidade: (Buranakarn, 1998)	$4,15 \times 10^{12}$ sej/kg
Transformidade: Corrigido pelo fator 1,68. (Odum, et al., 2000)	$6,97 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia total:	$8,99 \times 10^{14}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	10 anos.
Energia / Depreciação:	$8,99 \times 10^{13}$ sej/ano

5. Alumínio

Total:	$2,64 \times 10^{01}$ kg
Energia/unidade: (Brown et al., 2003)	$2,13 \times 10^{13}$ sej/kg
Energia total:	$5,62 \times 10^{14}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	25 anos
Energia / Depreciação:	$2,25 \times 10^{13}$ sej/ano

6. Plásticos

Total:	$1,46 \times 10^{02}$ kg
Energia/unidade: (Brown et al., 2003)	$9,86 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia total:	$1,44 \times 10^{15}$ sej
Depreciação (SRF-162/98)	10 anos
Energia / Depreciação:	$1,44 \times 10^{14}$ sej/ano

7. Britas

Total:	$5,46 \times 10^{06}$ g
Energia/unidade: (Odum, 1996)	$4,91 \times 10^{08}$ sej/g
Energia/unidade: Corrigido pelo fator 1,68. (Odum, et al., 2000)	$8,25 \times 10^{08}$ sej/g
Energia total:	$4,50 \times 10^{15}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	5 anos
Energia / Depreciação	$9,01 \times 10^{14}$ sej/ano

8. Dolomitas

Total:	$1,00 \times 10^{04}$ g
Energia/unidade: (Odum, 1996)	$1,00 \times 10^{09}$ sej/g
Energia/unidade: Corrigido pelo fator 1,68. (Odum, et al., 2000)	$1,68 \times 10^{09}$ sej/g
Energia total:	$1,68 \times 10^{13}$ sej/g
Depreciação: (SRF-162/98)	5 anos.
Energia / Depreciação:	$3,36 \times 10^{12}$ sej/ano

9. Zeólitas

Total:	$6,00 \times 10^{04}$ g
Energia/unidade: (Odum, 1996)	$1,00 \times 10^{09}$ sej/g
Energia/unidade: Corrigido pelo fator 1,68. (Odum, et al. 2000)	$1,68 \times 10^{09}$ sej/g
Energia Total:	$1,01 \times 10^{14}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	5 anos.
Energia / Depreciação	$2,02 \times 10^{13}$ sej/ano

10. Cobre

Total:	$1,78 \times 10^{03}$ g
Energia/unidade: (Odum, 1996)	$1,66 \times 10^{11}$ sej/g
Energia/unidade: Corrigido pelo fator 1,68. (Odum, et al. 2000)	$2,79 \times 10^{11}$ sej/g
Energia total:	$4,97 \times 10^{14}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	10 anos.
Energia / Depreciação	$4,97 \times 10^{13}$ sej/ano

11. Energia Solar

Total:	$9,42 \times 10^{06}$ J/ano
Transformidade: (Definição)	1 sej/J
Energia:	$9,42 \times 10^{06}$ J/ano

12. Oxigênio

Total:	$9,18 \times 10^{06}$ g/ano
Energia/unidade: (Ulgiati e Brown, 2002)	$5,16 \times 10^{07}$ sej/g
Energia total:	$4,74 \times 10^{14}$ sej/ano

13. Energia Química da chuva

Total:	$3,70 \times 10^{08}$ J/ano
Transformidade: (Odum et al., 2000)	$3,10 \times 10^{04}$ sej/J
Energia anual:	$1,15 \times 10^{13}$ sej/ano

14. Energia Geotérmica

Total:	$7,09 \times 10^{07}$ J/ano
Transformidade: (Odum et al., 2000)	$1,20 \times 10^{04}$ sej/J
Energia anual: ($7,09 \times 10^{07}$ J/ano x $1,20 \times 10^{04}$ sej/J)	$8,51 \times 10^{11}$ sej/ano

15. Mão de Obra

Total:	$2,19 \times 10^{02}$ h/ano
Energia/unidade: (Coelho et al., 2002)	$2,08 \times 10^{12}$ sej/hora
Energia total:	$4,56 \times 10^{14}$ sej/ano

16. Mudanças de Alfaias

Total:	$2,59 \times 10^{02}$ dólar/ano
Energia/unidade: (Coelho et al., 2002)	$3,70 \times 10^{12}$ sej/dólar
Energia Total: ($2,59 \times 10^{02}$ US\$ x $3,70 \times 10^{12}$ sej/dólar)	$9,58 \times 10^{14}$ sej/ano

17. Eletricidade

Total: Eletricidade	$1,16 \times 10^{10}$ J/ano
Transformidade: (Brown e Ulgiati, 2004)	$3,36 \times 10^{05}$ sej/J
Energia: ($1,16 \times 10^{10}$ J x $3,36 \times 10^{05}$ sej/J)	$3,90 \times 10^{15}$ sej/ano

18. Ração

Total:	$5,17 \times 10^{10}$ J/ano
Transformidade: Ração Balanceada: (Odum, 2001)	$1,00 \times 10^{06}$ sej/J
Energia / ano:	$5,17 \times 10^{16}$ sej/ano

19. Alevinos

Total:	$4,67 \times 10^{02}$ US\$/ano
Energia/unidade: (Coelho et al., 2002)	$3,70 \times 10^{12}$ sej/dólar
Energia:	$1,73 \times 10^{15}$ sej/ano

20. Água Potável

Total:	$7,30 \times 10^{01}$ m ³ /ano
Energia/unidade: (Buenfil, 2001)	$7,75 \times 10^{11}$ sej/m ³
Energia:	$5,66 \times 10^{13}$ sej/ano

ANEXO F

Sistema Tanques Rede

1. Mão de Obra

Total:	$9,60 \times 10^{02}$ h
Energia/unidade: (Coelho et al., 2002)	$2,08 \times 10^{12}$ sej/ h
Energia Total:	$2,00 \times 10^{14}$ sej
Depreciação da mão de obra: (Thomson, 2004)	25 anos.
Energia / Depreciação:	$7,99 \times 10^{13}$ sej/ano

2. Maquinário

Total:	$9,30 \times 10^{03}$ kg
Energia/unidade: (Brown et al., 2003)	$6,97 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia total:	$6,48 \times 10^{16}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	10 anos
Energia / Depreciação:	$6,48 \times 10^{15}$ sej/ano

3. Perda de Biodiversidade

Total:	$1,06 \times 10^{12}$ J
Transformidade: (Brown et al., 2004)	$1,24 \times 10^{05}$ sej/J
Energia Total:	$1,31 \times 10^{17}$ sej
Depreciação estimada (Anexo G)	50 anos.
Energia / Depreciação:	$2,63 \times 10^{15}$ sej/ano

4. Bombas e Motores

Total:	$7,20 \times 10^{01}$ kg
Energia/unidade: (Brown et al., 2003)	$6,97 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia total:	$5,02 \times 10^{14}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	10 anos.
Energia / Depreciação:	$5,02 \times 10^{13}$ sej/ano

5. Aço

Total:	$2,32 \times 10^{03}$ kg
Energia/unidade: (Brown et al., 2003)	$6,97 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia total:	$1,62 \times 10^{16}$ sej
Depreciação: (Helene, 2001)	50 anos
Energia / Depreciação:	$3,23 \times 10^{14}$ sej/ano

6. Concreto

Total:	$3,71 \times 10^{04}$ kg
Energia/unidade: (Brown et al., 2003)	$1,81 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia total:	$6,72 \times 10^{16}$ sej/ano
Depreciação: (Helene, 2001)	50 anos
Energia / Depreciação:	$1,34 \times 10^{15}$ sej/ano

7. Madeira

Total:	$3,05 \times 10^{10}$ J
Transformidade: (Lefroy, 2003)	$1,88 \times 10^{04}$ sej/J
Energia total:	$5,73 \times 10^{14}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	5 anos.
Energia / Depreciação:	$1,15 \times 10^{14}$ sej/ano

8. Alumínio

Total:	$1,46 \times 10^{03}$ kg:
Energia/unidade: (Brown et al., 2003)	$2,13 \times 10^{13}$ sej/kg
Energia total:	$3,11 \times 10^{16}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	25 anos
Energia / Depreciação:	$1,24 \times 10^{15}$ sej/ano

9. Metais

Total:	$8,67 \times 10^{06}$ g
Energia/unidade: (Odum, 1996)	$1,00 \times 10^{09}$ sej/g
Energia/unidade: corrigido pelo fator 1,68. (Odum et al., 2000)	$1,68 \times 10^{09}$ sej/g
Energia total:	$1,46 \times 10^{16}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	10 anos.
Energia / Depreciação:	$1,46 \times 10^{15}$ sej/ano

10. Plásticos

Total:	$1,53 \times 10^{03}$ kg
Energia/unidade: (Brown et al., 2003)	$9,86 \times 10^{12}$ sej/kg
Energia total:	$2,31 \times 10^{16}$ sej
Depreciação: (SRF-162/98)	10 anos.
Energia / Depreciação:	$1,51 \times 10^{15}$ sej/ano

11. Cimento Amianto

Total:	$3,18 \times 10^{05} \text{ g}$
Energia/unidade: (Odum, 1996)	$1,00 \times 10^{09} \text{ sej/g}$
Energia/unidade: corrigido pelo fator 1,68. (Odum et al., 2000)	$1,68 \times 10^{09} \text{ sej/g}$
Energia total:	$5,34 \times 10^{14} \text{ sej}$
Depreciação: (Thonson, 2004)	25 anos
Energia / Depreciação:	$2,14 \times 10^{13} \text{ sej}$

12. Energia Solar

Total:	$1,54 \times 10^{15} \text{ J/ano}$
Transformidade: (convenção)	1sej/J
Energia:	$1,54 \times 10^{15} \text{ sej/ano}$

13. Energia Química da Chuva

Total:	$2,26 \times 10^{11} \text{ J/ano}$
Transformidade: (Odum et al., 2000)	$3,10 \times 10^{04} \text{ sej/J}$
Energia:	$7,01 \times 10^{15} \text{ sej/ano}$

14. Energia Potencial do Rio

Total:	$1,39 \times 10^{10} \text{ J}$
Energia/unidade: (Odum et al., 2000)	$4,70 \times 10^{04} \text{ sej/J}$
Energia Total:	$6,53 \times 10^{14} \text{ sej/ano}$

15. Energia Geotérmica

Total:	$5,67 \times 10^{10} \text{ J/ano}$
Transformidade: (Odum, 2000)	$1,20 \times 10^{04} \text{ sej/J}$
Energia: ($5,67 \times 10^{10} \text{ J/ano} \times 1,20 \times 10^{04} \text{ J}$)	$6,80 \times 10^{14} \text{ sej/ano}$

16. Água de Rio

Total:	$5,89 \times 10^{06} \text{ m}^3$
Energia/unidade: (Buenfil, 2001)	$3,23 \times 10^{11} \text{ sej/m}^3$
Energia: ($3,15 \times 1006 \text{ m}^3/\text{ano} \times 3,23 \times 10^{11} \text{ sej/m}^3$)	$1,90 \times 10^{18} \text{ sej/ano}$

17. Oxigênio

Total:	$3,35 \times 10^{08} \text{ g}$
Energia/unidade: (Ulgiati e Brown, 2002)	$5,16 \times 10^{07} \text{ sej/g}$
Total: ($3,35 \times 10^{08} \text{ g} \times 5,16 \times 10^{07} \text{ sej/g}$)	$1,73 \times 10^{16} \text{ sej/ano}$

18. Alimento Natural

Total:	$1,82 \times 10^{08} \text{g}$
Energia/unidade: (Martin, 2002) (Anexo G)	$6,28 \times 10^{08} \text{ sej/g}$
Energia Total: $(1,82 \times 10^{08} \text{g} \times 6,28 \times 10^{08} \text{ sej/g})$	$1,14 \times 10^{17} \text{ sej/ano}$

19. Energia Elétrica

Total Pago:	$2,16 \times 10^{10} \text{ J/ano}$
Transformidade: (Brown e Ulgiati, 2004)	$3,36 \times 10^{05} \text{ sej/J}$
Energia $(2,16 \times 10^{10} \text{ J} \times 3,36 \times 10^{05} \text{ sej/J})$	$7,26 \times 10^{15} \text{ sej/ano}$

20. Mão de Obra

Total:	$9,57 \times 10^{03} \text{ h}$
Energia/unidade: (Coelho et al., 2002)	$2,08 \times 10^{12} \text{ sej/h}$
Energia:	$1,99 \times 10^{16} \text{ sej/ano}$

21. Alevinos

Total:	US\$: $5,19 \times 10^{04} \text{/ano}$
Energia/unidade: (Coelho et al., 2002)	$3,70 \times 10^{12} \text{ sej/dólar}$
Energia:	$1,92 \times 10^{17} \text{ sej/ano}$

22. Ração

Total:	$2,65 \times 10^{12} \text{ J/ano}$
Transformidade: (Odum, 2001)	$1,00 \times 10^{06} \text{ sej/J}$
Energia:	$2,65 \times 10^{18} \text{ sej/ano}$

ANEXO G

PERDA DA BIODIVERSIDADE.

A perda da biodiversidade para este trabalho foi estimado, levou em consideração o período da formação do lago construído para o sistema de tanques rede na cidade de Iperó – SP.

A construção se deu nos limiares da década de 50. Para que não tivesse interferência em resultados comparativos, os cálculos da perda de biodiversidade para o tanque tradicional foi considerado o mesmo valor, visto que o produtor não conhece a data do corte da floresta local.

OXIGÊNIO PARA TILÁPIA.

O cálculo do oxigênio para a tilápia foi estimado. Como o consumo de oxigênio dos peixes em condições normais, são muito próximos entre a maioria das espécies, foi usado como base o estudo do peixe pampo "*Trachinotus marginatus*", proposto por Cunha et al. (2009). O consumo de oxigênio do peixe tem variações de 0,79 mg de O₂/h_xg a 1,06 mg de O₂/h_xg. Os valores inferiores são em sua maioria nos períodos noturno onde a alimentação e o metabolismo é menor. Nos períodos diurnos aumenta a atividade e nos períodos da alimentação atinge os picos máximos. Para este trabalho foi estimado o valor mediano que é de 0,93 mg O₂/h_xg para a tilápia dos três casos de criação de tilápias estudados.

ÁGUA NECESSÁRIA PARA O PEIXE.

A quantidade de água necessária para criação de peixes deve ser controlada para que não cause eutrofização. Para isso, os níveis de fósforo devem manter diluídos a 50mg/m³ (Odum, 2001). A quantidade de água de entrada nos tanques tradicional e tanques redes foi superior ao necessário, mas levou em conta apenas a quantidade necessária para evitar a eutrofização. Para o sistema aquapônico essa entrada não é considerada, pois o sistema biofiltrante "*rizosférico*" conjugado ao hidropônico esta dentro dos limites do sistema, mesmo sabendo que confere uma água renovada de boa qualidade.

Os cálculos são:

Peso médio do peixe instantâneo no criadouro em kg \times metabolismo do peixe \times a porcentagem de fósforo fornecida da ração

Peso do peixe: kg de peixe / hora (valor estimado em horas)

Fator: 0,0818 g/kg g (fator baseado no estudo de Odum, 2001)

Fósforo da ração: 1% (Dados da ração Purina)

Cálculo do fósforo: (kg de peixe/h) \times (0,0818 g/kg h) \times (0,01) = **X**

A água necessária: (**X** \times 24 h/dia \times dias de operação/ano)

O resultado é dado em m³ de água necessária para diluir o fósforo livre ao valor de 0,05 g de fósforo/m³ de água.

ALIMENTAÇÃO NATURAL, A PARTIR DE SEDIMENTOS ORGÂNICOS E MINERAIS

A alimentação da tilápia em piscicultura mundial é baseada em ração, mas devem considerar uma parcela de alimentação natural existentes nos sistemas aquáticos. Experiências de produtores constam que a tilápia necessita de 1,7 kg de ração de boa qualidade, para transformar 1 kg de peso em peixe, estando em águas isentas de substâncias orgânicas e minerais. Porém sistemas de criação de tilápias conseguem normalmente ter uma conversão de 1,5 kg de ração para produzir 1 kg de peixe em rios ou lagos. A diferença é suprida com alimentos do próprio sistema aquático. A alimentação natural dos sistemas aquáticos tem um histórico cíclico complexo. Inicia-se com sedimentos orgânicos, inorgânicos e minerais. Os sedimentos são restos de plantas, rações, frutos, folhas, dejetos metabólicos dos diversos animais, minerais extraídos de solos, entre outros. Destes provem a fertilização de organismos aquáticos importantes como os fitoplânctons, zooplânctons, e a fauna bentônica, riquíssimos em proteínas que servem de alimentos para os peixes (Beyruth et al., 2003).

Sistemas ricos em nutrientes naturais são conhecidos como sistema fertilizado. Os boletins 64 e 69 da Epagri explicam muito bem o funcionamento deste processo.

A quantidade de sedimentos necessários para elevar em 1 kg de peso

de peixe, é baseado em experiências de produtores pelo qual tem “*Conversão Alimentar*” (CA) 10 x 1, isto é: 10 kg de sedimentos x 1 kg de peso peixe.

Os organismos aquáticos de alto valor protéico para a tilápia foi estudado por Diana et al. (1996), relata valores de crescimento para a tilápia de 1,17 gramas/dia em tanques bem fertilizados, o mesmo tanque com auxílio de ração passou a 3,10 gramas/dia. Isto significa que o alimento natural tem importância substancial no crescimento dos peixes, e deve ser considerado. Os alimentos naturais não são considerados no sistema tradicional, pois a água tem característica potável, e não há tempo para produzir o alimento natural. O sistema aquapônico tem a maior quantidade, mas não é considerado como entrada, pois o próprio sistema favorece a sua produção. Somente no sistema de tanques rede pode ser considerado o alimento natural como entrada, pois rios e lagos são fornecedores naturais deste alimento.

A seguir é mostrado os cálculos para os sistemas aquapônico e tanques rede.

Alimento Natural no Sistema Aquapônico:

A tilápia do sistema aquapônico consegue a conversão de 1,1kg de ração : 1 kg de carne transformada. O que considera-se neste trabalho que a tilápia cresce em massa com a ração 64,5% e com alimento natural 35,5%, conforme dados a seguir.

Total do crescimento da tilápia:	4,32x10 ⁰³ kg
----------------------------------	--------------------------

Ração comprada para tilápia:	2,79x10 ⁰³ kg
------------------------------	--------------------------

Alimento natural, a partir de sedimentos:	1,53x10 ⁰³ kg
---	--------------------------

A tilápia cresce em massa com ração 2790 kg com ração e 1530 kg através de sedimentos minerais e orgânicos geradores do alimento natural.

Portanto: 1530 kg de massa de peixe crescido com alimento natural:

Sedimentos: 1530 kg x 1000g/kg x 10kg sed/1kg de carne:	15300000 g
---	------------

Total de sedimentos:	1,53x10⁰⁷ g
-----------------------------	-------------------------------

Alimento Natural no Sistema Tanques Rede.

1,5 kg de ração + o equivalente a 0,2 kg de ração em matéria orgânica natural do ambiente aquático

Total do crescimento da tilápia: $1,55 \times 10^{05}$ kg

Tilápia crescida em massa com ração comprada: $1,37 \times 10^{05}$ kg

Tilápia crescida em massa com sedimentos orgânicos do rio: $1,82 \times 10^{04}$ kg

A tilápia cresce em massa com ração 137000 kg e 18200 kg com sedimentos de matéria orgânica e mineral natural.

Portanto: $18200 \text{ kg} \times 1000\text{g/kg} \times 10 \text{ kg sed/1 kg de carne transformada}$:

Total dos sedimentos: $1,82 \times 10^{08} \text{ g}$

A EMERGIA DOS SEDIMENTOS MINERAIS E ORGÂNICOS DE RIOS:

Considerado neste trabalho para rios e no sistema aquapônico, pois usa entrada de água rica em sedimentos

Calculada conforme estudo de Martin (2002).

Energia total do Rio Mississipe : $4,23 \times 10^{23}$ sej/ano

Fluxo anual dos sedimentos: $6,20 \times 10^{14} \text{ g}$

Energia dos sedimentos: $6,28 \times 10^{08} \text{ sej/g}$

ANEXO H

CÁLCULOS DE OBTENÇÃO DA ENERGIA DA TILÁPIA

Para obter a energia da tilápia produzida nos criadouros deste estudo considera os valores de $1,72 \times 10^3$ kcal/kg de peixe, baseado no estudo de Proença & Bittencourt, (1994).

O cálculo é a quantidade de peixe em kg transformado durante o processo de criação x a energia em calorias do peixe.

Peso do peixe x energia da tilápia x calorias em joules.

A seguir mostra os valores obtidos nos três casos de criação de tilápia deste estudo.

Sistema Tradicional:

0,450 kg / tilápia x 7000 tilápias

$$3,15 \times 10^3 \text{ kg} \times 1,72 \times 10^3 \text{ kcal/kg} \times 4186 \text{ J/kcal} \rightarrow 2,27 \times 10^{10} \text{ J}$$

Sistema Aquapônico:

0,400 kg / tilápia x 10800 tilápias

$$4,32 \times 10^3 \text{ kg} \times 1,72 \times 10^3 \text{ kcal/kg} \times 4186 \text{ J/kcal} \rightarrow 3,11 \times 10^{10} \text{ J}$$

Sistema Tanques Rede:

0,484 kg / tilápia x 320000 tilápias

$$1,55 \times 10^5 \text{ kg} \times 1,72 \times 10^3 \text{ kcal/kg} \times 4185 \text{ J/kcal} \rightarrow 1,12 \times 10^{12} \text{ J}$$

ANEXO I

Observação: A entrada e saída dos peixes são consideradas a mesma, pois na compra dos alevinos é incluída de 15% a 20%, para compensar o índice de mortandade causada pelo estresse.

O valor médio do dólar para o ano de 2007 foi baseado no preço destacado em RESAN, (2008).

O preço médio para 2007 foi de US\$ 1, com o equivalente a R\$ 1,85, isto é 1 real equivale a US\$ 0,54.

Com esses valores é possível transformar o dinheiro brasileiro em uma unidade internacional de medida a qual tem transformidade conhecida.

Com esse valor é possível calcular os preços dos alevinos, das alfaces, assim com para calcular os indicadores de intercâmbio em energia (EER) dos 3 sistemas.

O valor médio da venda dos peixes foi de R\$3,50 por kg de tilápia, conforme os produtores no ano de 2007.

Para os Peixes do Sistema Tradicional:

$$3,15 \times 10^3 \text{ kg} \times \text{US\$ } 0,54/\text{R\$1} \times \text{R\$3,50} = \text{US\$ } 5,95 \times 10^3$$

Energia total do sistema / Energia dos peixes em dólar.

$$\text{Energia dos peixes em dólar } 5,95 \times 10^3 \text{ US\$} \times 3,70 \times 10^{12} \text{ sej/dólar}$$

$$\text{EER} = 1,86 \times 10^{17} \text{ sej} / 2,20 \times 10^{16} \text{ sej} \quad \text{EER} = 8,43$$

Para os Peixes do Sistema Aquapônico:

$$4,32 \times 10^3 \text{ kg} \times \text{US\$ } 0,54/\text{R\$1} \times \text{R\$3,50} = \text{US\$ } 8,16 \times 10^3$$

Energia total do sistema / Energia dos peixes em dólar.

$$\text{Energia dos peixes em dólar } 8,16 \times 10^3 \text{ US\$} \times 3,70 \times 10^{12} \text{ sej/dólar}$$

$$\text{EER} = 6,05 \times 10^{16} \text{ sej} / 3,02 \times 10^{16} \text{ sej} \quad \text{EER} = 2,00$$

Para os Peixes do Sistema Tanques Rede:

$$1,55 \times 10^5 \text{ kg} \times \text{US\$ } 0,54/\text{R\$1} \times \text{R\$3,50} = \text{US\$ } 2,93 \times 10^5$$

Energia total do sistema / Energia dos peixes em dólar.

$$\text{Energia dos peixes em dólar } \text{US\$} 2,93 \times 10^5 \times 3,70 \times 10^{12} \text{ sej/US\$}$$

$$\text{EER} = 4,93 \times 10^{18} \text{ sej} / 1,08 \times 10^{18} \text{ sej} \quad \text{EER} = 4,54$$

ANEXO J

Cálculos da energia do produto e do coproduto baseado no estudo de Bastianoni et al., 2000.

Para o Estudo do Sistema Aquapônico

Energia do produto principal Tilápia (Anexo H) $3,11 \times 10^{10}$ J

Energia do coproduto Alface:

Peso médio da alface do sistema aquapônico: 215 g/pés

Total/ano 4800 pés

Peso total da alface úmido: $1,03 \times 10^6$ g

Energia da alface na base seca, foi considerado 4,01% baseado em Southgate (1998).

Total base seca: $(1,03 \times 10^6 \text{ g} \times 4,01 / 100)$

Peso da alface seca: $4,13 \times 10^4$ g

As composições da alface em massas são: Proteínas 38% com 24 KJ/g, Gorduras com 16% com 39 KJ/g, e o carboidrato 46% com 17 KJ/g (Paul and Southgate, 1978).

Energia: 38% Proteína $15694 \text{ g} \times 24 \text{ kJ/g}$ 376656 kJ

Energia: 16% Gordura $6608 \text{ g} \times 39 \text{ kJ/g}$ 257712 kJ

Energia: 46% Carboidrato $18998 \text{ g} \times 17 \text{ kJ/g}$ 322996 kJ

Total: $(3,77 \times 10^5 \text{ kJ/g} + 2,58 \times 10^5 \text{ kJ/g} + 3,23 \times 10^5 \text{ kJ/g})$ 956870 kJ

Total: $(956870 \text{ kJ/g} \times 1000 \text{ J/kJ})$ $9,57 \times 10^8$ J

X Tilápia
 Y Alface
 B Emergia
 E Energia

Energia total do Sistema:	B_{xy}	$6,05 \times 10^{16}$ sej/ano
Energia Total para a Tilápia:	E_x	$3,11 \times 10^{10}$ J/ano
Energia total para o Alface seco:	E_y	$9,57 \times 10^{08}$ J/ano

Fatores:

$E_x / E_x + E_y$	0,97
$E_y / E_x + E_y$	0,03

Energia para a Tilápia:	$B_{xy} \times 0,97$	$6,93 \times 10^{16}$ sej/ano
-------------------------	----------------------	-------------------------------

Energia para o Alface:	$B_{xy} \times 0,03$	$2,14 \times 10^{15}$ sej/ano
------------------------	----------------------	-------------------------------

Transformidade para Tilápia: $(6,93 \times 10^{16} \text{ sej} / 3,11 \times 10^{10} \text{ J})$

Transformidade para a Tilápia: $2,23 \times 10^{06} \text{ sej/J}$

ANEXO L

Imagens locais e o esquema do monge que controla o nível de água.

Sistema Tradicional



Figura 18a



Figura 18b

Figura 18a. A principal fonte de entrada de água de mina.

Figura 18b. Foto do lago.



Figura 18c



Figura 18d

Figura 18c. Visualização de um dos tanques, paralelo ao tanque do estudo, onde destaca a altitude local.

Figura 18d. O Tanque do Sistema Tradicional desse Estudo.



Figura 18e

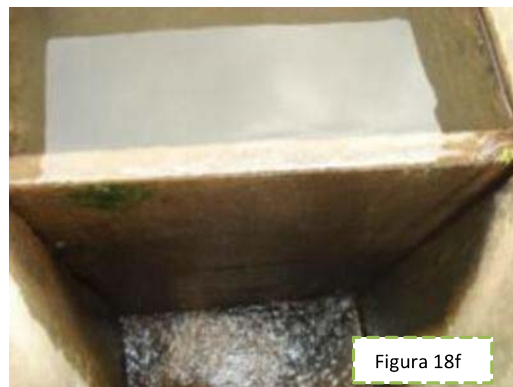


Figura 18f

Figura 18e. Monge do sistema tradicional.

Figura 18f. Monge controlando o nível de água do sistema tradicional.

A figura 18g representa os materiais usados na construção e o princípio de funcionamento do monge do sistema tradicional.

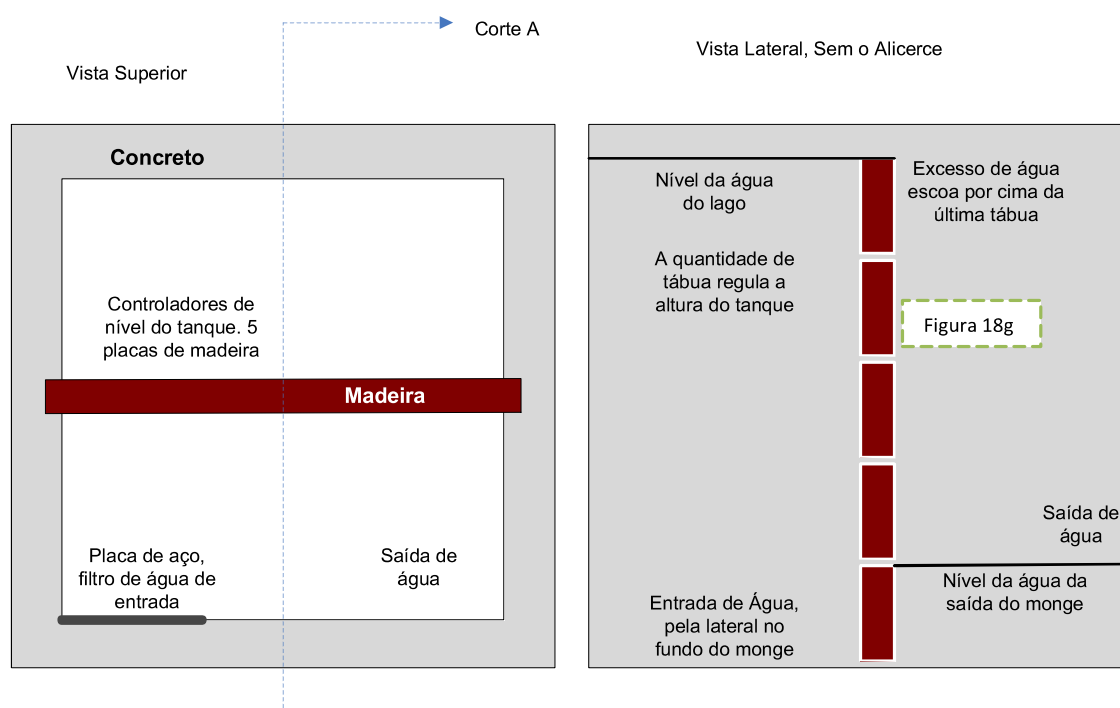


Figura 18g. Esquema do monge usado no sistema de criação de tilápia pelo método tradicional para o controle do nível do tanque.

ANEXO M

Imagens locais do Sistema Aquapônico



Figura 19a



Figura 19b

Figura 19a. O tanque interno do sistema aquapônico e os tanques redes para separar os peixes por tamanho.

Figura 19b. O sombrite de tela de aço que cobre o tanque aquapônico.



Figura 19c



Figura 19d

Figura 19c. Destaca do sistema hidropônico.

Figura 19d. Destaca o sistema rizosférico.

ANEXO N

Imagens locais do Sistema Tanques Rede.



Figura 20a



Figura 20b

Figura 20a. Galpão do sistema de tanques rede, destacando os materiais do cimento amianto das telhas.

Figura 20b. Destaca a área que foi retirada de terra para aprofundamento do lago e servido de proteção lateral.



Figura 20c



Figura 20d

Figura 20c. Destaca o barco de alumínio o motor elétrico usado para os trabalhos diários no sistema tanques rede.

Figura 20d. Destaca os tanques rede próximo ao estaleiro para realizar a despesca.