**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Estratégias integradas de produção e processamento de tilápias:
um estudo de caso**

Gustavo Luiz Naslauský Bozano

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens

**Piracicaba
2019**

Gustavo Luiz Naslauský Bozano
Engenheiro Agrônomo

**Estratégias integradas de produção e processamento de tilápias:
um estudo de caso**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador
Prof. Dr. **JOSÉ EURICO POSSEBON CYRINO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Bozano, Gustavo Luiz Naslauský

Estratégias integradas de produção e processamento de tilápias: um estudo de caso / Gustavo Luiz Naslauský Bozano. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2019.

84 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Sistema de produção 2. Processamento 3. Economicidade 4. Tilápia
I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos, Matheus e Enrique

À minha esposa Juliana

Aos meus pais, Ramiro e Ana Maria

Ao meu orientador e amigo, Zico

Dedico

AGRADECIMENTOS

Não é tarefa fácil começar um doutorado vinte anos após terminar o mestrado. Para aqueles que têm dúvida se vale o esforço, digo: vale muito!, e obrigado a todos que apoiaram minha iniciativa.

Professor Zico, obrigado pela amizade incondicional, pelo apoio e paciência com as minhas necessidades de conciliação do estudo com trabalho e com família e pelos ensinamentos sempre preciosos.

Agradeço a minha família, minha adorável esposa e meus amados filhos. Sabiam que não seria possível sem um pouco do sacrifício de cada um, mesmo assim me apoiaram desde o início.

Meus queridos pais que me inspiram, passado, presente e futuro. Os primeiros sempre a dizerem “Uau, que máximo!”.

Ao meu sogro e sogra, Lucas e Célia, pelo apoio à minha família em todos os momentos que eu estive ausente.

Aos amigos Raul e Paola, apaixonados pelo negócio, incansáveis em buscar formas de expandir e melhorar. A toda a equipe da Lake's Fish: Paulo, Lucas, Vanderlei e Maradona. Obrigado e parabéns! O trabalho de vocês tem mudado a cara da aquicultura no país. Melhor time com o qual já trabalhei.

A todos do grupo de pesquisa Aqua, em especial ao Rafael, também meu sócio na Partnerfish. A divisão de tarefas foi imprescindível para me dar tempo para a dedicação aos estudos.

Ao meu amigo Razem. Uma pena ter partido tão cedo sem poder ver como cresceu a árvore que ele plantou. Mas imagino que ele está pescando, em algum lugar.

BIOGRAFIA

Gustavo Luiz Naslauský Bozano (28 de novembro de 1969; Rio de Janeiro, RJ) é Engenheiro Agrônomo pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz [ESALQ] da Universidade de São Paulo [USP] (1992) e detém o título de Mestre em Agronomia, área de concentração em Ciência Animal e Pastagens, PPG Ciência Animal e Pastagens da mesma ESALQ-USP (1998). Atualmente é Sócio-diretor na Aqua Lagus Representação Agropecuária e da PartnerFish Consultoria. Tem experiência na área de produção animal com ênfase em piscicultura interior, tendo exercido a coordenação, desenvolvimento e condução de ensaios e testes de produtos na área, bem como em gestão de negócios, incluindo a avaliação de potenciais do mercado, planejamento estratégico, estruturação de projetos, montagem de equipe e coordenação de grupos de trabalho contemplando a execução e efetivação de metas, com foco em resultados na área de aquicultura. Atua ainda como palestrante nos principais eventos técnicos de alimentação e produção de animais aquáticos no Brasil e treinamentos para equipes técnico / comerciais, no Brasil e exterior. Finalmente, é engajado ativo e constantemente em certames de atualização de conhecimento profissional, tendo participado dos principais congressos e simpósios relacionados à produção de animais aquáticos no Brasil e exterior, cumprindo ainda diversos programas de treinamentos nas áreas de pesquisa, administração e vendas.

EPÍGRAFE

“A reação mais comum da mente humana a uma conquista não é satisfação e sim o anseio por mais.”

Yuval Noah Harari

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE QUADROS	14
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Objetivos	16
1.2. Organização do estudo	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1. A produção de peixes em tanques-rede	19
2.2. Inter-relação entre os índices zootécnicos e influência do ambiente na produtividade	20
2.3. Estratégia, planejamento e economia de produção	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Caracterização do sistema de produção analisado	27
3.1.1. Local de instalação	27
3.1.2. Posicionamento, distribuição e características dos tanques-rede	27
3.1.3. Descrição da infraestrutura associada	29
3.1.3.1. Benfeitorias e estruturas de apoio flutuantes	29
3.1.3.2. Benfeitorias e estruturas de apoio em terra	29
3.1.3.3. Unidade de produção de formas jovens	30
3.1.4. Descrição do processo de produção adotado	31
3.1.4.1. Modelo de produção	31
3.1.4.2. Limpeza e manutenção dos tanques-rede	32
3.1.4.3. Alimentação dos peixes nos tanques-rede e qualidade da ração	32
3.1.4.4. Sanidade e bem-estar dos peixes	33
3.1.4.5. Despesa	34
3.1.4.6. Mitigação de impactos ambientais	34
3.2. Coleta e avaliação dos dados zootécnicos da propriedade	35
3.3. Análises e simulações econômicas	36

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1. Comparação de dados e projeções	39
4.1.1. Resultados de 2016	39
4.1.2. Metas para 2017	45
4.1.3. Resultados de 2017	48
4.1.4. Metas para 2018	53
4.1.5. Resultados de 2018	60
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS	73
ANEXOS	81

RESUMO

Estratégias integradas de produção e processamento de tilápias: um estudo de caso

A aquicultura é atividade em expansão no Brasil, tendo crescido 300% nos últimos 20 anos. A tilápia *Oreochromis* spp. é a espécie de aquicultura mais importante do século XXI. É o segundo peixe mais produzido no mundo, criada em uma grande variedade de sistemas de produção e nos mais diferentes biomas. A tilapicultura já representa mais de 55 % do total de peixes produzido no país e o sistema de produção de tilápias em tanques-rede, considerado um confinamento de peixes, é o formato escolhido pelos brasileiros para criar essa espécie em função do menor custo de investimento inicial para a produção e praticidade do modelo. Muitas empresas têm iniciado a produção de tilápias em tanques-rede com a mentalidade da necessidade de atuar nas duas pontas da cadeia agroindustrial: produção de seus próprios alevinos e processamento e comercialização dos animais terminados. O controle de todas as etapas da produção, além de estratégico, permite a otimização econômica do negócio. Porém, a maioria dos produtores tem dificuldade em ajustar protocolos que aperfeiçoem o seu potencial de ganho financeiro, principalmente pela dificuldade de conhecer e organizar as informações de cada etapa de produção, para uma tomada de decisão mais assertiva. Esse estudo de caso avaliou o desempenho de uma unidade verticalizada de produção de tilápia – recria, crescimento, terminação, processamento e comercialização – na região Centro-Oeste do Brasil, através dos impactos dos ajustes no manejo dos sistemas de produção e processamento, nos índices zootécnicos e consequentemente na economicidade do negócio entre os anos de 2016 e 2018. Durante o período analisado a sobrevivência subiu de 65,0 para 85,1%; o peso médio da despesca passou de 0,85 para 1,04 kg, a densidade final de estocagem de 68,00 para 75,06 kg m⁻³, a conversão alimentar econômica melhorou de 1,75 para 1,61 kg de ração por quilograma de tilápia produzida; o ciclo de produção foi reduzido de 210 para 206 dias de produção; o preço da ração subiu de R\$ 1,87 para R\$ 1,99; o custo com mão de obra por hora trabalhada foi reduzido de R\$ 12,35 para R\$ 7,23; o volume produzido em função dos investimentos e dos ganhos zootécnicos evoluiu de 63.648 t mês⁻¹ para 142.815 t mês⁻¹ e, consequentemente, o custo de produção apresentou redução de 21,2 %, ou seja, R\$ 5,43 para R\$ 4,28 kg⁻¹, demonstrando os benefícios do ganho de escala e da verticalização do sistema de produção.

Palavras-chave: Tilápia; Tanque-rede; Planejamento estratégico; Análise econômica; Economia de escala

ABSTRACT

Integrated strategies for farming and processing of tilapia: a case study

Brazilian aquaculture has grown steadily up to 300 % in the past 20 years. Tilapia *Oreochromis spp.* are the most important aquaculture species of the XXI Century, the second most produced fish in the world, in varied production systems and geographic regions. Tilapia farming already represents more than 55 % of the total fish produced in the country and cage farming of tilapia is the model chosen by Brazilian agribusiness to raise this species, thanks to the lower cost of investment and practicality. Tilapia farmers have understood the need of a closed production cycle, growing fingerlings for their own use and the processing and marketing of food fish. The control of all stages of production, besides strategic, allows the economic optimization of business plans. However, most producers are unable to adapt to protocols that optimize their potential for financial gain potential, mainly because of the difficulty of assembling and organizing the information of each phase of the production cycle targeting more assertive decision-making procedures. This study evaluated the impacts of adjustment of production and managerial protocols in the economic performance of a vertical tilapia production unit (reproduction, growing, processing and commercialization) in the Mid-West Brazil between the years of 2016 and 2018. Improved, updated protocols increased survival rate from 65.0 to 85.1%; average weight of harvested fish increased from 0.85 to 1.04 kg; the final stocking density was taken from 68.00 to 75.06 kg m⁻³; buying a more expensive (US\$ 0.50 vs 0.53), high performance-designed feed led to improved feed conversion ratio (1.75 to 1.61 kg of feed per kg of tilapia produced). Under such conditions, the production cycle was abridged from 210 to 206 days, the cost of labor reduced from was reduced from US\$ 3.30 to R\$ 1.93 per worked hour, and total production increased from 63,648 MT to 142,815 MT, with consequent reduction of unitary production costs from US\$ 1.45 to 1.14, thus demonstrating the benefits of scale economic gain and vertical integration of the production system (exchange rate 1 US\$ = R\$ 3.74; July 22, 2019).

Keywords: Tilapia; Cage culture; Strategic planning; Economic analysis; Economy of scale

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva hipotética da evolução da biomassa acumulada em função do consumo de ração, adaptado de informações de Hepher (1978), Hepher e Pruginin (1981) e Jolly e Clonts (1993)	23
Figura 2 - Disposição em linha dos tanques-rede na área de produção	28
Figura 3 - Vista geral dos tanques-rede e plataforma base de armazenamento de ração e despesca (A), plataforma de inspeção e higienização dos tanques (B), plataforma de classificação e vacinação (C)	29
Figura 4 - Estrutura administrativa (A), frigorífico (B), fábrica de farinha e óleo de peixe (C) e posto de combustível (D)	30
Figura 5 - Viveiros de reprodução (A), laboratório de incubação (B), tanques de alevinagem I (C), viveiros de alevinagem II (D)	31
Figura 6 - Variação de temperatura (°C) e oxigênio (mg L ⁻¹) no local de avaliação entre novembro de 2016 e novembro de 2017	59
Figura 7 - Variação de temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹) no local de avaliação entre janeiro e dezembro de 2018	66
Figura 8 - Comparação de valores relativos dos principais fatores influenciadores do custo de produção	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Esquema de manejo alimentar em cada fase de produção.	33
Tabela 2 - Dados obtidos no levantamento preliminar de informações deste estudo de caso (valores médios do ano de 2016)	39
Tabela 3 - Comparação entre resultados do plano alimentar utilizado em 2016 (Programa A) com simulações de diferentes programas de alimentação (Produtos B e C)	43
Tabela 4 - Metas traçadas para o ano de 2017	45
Tabela 5 - Comparação entre metas e resultados no primeiro semestre de 2017	48
Tabela 6 - Comparação entre metas e resultados no segundo semestre de 2017	50
Tabela 7 - Comparação dos principais índices que influenciaram o desempenho econômico do negócio entre semestres em 2017 ...	51
Tabela 8 - Comparação dos principais índices que influenciaram o desempenho econômico do negócio entre os anos de 2016 e 2017. 51	
Tabela 9 - Impacto dos principais índices avaliados sobre o custo final de produção (evolução comparativa dos resultados de 2016 com segundo semestre de 2017)	51
Tabela 10 - Comparação relativa entre 2016 e 2017 (2º semestre) da composição do custo de produção.....	53
Tabela 11 - Metas traçadas para o ano de 2018 a partir dos resultados obtidos em 2017	60
Tabela 12 - Comparação entre metas e resultados no primeiro semestre de 2018	61
Tabela 13 - Comparação dos principais índices que influenciaram o desempenho econômico do negócio entre os anos de 2017 (semestre 2) e 2018 (semestre 1)	62
Tabela 14 - Impacto dos principais índices avaliados sobre o custo final de produção (comparativo 2017 com primeiro semestre de 2018) ..	62
Tabela 15 - Comparação entre 2017 (2º semestre) e 2018 (1º semestre) da composição do custo de produção	63

Tabela 16 - Comparação da composição do custo de produção, fixando os volumes produzidos (metas), para o primeiro semestre de 2018.	64
Tabela 17 - Simulação da composição do custo de produção no segundo semestre de 2018 com a manutenção dos principais índices produtivos	64
Tabela 18 - Comparação entre metas e resultados no segundo semestre de 2018	65
Tabela 19 - Comparação dos principais índices que influenciaram o desempenho econômico do negócio entre semestres em 2018 ..	67
Tabela 20 - Impacto dos principais índices avaliados sobre o custo final de produção (comparativo entre semestres de 2018)	68
Tabela 21 - Comparação da composição do custo de produção entre semestres de 2018.....	68
Tabela 22 - Resumo dos principais índices avaliados de 2016 a 2018.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens do sistema de produção em tanques-rede em relação aos sistemas convencionais	19
Quadro 2 - Principais fatores a serem considerados na avaliação da economicidade da produção (modificado de Helfrich e Garling, 2009)	25

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é atividade em ascensão. Nos últimos vinte anos a produção piscícola no Brasil apresentou crescimento próximo a 300%, evoluindo de 181.000 t em 2005 para 722.560 t em 2018, sendo que a tilapicultura já representa mais de 55% do total de peixes produzido no país. Apesar do aumento da produção nacional, o incremento de consumo de pescado *per capita* no país entre 2000 e 2010 foi de 45%, resultando em um aumento no déficit na balança comercial de pescado de aproximadamente US\$ 750 milhões em 2010. Com o aumento gradativo da população e do consumo *per capita* de pescado, é natural que o Brasil continue com forte crescimento da aquicultura (Brasil, 2011; Rabobank, 2016; FAO, 2018; Barone et al., 2017; Peixe BR, 2019).

Originária da África, a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e seus híbridos é a segunda espécie de peixe mais produzida no mundo e a espécie mais criada e estudada no país, função de sua precocidade e rusticidade: tolera grande amplitude térmica, variações acentuadas de salinidade e baixo teor de oxigênio dissolvido [OD] na água, sendo também resistente ao estresse e doenças. As tilápias alimentam-se nos níveis tróficos mais baixos, aceitam dieta seca durante a fase larval e possuem carne com boas características organolépticas, ausência de espinhas em “Y” e ainda versatilidade culinária (Popma e Lovshin, 1996; Fitzsimmons, 1997; El-Sayed, 2006; Fernandes et al., 2016; Koch et al. 2016).

Tanque-rede (ou gaiola) é uma unidade de criação de peixes composta de uma estrutura em tela de arame ou rede que retém os peixes em seu interior, mas permite troca de água suficiente para que sejam mantidos os parâmetros de qualidade de água necessários ao bem-estar e crescimento dos animais, sendo considerado um “confinamento” de peixes. Atualmente é o sistema de produção de peixes que mais ganha adeptos no Brasil. Em 2007 e 2008 tiveram início as primeiras experiências de parques aquícolas no Brasil, nos reservatórios da Usina Hidrelétrica Itaipu (Paraná) e no Açude Padre Cícero – Castanhão (Ceará). A partir daí, a cessão de águas públicas federais para piscicultura em tanques-rede chegou aos reservatórios de usinas hidrelétricas em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Pará (Coelho e Cyrino, 2006; Perez e Robledillo, 1989; Brabo et al., 2014).

A investigação sobre a economia da produção de pescado é fundamental para o desenvolvimento da aquicultura. Fornece uma base para a tomada de decisões entre os produtores e para a formulação de políticas públicas para o setor. A aquicultura cresceu rapidamente em volume e complexidade em todo o mundo nas últimas décadas. Enquanto a produção de pescado tem uma história de séculos como fonte de alimento na Ásia e na África, a mudança mais dramática nos anos recentes tem sido a transformação de empresas de produção de pescado em indústrias.

Um passo importante para iniciar um projeto de aquicultura é desenvolver uma avaliação correta dos recursos necessários para o negócio. Embora haja vantagens na verticalização da atividade aquícola, a maior parte das empresas do setor ainda não dispõe de estrutura, escala e conhecimento para investir em toda a cadeia. Empreendimentos aquícolas falham ou por não contarem com uma estrutura mínima para o bom funcionamento da unidade ou, muitas vezes, devido à falta de recursos, capital de giro em particular. Desta forma, empresas mais experientes e de maior porte tendem a ser mais bem-sucedidas com a verticalização (Engle, 2010; Sidonio et al., 2011).

1.1. Objetivos

O objetivo geral deste projeto é avaliar o desempenho de uma unidade verticalizada de produção de tilápia (recria, crescimento, terminação, processamento e comercialização), gerando informações sobre a economicidade do sistema e, conseqüentemente, contribuir para melhorar a viabilidade econômica e ambiental das operações das pisciculturas. Para isso, são definidos os seguintes objetivos específicos: (i) avaliação do ganho de escala obtido com o aumento da produção; (ii) mensuração do benefício econômico dos ajustes no manejo dos sistemas de produção e processamento; (iii) definição do peso ótimo de abate em função dos custos e rendimentos de produção e processamento; e (iv) simulação da melhor eficiência econômica do negócio. A análise dos dados fornecerá informações imediatamente aplicáveis à indústria de produção e processamento de tilápias e sobre as estratégias para otimizar o ganho econômico dos negócios, aumentando a sustentabilidade da atividade.

1.2. Organização do estudo

O presente trabalho é organizado na forma de estudo de caso seguindo a cronologia dos fatos. Estudos de caso são caracterizados pelo estudo detalhado e de longo termo de um “caso”, i.e., de uma situação social, socioeconômica, empresarial, conjuntural etc. Estudos de caso são adequados para a investigação de fenômenos dentro do seu contexto real, especialmente quando não se consegue separar os limites entre fenômeno e contexto e em que a pesquisa que se pretende realizar depende das experiências pessoais dos pesquisadores e dos agentes do processo, bem como das experiências e anseios do público ao qual a pesquisa se dirige, no caso, a comunidade do agronegócio da piscicultura interior nacional (Cervo et al., 2007; Creswell, 2016; Gil, 2017).

Desta forma, a partir do levantamento dos dados de produção e desempenho da empresa objeto do estudo realizado no final do ano de 2016, foram comparados os resultados obtidos com as metas traçadas para cada semestre dos anos de 2017 e 2018 e, nos anos em tela, foram comparados os resultados obtidos em cada semestre ou em cada ano anterior. Dessa forma, o

trabalho mostra de forma lógica a motivação das decisões tomadas, os impactos (positivos ou negativos) dessas escolhas na rentabilidade do negócio e as correções realizadas em função de eventos e mudanças no ambiente técnico, comercial e econômico da atividade. Assim a linha do tempo mostra a situação inicial do negócio, o que foi planejado e o que foi efetivamente realizado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A produção de peixes em tanques-rede

Existem diferentes modelos de produção de peixes em tanques-rede. O número de indivíduos a serem estocados depende de alguns fatores, como o peso médio e o peso total esperado na despesca, disponibilidade de aeração emergencial, das condições gerais do ambiente (transparência, temperatura, corrente, ventos) e da qualidade físico-química da água (oxigênio dissolvido, temperatura, amônia, sólidos em suspensão etc.), o estágio de desenvolvimento (faixa de tamanho) dos animais, qualidade e quantidade de alimento disponível e as características biológicas das espécies estocadas. De modo geral, o tamanho comercial dos tanques-rede varia de 1 a 5.000 m³, com produtividades entre 20 e 300 kg m⁻³ e o sistema utiliza obrigatoriamente rações nutricionalmente completas, uma vez que os peixes não têm acesso a outro tipo de alimento. O grande potencial hídrico do território brasileiro, estimado em 5,3 x 10⁶ ha de lâmina d'água doce represada em grandes reservatórios naturais e artificiais, associado a condições climáticas adequadas, vem permitindo a rápida expansão da piscicultura em tanques-rede no país (Christensen, 1989; Colt, 1991; Huguenin, 1997; Cyrino et al. 1998; Carneiro et al., 1999; Furlaneto et al., 2006). Esse sistema de produção apresenta uma série de vantagens sobre os sistemas convencionais de criação (Quadro 1), que o torna bastante atraente e explica a disseminação desse método de criação no Brasil nos últimos anos (Coche, 1978; Beveridge, 1996; Cyrino e Conte, 2001).

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens do sistema de produção em tanques-rede em relação aos sistemas convencionais.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Possibilita o uso máximo da água e a intensificação da produção. 	<ul style="list-style-type: none"> • O sistema é totalmente dependente de alimento processado.
<ul style="list-style-type: none"> • Facilita a movimentação, relocação e despesca dos peixes. 	<ul style="list-style-type: none"> • No caso de rompimento do tanque-rede, pode-se perder toda a produção.
<ul style="list-style-type: none"> • Facilita a observação dos peixes, melhorando o manejo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não é possível o controle da qualidade da água, somente seu monitoramento.
<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial relativamente menor. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Facilita e diminui os custos com tratamentos de doenças. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Possibilita a criação de diferentes espécies no mesmo ambiente. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Toda a criação pode ser remanejada para outro local, se necessário. 	

Os tanques-rede podem ser posicionados de diversas maneiras, inclusive suspensos individualmente de forma aleatória ou em linha em áreas abertas, com acesso por barco ou balsa, ou ainda anexos a ancoradouros fixos ou flutuantes, com acesso por barco ou passarela ligada à margem. É essencial que haja acesso aos tanques-rede para as atividades rotineiras de alimentação e manejo, porém, o esforço de facilitar o acesso não deve comprometer a qualidade da água ou o conforto ambiental dos peixes. Existem inúmeros materiais que podem ser usados na construção de tanques-rede. O material ideal deve ser resistente, durável, não restritivo à passagem de água, não corrosível, resistente ao entupimento das malhas (colmatação), leve, que não cause ferimentos aos peixes e de baixo custo. No Brasil, as telas de arame galvanizado revestidas com PVC e de aço inoxidável constituem os materiais mais utilizados na montagem de tanques-rede, existindo ainda telas de fios de alumínio, de plástico ou de nylon multifilamento. O tamanho da malha é crítico: 12 mm é considerado o padrão mínimo, pois é pequeno o suficiente para reter juvenis de 20 g e grande o suficiente para permitir a renovação de água. É fundamental que os tanques se mantenham nas posições definidas e que, mesmo com ventos e correntes mais fortes, não se soltem das linhas principais (Huguenin e Ansuini, 1978; Geffen, 1979; Castagnolli e Torrieri Junior, 1980; McGinty, 1991; Balarin e Haller, 1982; Cyrino e Conte, 2001).

2.2. Interrelação entre os índices zootécnicos e influência do ambiente na produtividade

A rentabilidade do empreendimento aquícola está ligada a eficiência de produção, que se refere ao desempenho “biológico” do sistema. Muitos são os parâmetros necessários para correta avaliação do resultado econômico em aquicultura e monitorar a eficiência do negócio começa com a avaliação desses fatores (Engle, 2010; Ayroza et al., 2011).

Conversão alimentar é um dos principais índices relacionados à rentabilidade econômica do negócio, uma vez que mais de 60% do custo de produção é referente às despesas com alimentação. Basicamente, o índice de conversão alimentar [CAA] é o peso da ração administrada ao longo da vida de um animal dividido pelo seu ganho de peso (acúmulo de biomassa). A conversão alimentar aparente, que considera a mortandade (e outras perdas de peixes durante o processo de produção) é uma das variáveis mais utilizadas para avaliação das produções comerciais (Forster e Hardy, 2001; Firetti e Sales, 2004; Fry et al., 2018; Jauncey, 1998).

A produção de peixes em tanques-rede é totalmente dependente da utilização de rações de alta qualidade, que contenham todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento e crescimento saudável dos peixes. A quantidade de alimento que os peixes consomem nos tanques-rede está relacionada principalmente com a temperatura da água e com seu peso médio. As práticas de alimentação podem variar muito, mas algumas recomendações básicas devem ser seguidas. É

desejável que 100% da ração administrada seja consumida pelos peixes dentro dos tanques-rede e em curto período de tempo, uma vez que as perdas interferem diretamente no índice de conversão alimentar aparente e, conseqüentemente, na economicidade do negócio. Os horários de alimentação devem ser estipulados com o objetivo de manter intervalos de alimentação entre duas e quatro horas, o que usualmente resulta em crescimento mais rápido, melhor índice de conversão alimentar e homogeneidade dos lotes. A alimentação excessiva deve ser evitada ao máximo. Uma das formas de monitorar se a ração está sendo oferecida em excesso é a constatação de ocorrência de sobras passado algum tempo da oferta do alimento e, por isso, determina-se um tempo máximo de ingestão. Os maiores problemas decorrentes de distúrbios nutricionais em piscicultura intensiva são relativos às deficiências em vitaminas, que são compostos instáveis e sujeitos à degradação tanto no processamento como no armazenamento das rações. Por isso, deve-se preferencialmente manter o estoque de ração para ser usado no intervalo de quatro a seis semanas, além de armazenar o alimento em local seco, ventilado, sombreado e fresco (Tacon, 1992; Borghetti e Canzi, 1993; Schmittou, 1997; Ang e Petrell, 2007; NRC, 2011).

De acordo Schmittou (1997), maiores densidades de estocagem podem resultar em maior perda do alimento, que pode ser “jogado” para fora dos tanques-rede pela movimentação dos peixes na hora da alimentação. Ainda segundo Schmittou (1997), quando a densidade de estocagem é superior a 150 kg m^{-3} nem todos os peixes têm acesso à ração durante as refeições, caso em que é comum que 3 a 5 % dos peixes tenham crescimento reduzido ou mesmo nulo ao final do ciclo de produção. A conversão alimentar também é significativamente influenciada pela densidade de estocagem, como relatado por Ridha (2006) avaliando o desempenho de três linhagens de tilápia em sistema de recirculação: na densidade mais alta ($200 \text{ peixes m}^{-3}$) a conversão alimentar foi 10,7% pior que a densidade mais baixa ($125 \text{ peixes m}^{-3}$). Essa diferença em conversão alimentar foi atribuída à menor taxa de crescimento na maior densidade de estocagem, possivelmente devido ao incremento do gasto energético como resultado da maior incidência de comportamento agonístico. Ridha (2006) relatou ainda que nas duas densidades trabalhadas as linhagens geneticamente melhoradas apresentaram melhor conversão alimentar.

Omasaki et al. (2017) avaliaram o(s) valor(es) econômico(s) de taxa de crescimento, consumo de ração, conversão alimentar, sobrevivência e uniformidade do estoque dois sistemas (modelos) de produção de tilápia: o primeiro com foco no aumento da taxa de alimentação e conseqüente encurtamento no ciclo de produção, o segundo baseado no controle estrito da conversão alimentar, reduzindo o custo do peixe em ração. Os autores relataram que peixes de crescimento mais rápido consomem mais oxigênio e, a menos que esse crescimento superior seja acompanhado por uma taxa de conversão alimentar aprimorada, ocorrerão limitações na disponibilidade de OD no

sistema, condicionando então o uso de densidades de estocagem mais baixas, confirmando assim a importância econômica da melhoria da conversão alimentar, independentemente dos modelos utilizados.

A incorporação ao ambiente dos resíduos orgânicos gerados pela alimentação dos peixes, fezes e excreção de metabólitos, sobras de ração e perdas de ração através das malhas dos tanques-rede são os principais fatores que podem ter impacto sobre a qualidade de água do reservatório. A eutrofização – aumento de matéria orgânica e, conseqüentemente, da comunidade planctônica em um ambiente aquático – depende de vários fatores, entre os quais da capacidade do ambiente local em assimilar e reciclar esta matéria orgânica. O aumento da carga orgânica é considerado enriquecimento do ambiente, mas a emissão não controlada de resíduos simplesmente é considerada poluição orgânica, logo, danosa ao meio. Os impactos de restos de comida não consumidos, resíduos fecais e nitrogenados dependem da magnitude e qualidade dos resíduos e da magnitude e qualidade do corpo d'água receptor. Aumentos nos níveis de nutrientes (hipernutrição) e concomitantes alterações na estrutura e função da comunidade planctônica (eutrofização) na coluna de água foram claramente demonstrados em sistemas de produção de peixes de água doce em tanques-rede (Beveridge, 1984; Beveridge et al. 1994; Schmittou, 1997).

É fundamental que se possa prever e medir a capacidade de uma área alojar uma unidade de produção de peixes, ou seja, determinar a capacidade de sustentação de um sistema, um importante conceito para o gerenciamento da produção que permite definir limites e impactos ecológicos da produção aquícola. Este limite pode ser interpretado como uma definição funcional de capacidade de sustentação: o limite superior de biomassa que pode ser sustentado (produzido) pela produção primária do ecossistema dentro de uma estrutura de rede alimentar variável é alcançado quando a respiração total do sistema é igual à soma da produção primária e da importação de detritos. Os limites para a produção de peixes no sistema devem considerar a produtividade dos animais por volume de tanque-rede e por área (volume) do ambiente aquático onde os tanques serão instalados. Em geral considera-se o “intervalo” de densidade de estocagem entre 50 e 150 kg de peixes m^{-3} de tanque-rede como limite tecnicamente viável. Em relação ao ambiente, geralmente em cada hectare designado para instalação dos tanques-rede, recomenda-se que a produção não ultrapasse um acúmulo de biomassa de 20 t. Para aumento da produção, é recomendável buscar uma maior área para “diluição” do impacto dos possíveis efluentes, mas em função do acúmulo de material orgânico ao longo do tempo, a biomassa não deve ultrapassar 60 t em 10 hectares (i.e., 6 t ha^{-1}). O crescimento da biomassa planctônica depende dos processos fotossintéticos. A partir do processo de fotossíntese, o fitoplâncton produz de 50 a 95% do oxigênio nos sistemas aquícolas, mas chega a consumir de 50 a 80% do oxigênio em processos respiratórios. Portanto um equilíbrio entre

fotossíntese e respiração é pré-requisito para a manutenção de uma constante composição química da água (Carro-Anzalotta e McGinty, 1986; Boyd, 2000; Cho et al., 1994; Christensen e Pauly, 1998; Byron e Costa-Pierce, 2013).

As principais ações para prevenir danos da piscicultura em tanques-rede ao ambiente são o manejo alimentar adequado, reduzindo as perdas de ração para o ambiente, utilização de ração de boa qualidade, com níveis de fósforo adequados e alta digestibilidade, respeito à capacidade de sustentação do reservatório como um todo e da área onde o projeto será instalado, posicionamento correto dos tanques-rede nos corpos d'água e monitoramento criterioso dos parâmetros de qualidade de água que possam indicar modificações no ambiente. Os peixes confinados em tanques-rede não têm como se deslocar para locais de melhor qualidade da água; assim sendo, o respeito aos limites do sistema é de fundamental importância para o sucesso deste sistema de criação (Ballarin e Haller, 1982; Beveridge, 1996).

Levando-se em conta a interatividade do sistema de produção em tanques-rede com o ambiente, é fundamental a utilização de conceitos econômicos como a capacidade de sustentação (CS), biomassa econômica (BE) e biomassa crítica (BC), para avaliação da máxima lucratividade. CS é a biomassa máxima que o sistema de produção suporta, BE é aquela que maximiza o retorno do sistema e BC é o ponto de máximo ganho de peso em função da biomassa. Pode-se obter a BE a partir da função de produção biomassa acumulada, em função da ração consumida, como demonstrado de forma hipotética na Figura 1. Há incrementos decrescentes de biomassa à medida que o consumo acumulado de ração aumenta, com maior incremento nos custos de produção à medida que os peixes crescem (Springborn et al., 1992; Jolly e Clonts, 1993; Conte et al., 2008; Sonoda, 2002).

Figura 1 - Curva hipotética da evolução da biomassa acumulada em função do consumo de ração, adaptado de informações de Hephher (1978), Hephher e Pruginin (1981) e Jolly e Clonts (1993).

A produção total de peixes estocados aumenta até um limite máximo e então começa a diminuir como resultado de mortalidade contínua e diminuição na taxa de crescimento com a idade. Biologicamente, o momento ideal para a despesca pode ser definido como o momento em que a biomassa (número de peixes e peso dos peixes) está no valor máximo. No entanto, esse momento biológico ótimo de despesca não considera determinados aspectos da economia na produção dos peixes. O momento de despesca economicamente ideal ocorre quando o lucro da produção dos peixes vendidos no mercado – preço do peixe multiplicado pelo rendimento do peixe menos o custo de produção do peixe – está no valor máximo (Springborn et al., 1992).

2.3. Estratégia, planejamento e economia de produção

A recente e gradativa mudança de comportamento dos produtores tem resultado em maior profissionalização do setor. Um empreendimento aquícola será economicamente viável se permitir a produção e comercialização de pescado a custo competitivo com outras fontes de proteína animal e com um lucro razoável. Mas aquicultura é um negócio complexo, tanto tecnicamente quanto economicamente. O desempenho de uma operação de aquicultura é afetado por grande variedade de fatores ambientais, técnicos e econômicos, e.g. clima, infraestrutura, qualidade da água, qualidade do solo, qualidade e preço dos alevinos, crescimento dos peixes, qualidade da ração, taxa de conversão alimentar, infraestrutura, preço da ração, custo da mão de obra, preços de outros insumos, preço do pescado e regulamentações. Os produtores podem não ter muito controle sobre fatores como clima, infraestrutura, condições de mercado e regulamentações, mas podem melhorar o desempenho dos seus negócios com boas práticas de aquicultura e melhores planos de negócios e operação (Cai et al., 2018).

Diversos outros fatores determinam o desenvolvimento (e consequentemente o sucesso) do negócio aquicultura: demanda de mercado constante e com altos preços para as espécies selecionadas; ambiente com disponibilidade de água com qualidade adequada (influenciada pelos impactos ambientais, conflitos ou sinergias com outros usuários desse recurso); infraestrutura e logística adequadas e acesso à energia, às comunicações, aos principais mercados, a um bom sistema de informações e estrutura de apoio técnico-científico; capacidade técnica para adoção e estabelecimento de técnicas emergentes para as diversas atividades relacionadas à produção, além de melhorias nos sistemas tradicionais e avaliação de oportunidades de integração com outras atividades e setores; investimento privado local, nacional e regional, comercial e institucional; incentivos e apoio para desenvolvimento e pesquisa técnica; recursos humanos, núcleo inicial de habilidades técnicas primárias, desenvolvido através de empresas pioneiras e centros de desenvolvimento, aumentando o nível de habilidades gerenciais nos grupos relevantes; sistema

institucional com ambiente positivo e proativo, fornecendo insumos estratégicos de pesquisa adaptadas às necessidades da indústria e desenvolvimento dos sistemas legais e regulatórios. Um passo importante para iniciar um projeto de aquicultura é desenvolver uma avaliação correta dos recursos necessários para o negócio. São considerados relevantes para avaliação e monitoramento os fatores considerados no Quadro 2 (Scorvo Filho et al. 2008; Helfrich e Garling, 2009; Bostock et al., 2010; Scorvo Filho et al., 2010; Cai et al., 2018).

Quadro 2 - Principais fatores a serem considerados na avaliação da economicidade da produção (modificado e adaptado de Helfrich e Garling, 2009.)

1. Custos do Sistema
1.1. Investimento em instalações
1.1.1. Terra (estrutura de produção/ viveiros, raceways, poços)
1.1.2. Prédios e equipamentos (tanques, filtros, bombas)
1.1.3. Fontes de energia (elétrica, solar, fóssil)
1.2. Manutenção
1.3. Depreciação
1.4. Taxas
1.5. Custo do capital investido
2. Custos de Produção
2.1. Estoque de peixes (reprodutores, ovos, larvas)
2.2. Produtos químicos (fertilizantes, medicamentos)
2.3. Ração
2.4. Mão de obra
2.5. Bombas, aeradores, aquecedores, oxigenadores
2.6. Combustível (operação e transporte)
2.7. Suprimentos (miscelânea)
2.8. Despesa
2.8.1. Equipamentos (tratores, redes, lifters)
2.8.2. Mão de obra
2.8.3. Equipamentos para transporte

Não há modelo – pacote tecnológico – definido quando se discute planejamento em aquicultura. Existe lógica por trás dos processos de planejamento e há teorias e experiências a partir das quais os envolvidos no estabelecimento dos projetos e políticas de desenvolvimento devem aprender ou buscar inspiração, com um grau de adaptação adequado. Cada abordagem pode ser um pouco diferente, dependendo do contexto e prioridades, e os processos e mecanismos de execução precisam ser flexíveis e adaptáveis aos diferentes contextos culturais, setoriais e temporais. É fundamental a coerência nas etapas do planejamento (da formulação de políticas à execução, através da elaboração de uma estratégia e de um plano de ação), reconhecer a importância da interdisciplinaridade, da colaboração institucional e necessidade de desenvolvimento de

capacidades, sublinhada pela participação, para garantir a solidez dos processos de formulação e desenvolvimento, que ecoam os conteúdos que foram delineados por especialistas, para orientações técnicas sobre a melhoria da formulação e execução de estratégias para o desenvolvimento do negócio. As abordagens e os instrumentos escolhidos para apoiar o desenvolvimento do negócio precisam ser incorporados nos princípios da boa governança e levar em conta as interações com outros setores (Brugère et al., 2010).

Todo o desenvolvimento do setor relaciona-se à evolução da cadeia produtiva. Os elos produtivos devem ser planejados no conjunto da cadeia, pois a verticalização da produção até a comercialização contribui para melhorar a rastreabilidade e a qualidade do produto, reduzindo custos e adicionando valor ao produto final (Schulter e Vieira Filho, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do sistema de produção analisado

3.1.1. Local de Instalação

O projeto está localizado no reservatório de Serra da Mesa na cidade de Niquelândia, GO, área de 46.154,55 m², compreendida no polígono que se inicia no vértice T1, 48°29'11,4" W e 14°06'38,4" S, seguindo por 198,06 m até o vértice T2, 48°29'06.3" W e 14°06'34.3" S, convergindo à direita e seguindo por 233,03 m até o vértice T3, 48°29'01.4" W e 14°06'40.2" S, convergindo à direita e seguindo por 198,06 m até vértice T4, 48°29'06.5" W, 14°06'44,3" S, convergindo à direita e seguindo por 233,03 m até o vértice T1. O projeto conta com três vias de acesso partindo das rodovias estaduais GO-534 e GO-237 e estendendo-se por aproximadamente 30 km de estrada em terra.

3.1.2. Posicionamento, distribuição e características dos tanques-rede

Reservatórios não poluídos e de baixa produtividade primária, com água clara ou levemente verde de plâncton e sem a predominância de sólidos em suspensão, caso do reservatório de Serra da Mesa, são preferidos para a criação de peixes. As análises de qualidade de água do reservatório demonstraram que o local era propício à montagem de projeto de produção em tanques-rede, possuindo bom fluxo de água e possibilitando espaçamento adequado. O comportamento dos ventos e correntezas predominantes e a flutuação no nível da água no reservatório foram considerados na escolha do local para a instalação do projeto, priorizando áreas protegidas, mas com boa circulação da água e o posicionamento dos tanques-rede foi definido por dois fatores principais: o acesso às estruturas (com o objetivo de facilitar o manejo) e a manutenção da qualidade da água em seu interior.

O espaçamento dos tanques-rede observa pelo menos uma vez o comprimento do próprio tanque. Um espaço mínimo de 6,0 m separa o fundo dos tanques-rede do fundo do reservatório, seguindo a disposição em linhas paralelas com distanciamento mínimo de 20 metros entre linhas, mas perpendiculares ao fluxo de água e aos ventos predominantes. (Figura 2). Para flutuação são utilizadas boias de PVC, azuis ou amarelas, reflexivas, atendendo exigências da Marinha do Brasil. Uma linha de boias amarelas, também reflexivas, delimita a área de concessão para produção. Todos os tanques são cobertos com tela para evitar a fuga dos peixes (principalmente quando os ventos geram ondas que passam através da estrutura), predação e dificultar roubos.

Figura 2 - Disposição em linha dos tanques-rede na área de produção.

As estruturas são fundeadas com cordas de nylon multifilamento de 1", e duas poitas de 500 kg para cada conjunto de dez estruturas. As poitas são demarcadas e amarradas em boias flutuantes, para facilitar sua localização e movimentação quando necessário. Os comedouros estendem-se por pelo menos 60 cm abaixo e 20 cm acima da superfície da água. São confeccionados em tela multifilamento revestida de PVC, apresentam área superficial mínima equivalente a 60-70% da área superficial do tanque-rede e suas laterais são afastadas da tela do tanque de modo a permitir o livre acesso dos peixes e a permanência da ração no seu interior.

Em 2016 o sistema de produção era operado a partir do uso de tanques-rede metálicos, com telas galvanizadas revestidas de PVC, sendo 200 tanques de 4,0 x 4,0 x 2,5 m para terminação (engorda), 184 tanques de 3,0 x 2,5 x 2,0 m e 25 tanques de 4,0 x 4,0 x 2,5 m para crescimento (pré-engorda), e 40 tanques de 3,0 x 2,5 x 2,0 m para recria, além de nove tanques de 3,0 x 2,5 x 2,0 m para estocagem de reprodutores. Nos tanques de crescimento e terminação é utilizada malha de 24 mm de abertura e nos tanques de recria, malha de 12 mm de abertura. A partir de 2018 optou-se pela aquisição e uso de 40 tanques-rede com dimensões 6,0 x 6,0 x 2,5 m com o objetivo de redução do investimento por metragem quadrada dos tanques-rede e maior eficiência na utilização de mão de obra para despesca e alimentação.

3.1.3. Descrição da infraestrutura associada

3.1.3.1. Benfeitorias e estruturas de apoio flutuantes

A propriedade conta com uma plataforma flutuante ligada à margem, coberta, com área de 100 m^2 , utilizada como base de armazenamento de ração e escritório. A despesca é realizada através de “peixoduto” e para estacionamento das embarcações de manejo e alimentação, há uma plataforma coberta de 64 m^2 com passarela ligada à margem. As atividades de vacinação e classificação dos peixes são feitas em uma plataforma coberta com área de 100 m^2 e a inspeção, lavagem e higienização das telas é feita em outra plataforma coberta com área de 80 m^2 . Todas as estruturas são construídas em ferro galvanizado, pintadas com tinta antiferrugem e possuem madeiramento com tratamento para aumentar sua durabilidade na água. O sistema de flutuação das plataformas é construído em tambores plásticos de 200 L (bombonas), previamente lavadas e higienizadas (Figura 3).

Figura 3 - Vista geral dos tanques-rede e plataforma base de armazenamento de ração e despesca (A), plataforma de inspeção e higienização dos tanques (B), plataforma de classificação e vacinação (C).

3.1.3.2. Benfeitorias e estruturas de apoio em terra

A propriedade conta com sede administrativa com escritório, refeitório, almoxarifado, área de lazer e sala de manutenção, com área aproximada de 800 m^2 , bem como quatro alojamentos para funcionários e visitantes, posto de combustível, estrutura de geração auxiliar de energia elétrica

e estacionamento. O frigorífico, com área de 1.000 m², é situado no prédio principal e conta com estrutura para apoio administrativo, fábrica de gelo, oito tanques de depuração e poço artesiano individual. A unidade conta ainda com um galpão de área 200 m² para fabricação e estocagem de farinha e óleo de peixe derivados do processamento (Figura 4). A empresa conta com ônibus próprio para transporte dos seus 129 funcionários, além de quatro caminhões e duas vans para distribuição de seus produtos.

Figura 4 - Estrutura administrativa (A), frigorífico (B), fábrica de farinha e óleo de peixe (C) e posto de combustível (D).

3.1.3.3. Unidade de produção de formas jovens

A empresa conta com unidade de reprodução e produção de alevinos. Para a reprodução são utilizados seis viveiros escavados de área 1.000 m². A propriedade utiliza a metodologia de coleta de ovos da boca dos peixes e conta com laboratório/incubatório (200 m²) para eclosão e início do processo de inversão sexual das tilápias (pós-larvas). A primeira fase da alevinagem e finalização do processo de inversão sexual (alevinagem I) é realizada em três tanques com 15 m³ e três com 27 m³, construídos em vinil, utilizando sistema de recirculação de água (RAS). Para a fase final da alevinagem (alevinagem II) a empresa utiliza 23 viveiros escavados de área 1.000 m². Todos os tanques possuem entrada e saída de água individuais e aeração suplementar. As estruturas estão apresentadas na Figura 5, o fluxo do sistema de produção – ovos até alevinos – identificas pelas letras A a D.

Figura 5 - Viveiros de reprodução (A), laboratório de incubação (B), tanques de alevinagem I (C), viveiros de alevinagem II (D).

A unidade produz todos os alevinos necessários para seu negócio e comercializa o excedente para produtores da região em parceria com empresa de genética de tilápia. As vantagens estratégicas e logísticas dessa operação, como a diluição de custos em função da verticalização do sistema, estão consideradas nos cálculos financeiros do negócio. Para definição do preço do alevino (nas planilhas de resultados e simulações) optou-se sempre pela utilização do preço de comercialização (considerando o custo de oportunidade) de R\$ 150,00 por milheiro.

3.1.4. Descrição do processo de produção adotado

3.1.4.1. Modelo de produção

A unidade de produção avaliada utiliza o modelo trifásico de produção – recria, crescimento e terminação – buscando a otimização do espaço produtivo com animais de diferentes tamanhos em diferentes fases de produção crescendo ao mesmo tempo, de forma que a biomassa média nos tanques-rede esteja sempre próxima ao limite de capacidade de sustentação, com um mínimo de ociosidade. Na recria, os peixes entram na estrutura de produção como alevinos com 2,0 g de peso médio, são alojados na densidade de 200 animais m^{-3} e em cerca de 45 dias alcançam o peso médio de 40,0 g (estocagem de 3.000 animais por tanque, correspondendo à densidade final de 8,0 kg m^{-3}).

³), quando são classificados em três tamanhos/pesos (P1, P2 e P3) e vacinados, oportunidade em que os peixes muito abaixo da média de peso, deformados ou doentes são descartados. Na fase de crescimento (pré-engorda) os peixes provenientes da recria, com peso médio de 40 g, são alojados na densidade de 125 animais m^{-3} e após 80 dias, com peso médio de 300 g (alojamento de 1.700 animais por tanque de 15 m^{-3} , ou 6.000 animais por tanque de 40 m^{-3} , com densidade final média de 37,5 kg m^{-3}), sendo novamente classificados por tamanho/peso (P1, P2 e P3), oportunidade em que, novamente, os peixes muito abaixo da média de peso, deformados ou doentes são descartados.

Na terminação (engorda), os peixes provenientes da fase de crescimento são transferidos para os tanques-rede com peso médio de 300 g e aí permanecem até o momento da despesca por tempo variável em função da necessidade de retirada dos animais. No ano de 2016 o sistema de produção utilizava densidade máxima de 68 kg m^{-3} . Como explicado mais adiante, apesar da quantidade de animais por tanque-rede estar em conformidade com a capacidade de produção e sustentação local, foram ajustadas diferentes densidades ao longo do período estudado para otimização econômica do negócio.

3.1.4.2. Limpeza e manutenção dos tanques-rede

Após cada despesca, os tanques-rede são retirados da água, vistoriados (malhas, estrutura, flutuadores e comedouros) e devidamente limpos e higienizados antes de novo povoamento, evitando o acúmulo de organismos que prejudicam a circulação e a renovação adequada da água (colmatação). A vistoria é essencial para evitar a fuga de peixes, já que as maiores perdas ocorrem devido a rasgos ou descosturas nas redes, normalmente provocados pela movimentação das estruturas para classificação e despesca ou pela fadiga dos materiais utilizados. Em meados de 2018, para minimizar o escape de peixes, aproveitou-se do baixo nível da água no reservatório para limpeza dos caminhos por onde os tanques são transportados e foram definidas rotas de movimentação dos tanques-rede no local de produção. O material de confecção das telas foi modificado para aço inoxidável, que apesar do custo superior tem maior durabilidade. São utilizadas nos tanques-rede malhas com costuras duplas, adequadas e específicas para cada fase de produção. Todos os tanques-rede têm borda elevada (0,30 m) acima do nível da água.

3.1.4.3. Alimentação dos peixes nos tanques-rede e qualidade da ração

Os peixes são alimentados com produtos específicos para cada etapa/fase do ciclo de produção, sete dias por semana, obedecendo ao esquema de manejo alimentar definido com base na variação da temperatura da água e consumo alimentar voluntário por fase de vida (porte) (Tabela 1) (Creswell et al., 1993; Jauncey, 1998) com rações extrudadas e flutuantes com 29 a 42 % de

proteína digestível e 6 a 7 % de extrato etéreo, variações definidas em função do porte dos peixes. As rações são suplementadas com pré-misturas vitamínicas e minerais completas e nível de vitamina C mínimo de 300 mg kg⁻¹ de alimento e fósforo (P) com níveis de 1 a 1,2 %.

Tabela 1 - Esquema de manejo alimentar em cada fase de produção.

Fase de produção	Temperatura da água	Taxa de alimentação	Horários de alimentação	Tempo máximo para consumo do alimento
	°C	% PV [§]		
Recria	> 24	5 a 10	7h00m, 9h00m, 11h00m, 14h00m, 16h00m e 18h00m	20 minutos
	< 24	4 a 8	9h00m, 12h00m e 16h00m	20 minutos
Crescimento	> 24	4 a 5	8h00m, 10h00m, 12h00m e 16h00m	15 minutos
	< 24	3 a 4	9h00m, 12h00m e 16h00m	15 minutos
Terminação	> 24	1 a 4	8h00m, 10h00m, 12h00m e 16h00m	10 minutos
	< 24	1 a 3	9h00m, 12h00m e 16h00m	10 minutos

[§] PV = peso vivo estocado

3.1.4.4. Sanidade e bem-estar dos peixes

Todos os peixes são classificados e vacinados por equipe especificamente treinada. Todas as práticas de manejo são feitas sob sedação dos animais para redução do estresse e garantia de bem-estar, e adição de sal à água para amenizar as perdas de eletrólitos para o ambiente, além de estimular a produção de muco, cobrindo mais rapidamente possíveis lesões causadas pelo manejo. O processo é feito do modo mais rápido possível, mantendo nível de OD adequado no período de temperatura mais elevada, mas ao mesmo tempo com precisão. A retirada dos peixes dos tanques-rede para a mesa de classificação é manual, tomando-se o cuidado de definir, em função do peso dos animais, o limite a que pode ser carregado no puçá. O manejo de cada tanque-rede é sempre finalizado no mesmo dia em que foi iniciado, mas na impossibilidade de cumprir o cronograma, a rede do tanque é aliviada para não deixar os peixes concentrados por muito tempo.

3.1.4.5. Despesca

Os tanques pré-selecionados para despesca são transportados até a balsa de despesca onde são ligados a uma unidade de elevação mecânica de peixes (“peixoduto”) até uma estrutura de recepção, ligada a um sistema de tubulação que transporta os peixes por gravidade até os caminhões-tanques de transporte e conseqüentemente até o frigorífico, sem qualquer dano ou injúria aos animais. Mesmo que todo o processo dure menos que 40 minutos, as caixas de transporte são resfriadas com gelo, mantendo temperatura em torno de 16 °C para redução de metabolismo e garantia bem-estar dos animais. Uma vez desembarcados na unidade de processamento, os animais são transferidos para tanques de recepção, com água corrente, temperatura reduzida e sopradores de ar para que se mantenham em ambiente de boa qualidade até o abate. O processo de abate é executado de modos a preservar as reservas energéticas do animal, retardando a entrada do pescado em *rigor mortis* e conseqüentemente prolongando a vida útil do produto. No caso de detecção de “off flavor” na carne dos peixes através de testes específicos para essa característica feitos por amostragem antes da entrada na linha de processamento, o lote de peixes é mantido por 24 horas nos tanques de recepção até que o sabor e odor estejam dentro dos critérios estipulados. Os lotes são inspecionados durante todo o processo de despesca até o momento de abate com conseqüente descarte dos peixes que chegam mortos à unidade, que não estejam no tamanho adequado, que estejam doentes ou que apresentem avarias e defeitos. Todas as ocorrências são registradas em planilha específica para avaliação da eficiência do processo e da qualidade do produto final.

3.1.4.6. Mitigação de impactos ambientais

A unidade de produção utiliza ração extrudada para sistemas superintensivos, produzida por fábricas registradas no Ministério da Agricultura e com reconhecido padrão de qualidade. São utilizadas dietas de alta digestibilidade e conversão alimentar esperada de 1,3~1,7:1,0 (média registrada de 1,5:1,0), adicionadas aos tanques dentro de anéis de contenção de ração. O manejo alimentar é controlado através de aplicativo específico, com ajuste das quantidades administradas a cada alimentação. Além disso, como já mencionado, é feito manejo específico para cada fase de do processo de produção: tamanho de grânulos ajustados ao tamanho dos peixes; frequência alimentar ajustada ao tamanho dos peixes, hora da alimentação e características climatológicas do dia e volume do tanque rede, o que propicia a melhor taxa de ingestão dos grânulos pelos peixes confinados.

Em relação às técnicas de contingenciamento para controle de pragas e doenças, foram implantadas normas de controle sanitário e análise de pontos críticos de controle, além das normas

de boas práticas de manejo – “Best Management Practices” [BMP]. Além disso, como descrito, o empreendimento conta com produção própria de alevinos em tanques e viveiros em terra junto aos tanques-rede, e com o uso de água do mesmo reservatório, em recirculação forçada, evitando assim a introdução de novos patógenos no ambiente.

3.2. Coleta e avaliação dos dados zootécnicos da propriedade

Em setembro de 2016 foi iniciado programa de melhoramento contínuo na empresa, com o objetivo de ajustar procedimentos de produção para que fossem alcançados índices zootécnicos compatíveis com a estrutura existente e, dessa forma, melhorar a rentabilidade do negócio como um todo. A primeira etapa foi o levantamento das informações e dados operacionais da produção e processamento, que serviriam como base para o diagnóstico do negócio e posteriores ajustes. Para tanto, de outubro a dezembro de 2016, todos os dados disponíveis e confiáveis foram analisados – índices de produção, informações contábeis, registros (notas fiscais) de compras de insumos e equipamentos, recibos de vendas, informações de pagamentos de funcionários e serviços etc. Além dos índices zootécnicos pertinentes, foram levantados todos os itens utilizados no processo de produção, assim como valores referentes ao investimento total nas estruturas de produção e processamento (base para determinação de depreciação e custo do capital sobre investimento) e o valor total imobilizado em custos e despesas da operação (base para determinação do custo sobre capital operacional). Dessa forma, foi possível determinar o custo operacional efetivo (COE), o custo operacional total (COT) e o custo total de produção (CTP).

Os índices escolhidos para levantamento inicial da propriedade foram os que constituem a base de uma boa eficiência operacional: sobrevivência, peso de abate, densidade de estocagem, conversão alimentar, ciclo de produção, preço médio da ração, custo médio por hora trabalhada e número de funcionários. Como explicado e comprovado adiante, cada um destes fatores interfere direta e indiretamente nos resultados, através de suas sinergias.

Os dados obtidos foram inseridos em uma tabela dinâmica (Microsoft Excel®) e comparados com as informações disponíveis na literatura e com os índices de propriedades com condições de operação semelhantes. Foram feitas simulações para avaliação dos resultados das modificações sugeridas na rentabilidade. Para essas simulações, algumas informações foram pré-determinadas em função das particularidades locais, do momento de produção, do histórico da propriedade e do “benchmark” com empresas semelhantes. A remuneração sobre o capital investido e operacional foi fixada em 10 % a.a., as despesas com manutenção em 5,0 % a.a. e as despesas gerais em 2,5% a.a. (sobre o valor de investimento em infraestrutura de produção). Para avaliação dos resultados,

nos casos em que houve diferenças entre os números reais e os pré-estipulados, foram utilizados os valores reais.

Mensalmente, os principais índices eram analisados quanto a sua influência nos resultados zootécnicos, rentabilidade do negócio e capacidade de execução. As informações coletadas eram interpretadas e proporcionavam uma visão específica do impacto de cada modificação de procedimento na economicidade do projeto, permitindo ajustes em tempo real. As metas eram traçadas em função de seus impactos e divididas em etapas progressivas. Semestralmente, em função do tempo médio da safra de produção da tilápia, os dados foram comparados e as estratégias macro revisadas, com novas metas específicas sendo traçadas para cada período subsequente.

3.3. Análises e simulações econômicas

Os ganhos econômicos alcançados com as modificações implantadas nos anos de 2017 e 2018 foram estimados através da comparação entre os resultados zootécnicos e seus respectivos impactos sobre a rentabilidade do projeto nos diferentes anos de produção. Para o desempenho dos animais produzidos foram consideradas as seguintes variáveis (Cho et al. 1994; Deng et al. 2011): ganho de peso (GP; g) = (peso final) – (peso inicial); consumo de ração (g); conversão alimentar aparente (CAA) = consumo de ração (g) ÷ ganho de peso (g); sobrevivência (SOB; %) = [(número final de peixes estocados ÷ número inicial de peixes estocados) x 100]; taxa de eficiência de aplicação de vacina (TEAV; %) = [(número de peixes com vacina ÷ número de peixes vacinados) x 100]. Para definição do ponto ideal de abate, os parâmetros econômicos foram avaliados com a adaptação dos índices propostos por Martínez-Llorens et al. (2007): taxa de eficiência econômica em ganho de peso (TEC_{GP}) = consumo total de ração (kg) × custo da ração (kg) ÷ ganho de peso (kg); taxa de eficiência econômica em produção de filé (TEC_{RF}) = consumo total de ração (kg) × custo da ração (kg) ÷ produção de filé (kg); índice de lucratividade econômica em ganho de peso (ILE_{GP}) = peso final (kg) × preço do peixe (kg) – TEC_{GP} × ganho de peso (kg); índice de lucratividade econômica em produção de filé (ILE_{RF}) = peso final (kg) × preço do filé (R\$) – TEC_{RF} × produção de filé (kg).

Para avaliação econômica do negócio, assim como simulações de resultados em função de variações de índices de produção, foi utilizada planilha dinâmica desenvolvida em Microsoft Office Excel® considerando os itens mencionados pelos autores supracitados, e a metodologia de custos de produção de Matsunaga et al. (1976), com os ajustes necessários para o modelo de criação de tilápias em tanques-rede. Originalmente a planilha foi utilizada em Carneiro et al. (1999) e modificada para atender a dinâmica dos projetos atuais de produção de pescado. Na planilha, os dados são interligados de forma que a modificação de cada índice possibilita a interação com os

outros parâmetros, interferindo no resultado do negócio. No Anexo A é apresentado o formato da planilha e, como exemplo, as informações referentes ao ano de 2016 deste estudo de caso.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Comparação de dados e projeções

4.1.1. Resultados de 2016

O correto entendimento e interpretação das informações é etapa fundamental para o ajuste da estratégia de melhoria do negócio. A interação entre os diferentes fatores analisados é a chave para a correta determinação do plano a ser seguido. No diagnóstico inicial, i.e., no levantamento dos dados e cálculo do custo total de produção para o ano de 2016 (Tabela 2), alguns índices claramente estavam fora dos valores necessários para conferir rentabilidade adequada ao negócio e mereciam atenção: sobrevivência, conversão alimentar, ciclo de produção, mão de obra e, conseqüentemente, custo de produção (acima do preço de venda do kg de tilápia no mercado).

Tabela 2 - Dados obtidos no levantamento preliminar de informações deste estudo de caso (valores médios do ano de 2016).

Ano	2016
Sobrevivência (%)	65,0
Peso de abate (kg)	0,85
Densidade final de estocagem (kg m ⁻³)	68,0
Conversão alimentar aparente	1,75
Ciclo de produção (dias)	210
Preço médio (R\$ kg ⁻¹ ração) [‡]	1,87
Mão de obra (R\$ hora ⁻¹ dia ⁻¹)	12,35
Número de funcionários	15
Custo do kg do peixe (R\$) [¶]	5,43

[¶] Custo total de produção (CTP)

[‡] Preço médio do programa alimentar considerando os preços das rações em cada fase da criação e suas proporções de utilização; exemplo do cálculo do índice apresentado na Tabela 5.

Sobrevivência, densidade de estocagem e peso de abate: Constatou-se que a baixa sobrevivência (ou nesse caso, quantidade de peixes retirados dos tanques-rede em relação a quantidade estocada, ou seja, aproveitamento) era devida a dois principais gargalos: fuga de peixes no momento da despesca e enfermidades (provavelmente de origem bacteriana) no final do ciclo de produção. As ações necessárias para minimizar os problemas teriam impacto em curto e médio prazo. No primeiro caso, detectou-se que durante o transporte dos peixes para a balsa de despesca, tanques com problemas estruturais se rompiam e os peixes escapavam. Para sanar o problema, todos os tanques foram revisados ainda dentro da água e os mais frágeis foram envoltos com rede

multifilamento no momento de transporte até a balsa. Após despesca, todos os tanques eram revisados, reforçados e, em alguns casos, descartados. A medida teve resultado em curto prazo.

Em relação ao problema de mortandade por doenças, a solução era mais complexa e as medidas que deveriam ser tomadas só teriam resultados em médio prazo. Foi avaliado que, apesar da propriedade vacinar todos os animais estocados no sistema de produção, a taxa de eficiência da aplicação da vacina (avaliação feita através de necropsia para determinação do percentual de animais vacinados que efetivamente tinham a vacina) era inferior a 50 %. Além disso, após quatro anos de produção no local e redução do volume de água do reservatório (que naquele momento era de aproximadamente 18%), o ambiente não permitia a manutenção das densidades de estocagem originalmente planejadas.

A relação entre densidade de estocagem e taxa de mortandade em peixes é devidamente reconhecida e bastante estudada. Em trabalho publicado por Shoemaker et al. (2010), por exemplo, foi demonstrado que a densidade afeta significativamente a mortandade de tilápia infectada por exposição à imersão em *Streptococcus iniae*, com perdas de 4,8% em baixas densidades e 25,6% em densidades altas.

Além disso, densidade de estocagem é um dos pontos mais críticos do planejamento de produção. O objetivo deve ser sempre a otimização dos recursos e, para tanto, a avaliação da biomassa econômica é fundamental. Segundo Jolly e Clonts (1993), capacidade de sustentação é a biomassa máxima que um sistema de produção pode sustentar e biomassa econômica é o volume de peixes que maximiza o resultado do sistema de produção. Existem alguns pontos adicionais a serem considerados sobre esse assunto. Primeiramente, como discutido por Sonoda et al. (2016), para que os peixes atinjam tamanho maior é necessário adotar um ciclo de produção mais longo, o que acarreta maiores custos de produção à medida que os peixes crescem e, conseqüentemente, um menor número de ciclos produção durante a vida útil de um particular projeto ou sistema.

A determinação do peso econômico ideal para retirada dos peixes da água é um problema complexo. Cacho et al. (1991) determinaram que a trajetória de alimentação minimizadora de custos difere da trajetória de maximização de crescimento, tanto em termos de quantidade total de alimento quanto de padrão de alimentação; seguindo uma trajetória ótima em comparação com a maximização do crescimento, o lucro de uma operação pode ser aumentado em até 27 %. Ainda segundo Cacho et al. (1991), as diferenças sugerem vantagens significativas de lucro para os produtores que buscam otimização econômica e não biológica. Apesar disso, as diferenças entre a otimização biológica e econômica diminuem à medida que aumenta o peso de despesca do peixe. Assim, o erro decorrente da alimentação do peixe à saciedade (como seria necessário para a maximização do crescimento) pode se tornar menos importante se os processadores preferirem

peixes maiores. É fato que a tilápia tem piora significativa em sua conversão alimentar (biológica) com consequentemente aumento no seu custo de produção ao longo do ciclo (Ballarin e Haller, 1982; Carneiro et al., 1999; Conte et al., 2008). Além disso, considerando também o ciclo de produção, quanto mais tempo o peixe permanece na água, menos ciclos serão realizados, resultando em menor giro do negócio e menor rentabilidade (caso não haja diferença significativa no preço de venda do peixe ou filé). Porém, há ainda outros pontos a serem considerados.

No caso do rendimento máximo no frigorífico, há que se pensar na produtividade dos funcionários na linha de processamento, na diferença de rendimento de carcaça entre peixes de diferentes tamanhos e nos possíveis ganhos (ou perdas) com produção de filés de maior tamanho. No caso da produtividade de funcionários, por exemplo, como regra geral quanto maior o peso médio dos peixes, mais quilogramas de peixe os funcionários conseguem processar por unidade de tempo. Suponha-se que uma unidade de processamento tem no seu quadro de funcionários colaboradores que filetam em média 10 animais por minuto. Em um dia normal de trabalho, esses funcionários conseguem filetar cerca de 3.600 animais *per capita*. Então, é fácil entender que peso que os peixes têm na entrada do frigorífico influencia diretamente a produção do negócio. Se os peixes entram na linha de processamento com peso 0,8 kg, o resultado esperado é de 2.880 kg de peixes processados por funcionário por turno; mas se os peixes entram na linha de processamento com peso de 1,2 kg, os mesmos funcionários conseguem processar 4.320 kg de peixes *per capita* em um turno.

O peso médio de 0,85 kg em que operava o frigorífico da unidade, apesar de comercialmente aceitável para produção de filés, limitava a produtividade do frigorífico. Com peso médio de 1,00 kg, a capacidade seria aumentada em mais de 17 %, diluindo custos fixos e operacionais no frigorífico. Além disso, havia ainda a questão da heterogeneidade do peso dos peixes no momento da despesca. Num lote com peso médio 0,85 kg podem existir animais com peso abaixo do mínimo recomendado para processamento, aumentando os descartes e reduzindo o rendimento, o que afeta diretamente a rentabilidade e, portanto, influencia as recomendações para ótima gestão do sistema (Gasca-Leyva et al. 2006 e Domínguez-May et al. 2011).

Há ainda a necessidade de reflexão sobre as expectativas da influência da maximização econômica do sistema sobre o ambiente onde os peixes serão produzidos. De acordo com Kazmierczak Jr. e Caffey (1996), em trabalho com tilápias em sistemas de recirculação, e a produção de peixes em tanques-rede segue a mesma lógica (ver Colt, 1991), a operação determina que os produtores armazenem seus sistemas em altas densidades para superar os custos fixos e variáveis mais elevados normalmente associados à operação. Enquanto níveis mais altos de proteína proporcionam crescimento mais rápido aos animais e por esse motivo são frequentemente

utilizados na indústria, o aumento dos custos da alimentação direta (custo mais alto do programa alimentar e do peso do peixe em ração) e dos custos indiretos (maiores gastos com energia para lidar com maior nível de excreção, concentração de metabólitos e variações na qualidade da água) acaba produzindo menores retornos. Ainda segundo os autores, à medida que os produtores intensificam o uso de recursos, o papel do monitoramento e gestão se torna crítico. Níveis mais altos de biomassa implicam margens mais restritas de erro na gestão do ambiente biofísico e a capacidade de gestão torna-se extremamente importante para o sucesso econômico das operações nos sistemas intensivos de criação.

Portanto, a deterioração da qualidade da água, seja em função do acúmulo de matéria orgânica ao longo dos ciclos de produção, seja pelo aumento da quantidade de peixes produzidos em um mesmo local, ou mesmo por alterações de parâmetros físico-químicos cíclicos do corpo de água onde se encontram os tanques, devem ser avaliadas no momento da decisão de estocagem dos peixes. Os ganhos proporcionais entre a manutenção dos peixes nos tanques, até que a biomassa econômica seja alcançada, e o tempo que um segundo lote estaria crescendo (no mesmo tempo), devem ser considerados. Na prática, antes dos peixes atingirem o porte considerado ideal em relação à economicidade da biomassa, ocorre aumento dos riscos de mortandade por doenças infecciosas do lote em questão e dos peixes que estão em outros lotes aguardando a liberação do espaço para sua utilização. O espaço de produção é limitado e concorrido entre os diversos lotes de produção que utilizarão o(s) tanque(s)-rede em questão.

Conversão alimentar e preço médio da ração: Conversão alimentar é tipicamente uma função custo-benefício. Existe grande disponibilidade de rações de boa qualidade no mercado, especificamente formuladas e processadas para determinados ambientes ou sistemas de produção e, dessa forma, com preços diferenciados. A definição do produto ou produtos que serão usados num sistema de produção deve ser baseada em uma avaliação do plano de alimentação proposto pelo fornecedor da ração considerando ainda os desafios específicos do local onde o peixe será produzido, já que a eficiência de aproveitamento dos alimentos está também direta ou indiretamente ligada a uma série de fatores, como densidade de estocagem, condições ambientais, genética, porte dos peixes, tamanho do tanque-rede, comportamento e sobrevivência. O preço da ração tem grande impacto sobre o custo de produção. Em simulação com tilápia em viveiros, Cai et al. (2018) relataram que aumento no preço da ração, mortandade ou redução no preço de venda do peixe são os componentes que mais impactam a rentabilidade do negócio aquícola. Aumento no custo de alevinos, mão de obra, aluguel, eletricidade ou gerenciamento da água têm impactos menores. O preço individual da ração deve sempre ser considerado em contrapartida ao benefício

que o produto ou programa alimentar pode oferecer. O sucesso de uma criação intensiva de peixes depende da utilização de rações de boa qualidade, uma vez que os peixes são dependentes do alimento “externo”. É fundamental que as rações sejam completas e contenham todos os nutrientes necessários para um desenvolvimento e crescimento saudáveis (Schmittou, 1997). Um produto de melhor qualidade, ou programa alimentar mais específico para uma dada estrutura, modelo ou momento de produção, pode significar maiores lucros para o produtor. Para avaliar o custo benefício comparado do produto que vinha sendo utilizado pelo sistema estudado naquele momento e as propostas de fábricas que poderiam atender a unidade de produção, foi realizada uma simulação de relação custo-benefício (Tabela 3), em que o programa A era a linha utilizada na propriedade no momento do início da avaliação e os programas B e C, as linhas com produtos potencialmente mais adequados para o sistema. O produto B, com desenho mais específico para as necessidades da propriedade, apesar do preço médio mais alto que o utilizado no momento do estudo, proporcionava, segundo informações dos fornecedores, melhor conversão alimentar e, assim, menor custo em ração por quilograma de peixe produzido (no mesmo período), ou seja, melhor relação custo-benefício. Diante dos resultados obtidos com os produtos trabalhados em 2016, e considerando os desafios e as novas premissas para 2017, foi recomendada a utilização de uma linha de produtos mais completa, popularmente denominada “premium”.

Tabela 3 - Comparação entre resultados do plano alimentar utilizado em 2016 (Programa A) com simulações de diferentes programas de alimentação (Produtos B e C).

Fase		Recria	Crescimento	Terminação	Custo médio do programa	CAA ^o média	Custo
Participação no programa (%)		7%	20%	73%			
----- R\$ -----							kg peixe kg ⁻¹ ração
Programa A	Preço	3,38	1,69	1,77	1,87	1,67	3,12
	Custo por fase	0,24	0,34	1,29			
Programa B	Preço	3,38	1,78	1,78	1,90	1,47	2,79
	Custo por fase	0,24	0,36	1,30			
Programa C	Preço	3,41	2,00	2,00	2,10	1,50	3,15
	Custo por fase	0,24	0,40	1,46			

^o conversão alimentar aparente

Ciclo de produção: O tempo em que o peixe permanece no sistema de produção é fator determinante para o sucesso econômico da produção, mas pouco considerado por grande parte dos produtores de peixe. Vera-Calderón e Ferreira (2004) compararam pequenas, médias e grandes unidades de produção de tilápias para determinação de custos e avaliação de economia de escala, considerando que como cada empreendimento tinha planejamento de produção diferente, era necessário fazer a análise comparada aos resultados de um ciclo de produção como padrão. Os autores determinaram que um dos fatores que influenciou a menor produção (e por isso os maiores custos) de um empreendimento “pequeno” foi o ciclo de produção mais longo (para produzir os peixes prontos para comercialização). Como exemplo simplista, uma piscigranja que tem ciclo de produção de quatro meses, terá uma produção 33% maior que uma piscigranja com ciclo de produção de seis meses. Ciclo de produção, entre outras coisas, é condicionado pelas densidades de estocagem. Densidades de estocagem corretas, que proporcionem conforto aos peixes e possibilitem manter a qualidade de água em padrões adequados, permitem que os peixes tenham melhores conversões alimentares e, conseqüentemente, ritmo de crescimento otimizado.

Mão de obra - custo médio por hora trabalhada e número de funcionários: Para Engle (2010), a mão de obra na aquicultura constitui um dos maiores custos de produção. Segundo a autora, nos Estados Unidos a mão de obra é o quinto maior custo na produção de bagre-do-canal, o segundo maior custo na produção de trutas, o quarto maior custo na produção de isca viva, terceiro maior custo em carcinicultura e o quarto maior custo na salmonicultura.

Para tilápia, os valores variam de acordo com o sistema utilizado. Em aquaponia, Bailey et al. (1997) relataram despesas com mão de obra como sendo o terceiro maior custo de produção, correspondendo a 15,8 % do custo total. Por sua vez, Souza e Leite (2016) relataram para sistemas de tanques-rede o custo de mão de obra atingindo 10,9% do custo operacional total da operação, sendo o segundo maior custo de produção. Por fim, em avaliação de produção de peixes em tanques-rede no sudeste do Brasil, e separando grupos de produtores em relação ao tamanho de suas unidades de produção, Costa et al. (2018) relataram valores médios de 8,56 % dos custos com mão de obra, sendo o segundo maior custo nas unidades médias de produção (2.706 a 2.790 m³ de tanques-rede em operação). Na maioria das unidades de produção eficientes de tilápia em tanques-rede, as despesas com mão de obra correspondem aproximadamente a 6~8% dos custos totais de produção (normalmente o segundo maior custo). Na avaliação realizada em 2016, as despesas com mão de obra atingiram cerca de 9 %, sendo, teoricamente, um indicativo de que as contas deste item estavam adequadas. Porém, uma avaliação mais criteriosa mostrou que na verdade a mão de obra não estava com valores proporcionais adequados, mas sim as demais

despesas é que estavam muito altas. Trazendo os números de produção para patamares aceitáveis, os custos de mão de obra deveriam estar em torno de 7%. Uma verificação mais aprofundada mostrou que o alto custo de funcionários por hora trabalhada era resultado, na verdade, da grande quantidade de horas extras que os funcionários executavam. Esse é um erro comum em várias unidades de produção. Na tentativa de reduzir custos, há diminuição no número de funcionários, que não conseguem realizar os serviços necessários dentro do turno regular de trabalho e por isso estendem seus turnos em horas-extras, prática que aumenta significativamente as despesas. Para uma avaliação correta, é fundamental a definição clara das funções e deveres de cada colaborador, com organograma bem definido. Não se deve esquecer também que erros cometidos pelos trabalhadores na unidade de produção podem ter efeitos substancialmente negativos no resultado do negócio.

4.1.2. Metas para 2017

O diagnóstico do negócio permitiu a definição de uma estratégia com metas claras nos ajustes dos índices de produção (Tabela 4). Decidiu-se reduzir a densidade final de estocagem, em uma primeira etapa, de 68 para 54 kg m⁻³ e elevar o peso médio de abate para 0,90 kg. O ajuste proposto nas densidades de estocagem da propriedade viria ter múltiplas sinergias, considerando as interações entre densidade de estocagem, sobrevivência, peso de abate, conversão alimentar e ciclo de produção. O aumento do peso médio de abate tinha o objetivo de aumentar a produtividade do frigorífico. De forma indireta, os ajustes tinham também o propósito de melhorar o ambiente de produção e minimizar os problemas de perdas por enfermidades. Em uma segunda etapa, com a expectativa de resultados mais condizentes com a realidade do negócio, a meta era elevar a densidade final de estocagem para 60 kg m⁻³ e o peso de abate para 1,00 kg, aumentando a produtividade e faturamento da unidade como um todo.

Tabela 4 - Metas traçadas para o ano de 2017.

Ano	2016	2017	
Semestre		1º	2º
Sobrevivência (%)	65,0	80,0	85,0
Peso de abate (kg)	0,85	0,90	1,00
Densidade final de estocagem (kg m ⁻³)	68,0	54,0	60,0
Conversão alimentar aparente	1,75	1,60	1,55
Ciclo de produção (dias)	210	180	180

A redução das densidades de estocagem foi realizada já na classificação dos peixes de 300 g (fase de crescimento para terminação), levando a melhores resultados nos índices zootécnicos nas despensas do primeiro semestre. Em adição, foi feito treinamento da equipe de vacinação bem

como alteração nas práticas de aplicação das vacinas visando melhores taxas de eficiência de vacinação e consequentemente melhores resultados no segundo semestre de 2017.

Em análise pontual comparativa ao primeiro semestre, o aumento (simulado) da sobrevivência de 65 para 80 % levaria à redução do custo de produção em 6,88 % – de R\$ 5,43 para R\$ 5,06. As ações executadas, i.e., treinamento de equipe de vacinação e redução de densidades, teriam resultados em médio prazo. Em relação à conversão alimentar, a simulação mostrava uma redução do custo de produção na ordem de 5,42 % – de R\$ 5,43 para R\$ 5,14. Finalmente, a redução do ciclo de produção em 30 dias teria um impacto positivo na redução dos custos em 3,90 %. Também foi identificado que o peso de abate, apesar da pequena influência no custo de produção (0,5% de redução de custos – de 0,85 kg para 0,90 kg de peso médio de abate), teria influência positiva na capacidade de processamento do pescado dentro do frigorífico.

A exequibilidade desses índices dependia diretamente de um contraponto que diretamente reduziria a rentabilidade do negócio – a redução de densidade final de estocagem. A redução prevista, de 68 para 54 kg m⁻³ numa primeira etapa, teria impacto negativo sobre o custo de produção em 7,16 % – de R\$ 5,43 para R\$ 5,82 kg⁻¹ produzido. Mas, como já mencionado, as sinergias entre esse e outros fatores produtivos trariam resultados positivos.

Na consolidação das simulações, o conjunto das mudanças projetava uma redução total do custo de produção em 10,89 %, i.e., uma redução de R\$ 5,43 para os aceitáveis R\$ 4,84. Mais ainda, mesmo com a redução na densidade de estocagem, a redução na extensão do ciclo de produção aliada à melhora na sobrevivência e à despesca de peixes de maior porte contribuiria positivamente para a capacidade de produção mensal de pescado, um ponto fundamental na avaliação econômica dos negócios aquícolas. A propriedade originalmente tinha capacidade mensal para produção de 63.648 kg de tilápias; na simulação, essa capacidade subia para 72.578 kg, ou seja, um aumento de 14,03 %.

Para o segundo semestre, as metas ainda eram preliminares, mas os resultados da primeira etapa do ano realmente definiriam a estratégia que seria adotada. De toda forma, o objetivo maior desta simulação de longo prazo era apresentar a todos os envolvidos um cenário realista e positivo do que poderia ser alcançado no primeiro ano de trabalho. Um trabalho desta magnitude não era possível sem o comprometimento de todos os envolvidos. Para tanto, seria fundamental que as metas traçadas fossem claras, simples, factíveis e compartilhadas, usando a linguagem que cada colaborador pudesse compreender. Se a empresa alcançasse os números propostos, teria custo total de produção na casa dos R\$ 4,29 kg⁻¹, com produção mensal de 85.860 kg de tilápia, o que deixaria o negócio atraente.

A maioria dos produtores acredita que para obter o máximo de lucratividade na produção, deve-se trabalhar com a biomassa (ou densidade de estocagem) máxima possível em cada tanque-rede, multiplicada pela quantidade máxima de tanques-rede que pode ser alocada em determinada área. Uma das características do sistema de produção em tanques-rede é a impossibilidade de controle do ambiente e, conseqüentemente, da qualidade da água onde os peixes serão criados. Por isso, para se buscar a produtividade ideal, dois fatores devem ser considerados: os riscos envolvidos na tentativa de trabalhar no limite do ambiente e a cumulatividade da matéria orgânica no local que abriga o sistema de produção. Deve-se considerar ainda que o ciclo de produção de tilápias neste sistema tem a duração mínima de 180 dias, tempo suficiente para diversas mudanças de estação e, provavelmente, alterações significativas nos parâmetros físico-químicos da água.

Conte et al. (2008) avaliaram diferentes densidades de estocagem de tilápia em tanques-rede para determinação da biomassa econômica e a influência das condições do corpo de água no desempenho dos peixes. A maior densidade de estocagem permitiu índices de maior biomassa acumulada e melhor eficiência alimentar, não sendo ainda registradas diferenças entre os pesos médios individuais dos peixes nas duas densidades. Entretanto, deve-se notar que a temperatura e o OD na água no experimento de Conte et al. (2008) se mantiveram em patamares próximos ao ideal em todo o experimento e que, apesar de não haver diferenças entre os resultados obtidos, o ganho de peso diário [GPD] não foi ideal e a curva de crescimento, ao final do experimento, mostrava uma redução no ritmo de ganho de peso dos peixes estocados na densidade mais alta. Em análise de taxas de estocagem para maximização da lucratividade em sistemas de produção do bagre-do-canal *Ictalurus punctatus* em tanques-rede, Duarte et al. (1994) relataram que as taxas ideais são altamente sensíveis à duração da estação de crescimento, fenômeno que parece ter recebido consideração insuficiente na interpretação de resultados de estudos anteriores.

Os resultados relatados por Conte et al. (2008) e Duarte et al. (1994) demonstram como são complexas as interrelações entre densidade de estocagem, taxas de alimentação, qualidade de água e ritmo de crescimento. O fato é que, para buscar a produtividade máxima e ter sucesso no negócio, o produtor tem que ser versátil e entender as nuances da atividade. De fato, o ajuste da biomassa que pode gerar a lucratividade máxima depende de um número tão grande de fatores que não é possível determinar “números-padrão” para as produtividades máxima e ótima, mas sim e somente aproximações confiáveis (Schmittou, 1997). Trabalhar no limite da biomassa pode ser impraticável dada a imprevisibilidade das interações dos peixes com o ambiente, em particular na ação de fatores estressantes que afetam negativamente os índices de produção antes que a biomassa máxima possa ser atingida. Não há como contornar a inter-relação entre os dois fatores: por mais corretas que sejam as medidas adotadas para minimizar os impactos sobre o meio, quanto mais intensamente

utilizado for o local onde o sistema de produção estiver instalado, menor será a capacidade de produção nas safras posteriores, seja como resultado do acúmulo de matéria orgânica no local, seja pelo aumento da biomassa adventícia de peixes selvagens (além das tilápias que porventura tenham escapado dos tanques), ou mesmo pela maior concentração de patógenos no ambiente de produção ao longo dos anos (Beveridge, 1984, 1996; Beveridge et al., 1994; Tett, 2010). Os produtores devem considerar e avaliar não só o limite técnico factível, mas principalmente a biomassa economicamente viável. Para o caso em estudo, o sucesso das medidas propostas teria um impacto final positivo sobre o resultado do negócio, considerando o aumento de capacidade produtiva e redução de custos de produção, em mais de dez vezes.

4.1.3. Resultados de 2017

Os ajustes realizados mostraram-se efetivos e, seis meses “dentro” do ciclo de produção, as médias ficaram muito próximas do projetado. A sobrevivência melhorou significativamente alcançando valores superiores a 80 %. Ponto positivo também para a conversão alimentar que melhorou de 1,75 para 1,56:1,0 (Tabela 5). Com isso, o custo de produção do peixe foi reduzido em R\$ 1,00 kg⁻¹, ou seja, bastante abaixo do planejado, e a produção média mensal atingiu 80.006 kg, ou seja, mais que 10 % superior ao esperado, com a rentabilidade do negócio (ver planilha dinâmica de simulação de resultados econômicos - Anexo A) chegando a 18 vezes mais que média de 2016, ou seja, quase o dobro do projetado.

Tabela 5 - Comparação entre metas e resultados no primeiro semestre de 2017.

Índice avaliado	Metas	Resultados
Sobrevivência (%)	80,0	83,7
Peso de abate (kg)	0,90	0,92
Densidade final de estocagem (kg m ⁻³)	54,00	55,00
Conversão alimentar aparente	1,60	1,56
Ciclo de produção (dias)	180	174
Preço médio em (R\$ kg ⁻¹ ração)	1,87	1,90
Mão de obra (R\$ hora ⁻¹ dia ⁻¹)	12,35	7,35
Custo do kg do peixe (R\$)	4,84	4,43

A substituição de um dos fornecedores de ração e consequente aquisição de um produto direcionado para alto desempenho mostrou-se vantajosa. O preço médio pago pela ração aumentou, mas os melhores índices de conversão alimentar então alcançados se mostraram mais que compensadores. Comparações entre produtos comerciais semelhantes e resultados distintos não são realmente novidade. Por exemplo, Moraes et al. (2009) compararam cinco rações comerciais para tilápias em tanques-rede e, apesar de níveis de proteína (indicados em rótulo)

semelhantes, detectaram diferenças significativas nos índices zootécnicos avaliados, o que resultou em custos de produção distintos. Segundo os autores, as diferenças de desempenho dos peixes com diferentes produtos podem ter sido decorrentes de diversos fatores como digestibilidade e teor de fibras nas diferentes rações. Merece atenção ainda a diferença entre resultados econômicos do trabalho: 20 % entre o maior e o menor custo de produção. Assumindo que as margens dos produtores dificilmente alcançam 20 %, pode-se inferir que a escolha da ração literalmente teria sido a diferença entre o lucro e o prejuízo da operação.

Foram realizadas mudanças também no quadro de funcionários. Foi contratado um gerente de produção para coordenar as modificações sugeridas e as tarefas foram mais bem divididas entre os funcionários. Desta forma, o número de funcionários foi mantido, com redução do valor pago por hora trabalhada, principalmente em função da redução significativa do número de horas-extras trabalhadas. Somente as modificações nesse aspecto resultaram em um impacto sobre a redução de custos de produção de 5,47 %.

Na região onde está locado o sistema de produção, a temperatura média da água no segundo semestre é 12 % mais alta que aquela do primeiro. Além disso, o período de chuvas traz matéria orgânica adicional ao reservatório, o que prejudica a qualidade geral da água. Mesmo assim, decidiu-se manter as metas para desempenho do sistema definidos no começo do ano. Apesar da expectativa de um segundo semestre mais desafiador, havia espaço para melhorias e os números projetados foram compatíveis com a realidade do negócio e, principalmente, alinhados com os custos relatados pelos maiores e mais eficientes “players” do mercado. De forma geral, todos os índices se aproximaram das metas traçadas, com destaque para a conversão alimentar, com resultado melhor do que o esperado, uma clara indicação para a equipe gestora do negócio que os rumos e a lógica utilizados para as decisões tomadas estavam corretos (Tabela 6).

Tabela 6 - Comparação entre metas e resultados no segundo semestre de 2017.

Índice avaliado	Metas	Resultados
Sobrevivência (%)	85,00	82,10
Peso de abate (kg)	1,00	0,95
Densidade final de estocagem (kg m ⁻³)	60,00	61,75
Conversão alimentar aparente	1,55	1,46
Ciclo de produção (dias)	180	165
Preço médio em (R\$ kg ⁻¹ ração)	1,90	2,00
Mão de obra (R\$ hora ⁻¹ dia ⁻¹)	7,35	7,35
Custo do kg do peixe (R\$)	4,31	4,22

Comparando os resultados do primeiro com aqueles do segundo semestre do ano de 2017, pode-se observar que o preço médio da ração foi mais alto, principalmente pelo aumento da utilização (maior proporção) da ração adquirida, formulada para melhor desempenho (Tabela 7). Levando-se em conta somente esse fator, o custo de produção teria aumentado em 3,72 % em relação ao primeiro semestre de 2017. Entretanto, a melhoria da conversão alimentar – de 1,56:1,00 para 1,46:1,00 – resultou em ganho final 1,02 % superior somente no quesito custo do peixe em ração. O resultado foi condizente com as simulações que haviam sido feitas entre diferentes programas de alimentação no início dos trabalhos. Considerando-se ainda o aumento do peso médio, a maior densidade final de estocagem utilizada e a piora nos índices de sobrevivência de um semestre para o outro, fatores que tendem a piorar a conversão alimentar aparente, pode-se inferir que a mudança para um produto de melhor qualidade foi acertada.

O custo de produção foi R\$ 0,09 kg⁻¹ menor do que o projetado e R\$ 0,21 kg⁻¹ menor do que o custo médio registrado para o primeiro semestre de 2017. A quantidade de peixes produzida aumentou de 80.006 kg⁻¹ mês⁻¹ no primeiro semestre de 2017 para 92.913 kg⁻¹ mês⁻¹ no segundo semestre. Esse ganho expressivo foi resultado, principalmente, do reajuste nas taxas de estocagem. Finalmente, a comparação (variação) dos resultados de 2017 (média do segundo semestre) com aqueles de 2016 (média do ano) permite avaliar as estratégias para os períodos subsequentes (Tabela 8). Apesar das diferenças percentuais consideráveis, o impacto de cada fator considerado depende de sua participação no custo total da produção. Desta forma, uma vez que a conversão alimentar está diretamente ligada ao custo com ração, que como já mencionado corresponde a mais de 60 % do custo total de produção, o impacto deste índice sobre a redução de custo é maior que, por exemplo, o impacto da redução do custo com mão de obra, que corresponde a cerca de 8 % dos custos de produção. A influência real de cada índice no custo de produção foi então determinada com o uso de uma planilha dinâmica (Anexo A) computando todos os custos e despesas (Tabela 9).

Tabela 7 - Comparação dos principais índices que influenciaram o desempenho econômico do negócio entre semestres em 2017.

Período	1º semestre	2º semestre	Variação
			%
Sobrevivência (%)	83,7	82,1	- 1,9
Peso de abate (kg)	0,92	0,95	3,2
Densidade final de estocagem (kg m ⁻³)	55,00	61,75	12,2
Conversão alimentar aparente	1,56	1,46	- 6,8
Ciclo de produção (dias)	174	165	- 5,4
Preço médio em (R\$ kg ⁻¹ ração)	1,90	2,00	5,3
Mão de obra (R\$ hora ⁻¹ dia ⁻¹)	7,35	7,35	0,0
Custo do kg do peixe (R\$)	4,43	4,22	- 4,9

Tabela 8 - Comparação dos principais índices que influenciaram o desempenho econômico do negócio entre os anos de 2016 e 2017.

Ano	2016	2017	Variação
			%
Sobrevivência %	65,0	82,1	21
Peso de abate (kg)	0,85	0,95	11
Densidade final de estocagem (kg m ⁻³)	68,00	61,75	- 10
Conversão alimentar aparente	1,75	1,46	- 20
Ciclo de produção (dias)	210	165	- 27
Preço médio em (R\$ kg ⁻¹ ração)	1,87	2,00	6
Mão de obra (R\$ ⁻¹ hora ⁻¹ dia)	12,35	7,35	- 68
Custo do kg do peixe (R\$)	5,43	4,22	- 28

Tabela 9 - Impacto dos principais índices avaliados sobre o custo final de produção (evolução comparativa dos resultados de 2016 com segundo semestre de 2017).

Índice	Evolução
	%
Sobrevivência (%)	8,28
Peso de abate (kg)	0,95
Densidade final de estocagem (kg m ⁻³)	- 2,72
Conversão alimentar aparente	11,71
Ciclo de produção (dias)	6,21
Preço médio (R\$ kg ⁻¹ ração)	- 4,40
Mão de obra (R\$ ⁻¹ hora ⁻¹ dia)	5,78

Como esperado e demonstrado, a conversão alimentar representou o maior impacto sobre o custo total de produção, seguido do índice sobrevivência, extensão do ciclo de produção e custo de mão de obra. Logicamente, o aumento do preço da ração e a redução da densidade final de estocagem tiveram impactos negativos sobre o custo de produção. Os resultados seguem em linha com trabalho publicado há vinte anos por Carneiro et al. (1999), que relataram que a conversão alimentar e o preço da ração são os fatores mais críticos para a viabilidade econômica da produção de tilápias em tanques-rede. Um aspecto importante, mas negligenciado por muitos produtores, é a extensão do ciclo de produção. A redução de 45 dias na extensão do ciclo teve impacto positivo e superior a 6 % na redução do custo de produção. Como anteriormente arrazoadado, ciclos mais curtos significam maior número de safras por ano, o que permite aumento do faturamento e diluição dos custos fixos da unidade de produção.

A interação entre alguns desses índices é o ponto chave para a melhoria da eficiência econômica do negócio. Em revisão sistemática sobre o efeito de práticas e sistemas de manejo em sistemas de produção de tilápias, com consequente análise do grupo de dados coletados utilizando regressão linear, Mengistu et al. (2017) relataram efeitos significativos de linhagens, unidade de produção, tempo do estudo, níveis de proteína bruta [PB] na dieta e taxa de alimentação na conversão alimentar, sobrevivência e crescimento. Em suma: conversão alimentar, sobrevivência e crescimento aumentam com o aumento dos níveis de OD na água e com maiores níveis PB na dieta; temperaturas de água entre 21,5 e 28,5 °C influenciam positivamente o índice de conversão alimentar, e entre 10 e 37 °C, influenciam positivamente a taxa de sobrevivência; salinidades mais elevadas, na faixa de 0 a 30 ppt, reduzem a sobrevivência dos peixes, e na faixa de 0 a 24 ppt, prejudicam o ritmo de crescimento; o aumento da taxa de alimentação melhora a sobrevivência e o crescimento, enquanto a conversão alimentar é afetada negativamente pelo aumento da taxa de alimentação; finalmente, a redução do fotoperíodo afeta negativamente o crescimento dos peixes. Mengistu et al. (2017) relataram ainda que a variação na densidade de estocagem, na conversão alimentar e na sobrevivência não afeta significativamente o crescimento de tilápias.

Com tantas variáveis influenciando os índices básicos da produção, as alterações na estratégia têm que seguir uma lógica: a utilização de ração de melhor qualidade, apesar de mais cara, impactou positivamente na conversão alimentar, o ritmo de crescimento (i.e., “encurtou” o ciclo de produção) e a sobrevivência dos peixes, reduzindo o custo final de produção. A redução na densidade final de estocagem, que em teoria reduziria a biomassa de peixes produzida e o faturamento da unidade, na realidade melhorou a qualidade geral do ambiente e permitiu ritmo de crescimento mais acelerado, maior taxa de sobrevivência e melhor aproveitamento da ração,

resultando em aumento da biomassa produzida. De fato, a produção mensal cresceu 46,5 % entre 2016 e 2017 com a utilização da mesma estrutura.

4.1.4. Metas para 2018

Para 2018, com os índices de produção básicos definidos, era fundamental avaliar quais fatores impactavam mais significativamente o negócio, ou seja, determinar a participação percentual dos principais itens de custos e despesas no custo final da operação, principalmente na comparação entre os anos 2016 e 2017 (Tabela 10). Foi possível registrar que o negócio começava a atingir o equilíbrio necessário para o sucesso. A redução da participação dos custos com mão de obra nos custos totais de produção foi significativa e, mesmo somada ao percentual destinado à consultoria externa, i.e., mão de obra indireta, ainda foi inferior aos custos registrados para 2016; os custos com aquisição de rações representou 69,16 % dos custos de produção total [CTP].

Tabela 10 - Comparação relativa entre 2016 e 2017 (2º semestre) da composição do custo de produção.

Componente de custo	2016	2017 (2º semestre)
	----- % -----	
Mão de obra	12,87	6,30
Alevinos	5,00	4,56
Ração	60,30	69,16
Manutenção e despesas gerais	2,40	2,11
Consultoria	2,03	1,78
Vacinação	3,67	3,34
Remuneração sobre capital operacional	4,31	4,36
Custos fixos totais [▲]	9,42	8,39
Total	100,00	100,00

[▲] depreciação e remuneração sobre o capital investido

Para análise comparativa dos índices de produção registrados e relatos da literatura, considere-se primeiramente Furlaneto et al. (2010), que registraram 69,1 e 69,2 % de custo operacional total [COT] com ração e 1,9 e 1,7 % custo operacional com mão de obra, para tanques-rede de 6,0 e 18,0 m³, respectivamente. Avaliando uma produção comercial de tilápias em tanques-rede em sistema bifásico (recria e terminação), Campbell (1985) já havia registrado que 70 % do CTP na produção de tilápias resulta das despesas com aquisição de ração, 87 % do alimento utilizado fornecido na fase de terminação, e Turco et al. (2014) relataram valores de 55,94 a 64,74% do COT como sendo relativos ao custo com ração, com diferentes índices alcançados com diferentes produtos.

Considerando matrizes de análise mais amplas, Barros e Martins (2012) avaliaram uma produção em larga escala de peixes dos gêneros *Colossoma* e *Piaractus* no estado do Mato Grosso e determinaram que a composição dos custos de produção era: 71,0 % com ração, 11,0 % com mão de obra, 9,3% correspondente a manutenção, reparos e despesas gerais, e 2,1% com aquisição de formas jovens. Por sua vez, analisando índices de produtividade e econômicos na produção do pintado da Amazônia, Sabaini et al. (2015) relataram a incidência de 65,4 % de custos com ração, 8,5 % com mão de obra, 12,1 % em manutenção, reparos e despesas gerais, além de 12,0 % com formas jovens no COT do sistema de produção estudado. Finalmente, analisando os índices de produção e economicidade da piscicultura no estado de São Paulo, Martin et al. (1995) relataram que o componente de custo mais relevante foi a despesa com consumo de ração, que variou 31,62 a 59,08 % CTP, dependendo do sistema e da espécie considerada. De fato, a participação desse componente na planilha de custos cresceu à medida que se caminhava para os sistemas mais intensivos de produção, sendo que o gasto com ração atingiu 68,35% COT no caso da produção de tilápias em sistemas mais intensivos. Em relação aos custos fixos, Martin et al. (1995) registraram ainda 32,73 % de aumento nos custos físicos nos sistemas mais extensivos e 13,73 % nos mais intensivos, com as despesas com mão de obra representando 6,28 % COT nos sistemas extensivos e 3,41 % COT nos sistemas intensivos de produção.

As variações relatadas para os índices considerados estão relacionadas às espécies trabalhadas, sistema e local de produção, treinamento da mão de obra, índices zootécnicos e preço da ração. Mas, em média, o custo com ração representou 60 a 70% COT, compatível com os resultados que começavam a ser registrados neste estudo. Custos proporcionais com ração abaixo de 65% em sistemas intensivos não significam necessariamente que a unidade é muito eficiente nesta questão, mas sim que é ineficiente nos outros componentes do custo de produção. Em relação à mão de obra, por exemplo, em que pese a variação entre os custos referentes a cada vertente (área) de trabalho avaliada, estava claro que os índices deste componente de custo ainda podiam ser melhorados na unidade de produção estudada.

A vacinação teve sua participação nos custos de produção reduzida em função do aumento de sobrevivência, redução da densidade final de estocagem (menos peixes vacinados) e aumento do peso médio dos peixes (menos vacinas por kg de peixe produzido). O percentual de remuneração sobre o capital operacional se manteve estável, mas o valor total cresceu em função do aumento da produção total. Quanto mais peixe produzido, mais capital imobilizado. Por último, apesar da redução significativa da proporção dos custos fixos no resultado operacional do negócio, ainda havia 8,4 % dos custos em depreciação e a remuneração sobre o capital investido. Em trabalho de avaliação de criação de tilápias em tanques-rede no Estado de São Paulo, Campos et

al. (2007) encontraram na análise de custos fixos (depreciação + remuneração sobre capital investido) valor de 8,4 % no CTP, mas em uma unidade de produção mensal de 22 t. Na unidade avaliada neste estudo de caso, a produção é quatro vezes superior a esse volume e, desta forma, os custos fixos deveriam ser proporcionalmente menores.

Os gastos com manutenção e despesas gerais aparentemente estavam condizentes, mas chamava à atenção a diferença estimada entre os valores registrados no caso estudado e aqueles relatados na literatura disponível sobre o assunto. Apesar dos índices (números) alcançados estarem em linha com as simulações realizadas e representarem valores reais, foi realizada avaliação da alocação dos custos para determinação de possíveis erros e discrepâncias. Uma vez que o negócio contava com sistema próprio de produção de alevinos, engorda, processamento, produção de farinha e óleo de peixes, comercialização e distribuição, diversos custos e despesas eram rateados entre as diferentes atividades, de acordo com o impacto na operação: energia elétrica, por exemplo, tinha mais de 90 % de seu custo relativo ao uso no frigorífico e laboratório no sistema de alevinagem. As despesas com combustível, por sua vez, eram concentradas na distribuição do pescado, transporte de alevinos e de peixes para o frigorífico. Os valores estavam corretos, mas em função da verticalização do sistema de produção, ocorria uma diluição dos custos em comum, o que beneficiava o negócio como um todo.

Dos cenários e relatos considerados, depreende-se que somente a organização minuciosa do sistema de produção possibilita alterar e/ou “diluir” a composição dos custos e despesas. A análise dos resultados deste estudo de caso indicava que a empresa tinha que crescer para diluir os custos fixos, bem como parte dos custos operacionais. Além disso, alguns ajustes finos haveriam de ser executados.

Sobrevivência: Embora a taxa de sobrevivência tivesse melhorado de 65,0 para 82,1 % entre 2016 e 2017, o resultado ainda não era satisfatório. Alguns processos críticos dentro das unidades de produção podem agravar os riscos de problemas sanitários. Normalmente, no momento da vacinação e das classificações, devido ao estresse e possíveis injúrias no manejo, pode-se esperar uma pequena mortandade (até 2 % da biomassa estocada) do segundo ao sexto dia após a estocagem ou classificação, independente da fase de produção. A determinação prática de que a mortandade não está diretamente ligada ao manejo, mas a um problema de saúde dos animais, nem sempre é fácil. Se as temperaturas estão na faixa adequada e a resposta à alimentação diminuir, i.e., o alimento não for todo consumido, pode-se assumir a presença de uma condição de estresse ou enfermidade.

A perda de peixes na fase final da produção impacta negativa e significativamente, direta e indiretamente o custo de produção. A perda reduz a biomassa e consequentemente o faturamento

da venda dos peixes e como a esta altura do ciclo de produção os peixes já consumiram a maior parte do volume total de ração a ser utilizado, a conversão alimentar aparente dos peixes sobreviventes será pior. Na prática, parte dos recursos da piscicultura é utilizado (estrutura, mão de obra, alevinos, ração, vacinas etc.) sem o benefício da venda do produto. A empresa continuou investindo no treinamento da equipe de manejo com vistas à melhoria da eficiência da aplicação da vacina, ou seja, aumentar a taxa de imunização visando melhorar os outros índices na propriedade. Em resultado publicado por Delphino et al. (2019), há indicação que a vacinação contra o *S. agalactiae* é lucrativa em fazendas de tilápia onde a estreptococose é uma restrição à produção e em fazendas onde há mortandades baixas, a lucratividade da vacinação depende diretamente de melhores taxas de conversão alimentar.

Peso de abate: Como já discutido, nem sempre o peso econômico ideal para a despesca dos peixes é o peso ideal para otimizar os processos dentro do frigorífico. A determinação da biomassa econômica indica ao produtor o momento certo da despesca para a máxima rentabilidade do negócio. Mas o tema é mais complexo do que parece e provavelmente seja também o ponto mais difícil para tomada de decisão. É necessário mensurar as variações de receita em função dos preços por diferentes tamanhos de filé, o rendimento de carcaça em diferentes pesos de peixe e a produtividade (neste caso, produção total por período) no processamento do pescado em função do peso do animal. Não é objetivo deste trabalho entrar nos pormenores da comercialização de tilápia, mas não é possível entender as decisões tomadas neste estudo de caso, quanto aos índices zootécnicos definidos para 2018, sem compreender determinadas nuances mercadológicas que influenciam a rentabilidade do negócio.

Em uma avaliação do potencial de processamento e comercialização da tilápia, fica claro que o filé (fresco e congelado) é o produto mais procurado no mercado, o principal item para comercialização. Porém a busca de produtos diferenciados para melhorar o aproveitamento da matéria prima é cada vez maior. Atualmente, a partir de cortes especiais, polpa de tilápia, surimi e outros produtos derivados do processo, é possível alcançar cerca de 50 % de aproveitamento da carcaça “contra” cerca de 30 % do rendimento médio de carcaça somente com o filé. Além disso, a instalação de uma fábrica de farinha e óleo de pescado (graxaria) não só transforma os resíduos do processamento em produtos comercializáveis, como resolve o problema do tratamento desses subprodutos.

Infelizmente a remuneração diferenciada em função de diferentes tamanhos de filé ainda não é prática corrente no agronegócio do pescado no país. Essa prática já existe para peixes inteiros em algumas regiões, é comum fora do país, e certamente será adotada pelo agronegócio brasileiro. Entretanto, a maioria dos canais de vendas já trabalha com tamanhos mínimos e máximos pré-

definidos, e por isso é fundamental entender bem o mercado que será atendido para avaliar o momento de despesa. Mercados que realizam venda direta ao consumidor preferem filés acima de 120 g (que correspondem ao abate de peixes com peso maior que 720 g) para atender a demanda de clientes que usualmente não compram o filé por peso, e sim por unidade (uma unidade para cada membro da família, por exemplo). Desta form, quanto maior o filé, maior a quantidade de peixe que será comercializada por cliente. Nos restaurantes, há uma dependência do modelo de trabalho de cada um. Restaurantes que operam à la carte preferem adquirir filés de 100-120 g (obtidos do abate de peixes de aproximadamente 600 a 720g). O filé de tilápia é normalmente servido inteiro no prato, portanto, se o filé for muito grande, o restaurante será obrigado a servir mais peixe por prato, reduzindo sua rentabilidade. Por outro lado, restaurantes especializados na culinária oriental, que usam a tilápia para “sashimi”, preferem adquirir filés com peso superior a 180 g (proveniente de peixes com peso acima de 1.080 g), dado que filés maiores proporcionam cortes mais altos e menores perdas de produto para confecção dos pratos. Desta forma, apesar de não haver preços diferenciados por tamanho (peso) de filé, determinados canais de venda simplesmente não compram o produto que não esteja no padrão requisitado.

A relação entre o rendimento de carcaça e o porte dos peixes é outro aspecto a ser levado em consideração. Na maioria dos trabalhos publicados sobre o assunto, há poucos relatos de diferenças significativas relativas ao efeito do porte dos peixes à despesa e o rendimento de carcaça, e quando há, atribui-se o resultado muito mais à metodologia utilizada para filetagem, à precisão do processo de mecanização, à genética da espécie produzida, ao empenho e treinamento dos funcionários, do que ao tamanho do animal em si (Moraes et al., 2003; Leonhardt et al., 2006; Nguyen et al., 2010; Fantini et al., 2015). Mas por menor que seja, o impacto financeiro destas diferenças deve ser avaliado. Como exemplo, Souza et al. (2005) utilizaram três grupos de peixes com pesos distintos, classificados como 500 a 600 g, 601 a 700 g e 701 a 800 g para determinação das diferenças de rendimento de carcaça, e relataram que as tilápias processadas com 601 a 700 g (peso médio de 650 g) têm rendimento em filé semelhante ao grupo de 701 a 800g (peso médio de 730 g), com diferença de 0,24% a favor do grupo de peixes maiores. Apesar de parecer pequena, quando avaliada do ponto de vista econômico, a diferença no rendimento é significativa. Considerando-se o volume de produção de uma unidade com capacidade de processamento de 200.000 animais por mês, um rendimento de carcaça em filé 0,24% superior significa um incremento mensal de 350 kg de filé, que a um preço médio de R\$ 25,00 por kg, representa um faturamento adicional de R\$ 8.750,00 por mês, que por sua vez corresponderia a quase 10 % da folha de pagamento relativa à operação de um frigorífico deste tamanho.

Considerando ainda as informações de Souza et al. (2005), pode-se avaliar um fator ainda mais representativo na rentabilidade do negócio e já discutido neste texto: a influência do tamanho do peixe despescado na produtividade de um frigorífico. Uma unidade com capacidade para processar 200.000 animais por mês, utilizando peixes com peso médio de 650 g, processa 130.000 kg de peixe por mês ($200.000 \times 0,650 \text{ kg por animal} = 130.000 \text{ kg de peixes}$). Se os mesmos animais estivessem com peso médio de 730 g, no mesmo mês e praticamente com o mesmo esforço, o trabalho do frigorífico “renderia” 146.000 kg ($200.000 \text{ animais} \times 0,730 \text{ kg por animal} = 146.000 \text{ kg de peixe}$). Ter-se-ia então no caso dos peixes da classe de tamanho menor, considerando-se um rendimento médio de 33,3%, valor corresponde a 43.290 kg de filé para comercialização, com peso médio de 108,2 g. No caso dos peixes da classe de tamanho maior, a produção, admitindo-se o mesmo rendimento de 33,3%, seria de 48.618 kg de filé, com peso médio de 121,5g. Mesmo sem diferença de preço entre os diferentes tamanhos (peso) dos filés, o faturamento adicional de 5.328 kg de filé (novamente considerando um preço de venda de R\$ 25,00 por kg) seria de R\$ 133.200,00 por mês. A diferença de resultado é maior que o lucro operacional de muitas unidades de produção deste tamanho.

Por último, considere-se a uniformidade em peso e tamanho do lote despescado. Como relatado por Khaw et al. (2016), as variações de peso são determinadas pela competitividade dentro do ambiente de produção, parcialmente influenciada pela genética do animal. O fato é que a dispersão de tamanhos no momento do processamento influencia diretamente o rendimento de carcaça, principalmente no momento da retirada da pele. Equipamentos de filetagem são regulados para que a retirada da pele seja feita com um corte superficial, de forma que fique aderida à pele o mínimo possível de músculo com o mínimo de sobras de pele aderidas ao filé, deste modo facilitando o *toilette* final. Se há uma variação muito grande de tamanho de peixes, o operador é obrigado a regular o equipamento para o tamanho médio dos animais. Consequentemente, quando um peixe maior passa pelo equipamento, o corte de pele é mais profundo do que deveria, retirando mais carne do filé do que o necessário. Por outro lado, se um animal menor passa pelo equipamento, o corte será mais superficial do que o necessário, deixando muita pele no filé e aumentando o tempo necessário para o *toilette*. Desta forma, considerando-se em conjunto a produtividade no frigorífico, os índices zootécnicos na produção e o mercado-alvo da empresa, definiu-se a manutenção para 2018 das metas traçadas para 2017, ou seja, utilizar o peso médio de 1,0 kg para programar e realizar despesca dos animais, mesmo considerando que peixes de menor porte poderiam proporcionar ganhos com redução no ciclo de produção e melhoria do CAA.

Densidade de estocagem: Moniruzzaman et al. (2015) compararam diferentes densidades de estocagem para tilápias em tanques-rede - 50, 75, 100 e 125 peixes m^{-3} e registraram o melhor custo-benefício na densidade mais baixa, 50 animais m^{-3} , seguido por 100, 75 e 125 animais m^{-3} . Entretanto, Osofero et al. (2009) avaliaram o custo benefício da produção de juvenis de tilápia estocados a densidades de 50, 100, 150 e 200 peixes m^{-3} e relataram melhor custo-benefício para a densidade de 150 animais m^{-3} , seguido por 200, 100 e 50 tilápias m^{-3} . A realidade é que a densidade de estocagem ideal não é “estática” e sim dependente e resultado das interações existentes entre os diferentes componentes do sistema de produção.

Como resultado da melhoria dos índices zootécnicos da operação e elevação do nível do reservatório, a qualidade da água havia se estabilizado em 2017. No final de 2016, antes da adoção das modificações nos processos de produção, os teores de OD na água do sistema de produção variavam entre 2,5 e 7,5 mg L^{-1} . No período correspondente de 2017, os teores de OD do sistema de produção variaram entre 5,3 e 7,3 mg L^{-1} . (Figura 6).

Figura 6 - Variação de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e oxigênio (mg L^{-1}) no local de avaliação entre novembro de 2016 e novembro de 2017.

Ficou claro também que havia momentos distintos em relação à “saúde” do ambiente e, conseqüentemente, dos peixes ao longo do ano, fortemente influenciados, como esperado, pela temperatura (e conseqüentemente teores de OD) da água: a menor temperatura – 22,9 $^{\circ}\text{C}$ – foi registrada na primeira quinzena de agosto, a maior na primeira quinzena de abril – 32,5 $^{\circ}\text{C}$. No início de agosto foi detectada a menor temperatura do ano, fato atípico, e os menores teores de OD. Considerando que a data coincide com o início do período das chuvas, é bem provável que tenha ocorrido o fenômeno de inversão térmica no sistema. Além disso, no começo das chuvas

são sempre registradas no local as maiores oscilações nos teores de OD, principalmente como resultado do carregamento de material orgânico das margens para o ambiente aquático.

Considerando o histórico das atividades de 2016 e a experiência adquirida em 2017, foi adotada a estratégia de manter a densidade final de estocagem em 65 kg m^{-3} nos tanques-rede que teriam estoques de peixes próximos à capacidade de sustentação do sistema no período de maior desafio, i.e., agosto a março, e aumentar a densidade final de estocagem nas estruturas para 75 kg m^{-3} para os peixes no limite da capacidade de sustentação dos tanques-rede nos meses de abril a julho. A meta era alcançar média final anual próxima a 70 kg m^{-3} (Tabela 11)

A lógica seguida foi que, se por um lado o aumento do peso médio de abate e da densidade final de estocagem poderiam estender o ciclo de produção e piorar a conversão alimentar (nesse caso biológica), por outro lado o aumento da sobrevivência e então, possivelmente, também uma melhoria da conversão alimentar em função da melhor eficiência na aplicação da vacina, aliada ao manejo estratégico da densidade de estocagem, de acordo com a época do ano, reduziriam os impactos negativos. No balanço da dinâmica integrada dos diferentes índices zootécnicos, o plano era produzir (faturar) mais, mantendo os custos e despesas estáveis.

Tabela 11 - Metas traçadas para o ano de 2018 a partir dos resultados obtidos em 2017.

Índice	Ano		
	2017	2018	
Semestre	2º	1º	2º
Sobrevivência (%)	82,1	85,0	90,0
Peso de abate (kg)	0,95	1,00	1,00
Densidade final de estocagem (kg m^{-3})	61,8	70,0	70,0
Conversão alimentar aparente	1,46	1,50	1,50
Ciclo de produção (dias)	165	165	165

4.1.5. Resultados de 2018

O ano de 2018 reservava algumas surpresas. Por uma série de questões ligadas à dinâmica do mercado da tilápia no país, as vendas que vinham crescendo de forma constante e saudável, estagnaram a partir do final da época de Semana Santa. É fato devidamente comprovado que nas semanas posteriores ao período da Páscoa, e em alguns anos até um ou dois meses pós-Páscoa, há uma queda na comercialização de pescado (ver, por exemplo, IBGE, 2011). Os supermercados, que muitas vezes adquirem mais produtos que sua capacidade de comercialização, ficam com estoque de sobra para um período adicional. Historicamente, a partir do meio do ano o mercado reage e as vendas voltam aos padrões normais e no caso deste estudo, a expectativa era de um

crescimento ordenado e continuado. No primeiro semestre, ainda embalados pelas vendas dos três primeiros meses, os resultados foram muito próximos do projetado (Tabela 12).

Tabela 12 - Comparação entre metas e resultados no primeiro semestre de 2018.

Índice	Metas	Resultados
Sobrevivência (%)	85,0	85,5
Peso de abate (kg)	1,00	1,02
Densidade final de estocagem (kg m ⁻³)	70,00	72,59
Conversão alimentar aparente	1,50	1,50
Ciclo de produção (dias)	165	188
Preço médio em (R\$ kg ⁻¹ ração)	2,00	2,00
Mão de obra (R\$ hora ⁻¹ dia ⁻¹)	7,35	7,23
Custo do kg do peixe (R\$)	4,23	4,21

O ponto de maior estrangulamento do plano traçado foi a duração do ciclo de produção, estendido de 165 para 188 dias. Este aumento poderia ter sido causado por uma diminuição da velocidade de crescimento dos peixes em função do aumento da densidade final de estocagem. Entretanto, não foi esse o caso: os peixes com 160 dias em terminação já estavam com porte comercial. Na realidade, devido à dificuldade de manter os volumes de venda projetados como resultado da desaceleração acentuada das vendas no pós-Páscoa, a empresa foi obrigada a manter os peixes por tempo mais longo nos tanques de terminação. Os outros índices mantiveram-se estáveis em relação ao último semestre de 2017, com custo levemente inferior ao projetado – 0,47 %. Mas no ano de 2018, ocorreram dois momentos distintos.

Quando se percebeu que haveria problemas com o fluxo de retirada de peixes da água da forma como havia sido planejado, foi necessário decidir o que fazer no segundo semestre: manter o planejamento original ou mudar a estratégia, já que o atraso na retirada dos peixes alterava as outras fases do ciclo de produção. Já que não era possível desocupar os tanques de terminação, os peixes em recria e crescimento passavam mais tempo aguardando classificação e transferência, e isso certamente afetaria os resultados do segundo semestre. Para definição da estratégia a ser adotada, as simulações econômicas foram refeitas. Primeiramente, foram comparados os índices (números) médios do primeiro semestre de 2018 com aqueles do segundo semestre de 2017 (Tabela 13), permitindo assim estimar seu real impacto na redução (avaliação) do custo final de produção (Tabela 14).

Tabela 13 - Comparação dos principais índices que influenciaram o desempenho econômico do negócio entre os anos de 2017 (semestre 2) e 2018 (semestre 1).

Período

Índice	2º semestre, 2017	1º semestre, 2018	Evolução
			%
Sobrevivência (%)	82,10	85,50	-4%
Peso final (kg)	0,95	1,02	-7%
Densidade final de estocagem (kg m ⁻³)	61,75	72,59	-15%
Conversão alimentar aparente	1,46	1,50	3%
Ciclo (dias)	165	188	12%
Preço médio em (R\$ kg ⁻¹ ração)	2,00	2,00	0%
Mão de obra (R\$ hora ⁻¹ dia ⁻¹)	7,35	7,23	-2%
Número de funcionários	14	18	30%
Custo do peixe (R\$ kg ⁻¹)	4,22	4,21	-0,25%

Tabela 14 - Impacto dos principais índices avaliados sobre o custo final de produção (comparativo 2017 com primeiro semestre de 2018).

Índice	Evolução
	%
Sobrevivência (%)	1,10
Peso de abate (kg)	0,57
Densidade final de estocagem (peixes m ⁻³)	2,94
Conversão alimentar aparente	-1,95
Ciclo de produção (dias)	-2,56
Preço médio (R\$ kg ⁻¹ ração)	0,00
Mão de obra	0,11

O aumento na densidade final de estocagem, peso final e taxa de sobrevivência compensaram o alongamento do ciclo. Com a mesma estrutura de produção, i.e., com o mesmo volume total de tanques-rede, a empresa evoluiu de uma produção mensal média de 92.913 kg no segundo semestre de 2017, para 99.788 kg no primeiro semestre de 2018, ou seja, um incremento de 7,40 %. De fato, Bozano et al. (1999) utilizaram juvenis de tilápia em diferentes densidades (75, 150, 300 e 600 peixes m⁻³) para avaliar o desempenho zootécnico dos animais, e relataram o registro de resultados semelhantes em ritmo de crescimento, peso médio final e sobrevivência entre os diferentes tratamentos, mas com biomassa final oito vezes superior nas densidades mais altas, ou seja, enquanto houver espaço físico, forem mantidos padrões adequados de qualidade da água e for praticado uma manejo alimentar e nutricional adequado para o bom desempenho dos peixes, a densidade de estocagem não é limitante *per se*. Fundamental é entender as limitações do ambiente de produção para a correta definição do melhor pacote de produção a ser utilizado.

O aumento do número de funcionários ocorreu em parte pela absorção da equipe de despesca, antes ligada à estrutura de custos do frigorífico, e pela preparação de mais funcionários para a expectativa de incremento da produção para o segundo semestre, já em função dos

investimentos realizados. Porém, o custo de mão de obra total foi diluído pelo aumento da produção (ganho de escala) e pela melhor organização do organograma do negócio.

Quando o impacto real dos principais fatores no custo de produção é avaliado, percebe-se que os índices foram semelhantes nos diferentes semestres. Como esperado, a extensão do ciclo de produção piora a conversão alimentar e, logicamente, influencia negativamente os custos de produção. Porém, apesar das limitações do mercado, o aumento da biomassa produzida por tanque-rede compensou essas perdas e a empresa teve rentabilidade superior na primeira etapa de 2018 em relação à média de 2017.

Para o segundo semestre os investimentos para aumento da produção já haviam sido realizados, os peixes já estavam na recria e crescimento, mas o mercado ainda não sinalizava recuperação. Analisando a composição dos custos (Tabela 15), percebe-se como o incremento de pouco mais de 7 % no volume total produzido interferiu positivamente na redução dos custos fixos e diluiu alguns custos e despesas operacionais.

Tabela 15 - Comparação entre 2017 (2º semestre) e 2018 (1º semestre) da composição do custo de produção.

Componente de custo	2º semestre, 2017	1º semestre, 2018
	----- % -----	
Mão de obra	6,30	5,79
Alevinos	4,56	4,09
Ração	69,16	71,30
Manutenção e despesas gerais	2,11	1,97
Consultoria	1,78	1,67
Vacinação	3,34	3,00
Remuneração sobre capital operacional	4,36	4,39
Custos fixos totais [‡]	8,39	7,80
Total	100,00	100,00

[‡] depreciação e remuneração sobre o capital investido

Utilizando-se a planilha dinâmica (Anexo A) como ferramenta para simulação de resultados, pode-se avaliar como teria sido o resultado do primeiro semestre de 2018 se as metas de crescimento e os volumes de produção tivessem permanecido os mesmos (Tabela 16). A diluição ocorre sobre os custos fixos e sobre os custos operacionais que não são diretamente proporcionais ao volume ou número de animais produzidos (neste caso, mão de obra e consultoria). A análise mostrou que o ganho de escala, somente com a diluição dos custos de produção, proporcionou uma redução de 1,11% ou R\$ 0,05 no custo do kg de peixe produzido. Uma vez mais a partir da utilização da planilha dinâmica, pode-se avaliar (simular) qual seria o resultado do negócio a partir

da simulação da composição do custo de produção no segundo semestre de 2018 com a manutenção dos principais índices de produtividade do primeiro semestre (Tabela 17).

Tabela 16 - Comparação da composição do custo de produção, fixando os volumes produzidos (metas), para o primeiro semestre de 2018.

Componente de custo	Período	
	1o semestre, 2018	2018 (metas)
	----- % -----	
Mão de obra	5,79	6,14
Alevinos	4,09	4,04
Ração	71,30	70,49
Manutenção e despesas gerais	1,97	2,00
Consultoria	1,67	1,77
Vacinação	3,00	2,96
Remuneração sobre capital operacional	4,39	4,37
Custos fixos totais [◊]	7,80	8,22
Total	100,00	100,0

[◊] depreciação e remuneração sobre capital investido

Tabela 17 - Simulação da composição do custo de produção no segundo semestre de 2018 com a manutenção dos principais índices produtivos.

Componente de custo	Período	
	1º semestre, 2018	2º semestre, 2018
	----- % -----	
Mão de obra	5,79	3,97
Alevinos	4,09	3,96
Ração	71,30	74,77
Manutenção e despesas gerais	1,97	1,99
Consultoria	1,67	1,14
Vacinação	3,00	2,90
Remuneração sobre capital operacional	4,39	4,44
Custos fixos totais ⁺	7,80	6,83
Total	100,00	100,00

* depreciação e remuneração sobre o capital investido

Uma vez mantidos os índices de produtividade e considerando o investimento feito para o aumento da produção, a empresa chegaria aos 152.040 kg de peixes produzidos mensalmente, e mesmo considerando todos os fatores econômicos relevantes relativos aos investimentos realizados, além dos valores adicionais com despesas operacionais, haveria diluição de 4,24 % nos custos de produção, o que reduziria o custo médio da tilápia produzida para R\$ 4,04 kg⁻¹, resultando ainda em aumento de produtividade (e consequentemente de faturamento) de 52,36 %. A meta para o segundo semestre de 2018 passou a ser, desta forma, igualar o resultado do primeiro

semestre, tanto em peso de abate como em densidade final de estocagem, trabalhando para que o índice de conversão alimentar e a duração do ciclo fossem mantidos. Entretanto, a diminuição da velocidade das vendas no final do primeiro semestre, que já atrasava as transferências de recria para crescimento e consequentemente para terminação, tornou o cenário do segundo semestre tão desafiador quanto possível (Tabela 18), uma vez que o mercado continuou em ritmo lento e a redução na presteza de saída dos peixes interferiu no tempo médio de todo o ciclo de produção.

Tabela 18 - Comparação entre metas e resultados no segundo semestre de 2018.

Índice	Metas	Resultados
Sobrevivência (%)	85,50	85,10
Peso de abate (kg)	1,02	1,04
Densidade final de estocagem (kg m ⁻³)	72,59	75,06
Conversão alimentar aparente	1,50	1,61
Ciclo de produção (dias)	188	206
Preço médio (R\$ kg ⁻¹ ração)	2,00	1,99
Mão de obra (R\$ hora ⁻¹ dia ⁻¹)	7,23	7,23
Custo do kg do peixe (R\$)	4,21	4,28

Apesar de apresentar um perfil diferente de 2017, não houve surpresas relativas à variação da temperatura da água e teor de OD ao longo do ano. Passou-se a monitorar esses dois parâmetros em diversos pontos do local de produção, o que proporcionou uma análise ainda mais precisa das informações. Os teores de OD mantiveram-se acima de 3,0 ppm na maior parte do ano, inclusive nos momentos em que as densidades foram mais altas e as temperaturas variaram (dentro do esperado, como comentado). A temperatura mais baixa – 23,3 °C – foi registrada na segunda quinzena de maio, e a mais alta – 32,1 °C – na segunda quinzena de março (Figura 7).

Figura 7 - Variação de temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) no local de avaliação entre janeiro e dezembro de 2018.

Apesar do teor de OD ter-se mantido dentro dos limites adequados, houve significativa piora na conversão alimentar, principalmente devido à necessidade de manutenção dos peixes em tempo muito acima do planejado nas instalações, em todas as fases de produção. Em função do atraso na saída dos peixes, os tanques-rede permaneceram com biomassa acima da capacidade de sustentação planejada. Como exemplo, a transferência de crescimento para terminação, normalmente realizada com peixes de 300 a 350 g de peso médio, chegou em alguns momentos a ser feita com peixes de peso médio superior a 450 g. Em função disso, reduzia-se a alimentação quando era percebido que a qualidade de água do sistema era prejudicada. A redução da taxa de alimentação também teve como objetivo a manutenção do peso de abate dentro do planejado e, apesar da maior extensão do ciclo de produção, foi possível manter a taxa de sobrevivência em níveis adequados, mas as medidas tomadas não foram suficientes para manter os custos de produção obtidos na primeira etapa de 2018 (Tabela 19).

Tabela 19 - Comparação dos principais índices que influenciaram o desempenho econômico do negócio entre semestres em 2018.

Índice	Período		Evolução
	1º semestre, 2018	2º semestre, 2018	
			%
Sobrevivência (%)	85,50	85,10	-0,47%
Peso final (kg)	1,02	1,04	1,92%
Densidade final de estocagem (kg m ⁻³)	72,59	75,06	3,29%
Conversão alimentar aparente	1,50	1,61	6,83%
Ciclo de produção (dias)	188	206	8,74%
Preço médio (R\$ kg ⁻¹ ração)	2,00	1,99	-0,50%
Mão de obra (R\$ hora ⁻¹ dia ⁻¹)	7,23	7,23	0,00%
Número de funcionários	18	19	5,26%
Custo do kg do peixe (R\$)	4,21	4,28	1,61%

De uma análise interativa dos índices zootécnicos é possível inferir que o aumento da densidade final de estocagem e do peso final dos peixes, aliados à redução no preço médio da ração, não foram suficientes para compensar o ciclo de produção mais longo, que também impactou na conversão alimentar (Tabela 20). Desta forma, o custo de produção foi 1,64 % superior ao custo do semestre anterior. É importante considerar ainda que se a opção tivesse sido reduzir a densidade final de estocagem em função da expectativa de extrapolação da capacidade do sistema pelo alongamento do ciclo, o resultado poderia ter sido pior, já que o momento de retirada dos animais foi atrasado em função do mercado. Se a empresa trabalhasse com densidades de estocagem menores, teria o mesmo tempo de ciclo de produção, provavelmente com biomassas semelhantes e peixes maiores (e acima do tamanho de mercado). Peixes maiores proporcionariam conversões alimentares piores.

Mas utilizando a planilha de simulação, pôde-se avaliar que se a decisão ainda no primeiro semestre de 2018, quando se perceberam as complicações do mercado, fosse de desacelerar os investimentos e manter os volumes do primeiro semestre do ano, o custo de produção seria ainda maior, R\$ 4,46 kg⁻¹ de peixes produzido, uma diferença de 4,20 % em relação ao resultado real obtido. Além disso, a produção adicional melhorou significativamente o desempenho do negócio. Chegou-se a um volume mensal de 142.815 kg de peixes produzidos por mês, ou seja, 43,12 % a mais de produção e faturamento, o que levou o projeto para um novo patamar de tamanho e rentabilidade.

Tabela 20 - Impacto dos principais índices avaliados sobre o custo final de produção (comparativo entre semestres de 2018).

Índice	Evolução
	%
Sobrevivência (%)	-0,12
Peso de abate (kg)	0,14
Densidade final de estocagem (peixes m ⁻³)	0,59
Conversão alimentar aparente	-5,20
Ciclo de produção (dias)	-1,63
Preço médio (R\$ kg ⁻¹ ração)	0,38
Mão de obra	0,00

Comparando-se a composição de custos dos dois semestres de 2018 (Tabela 21), observa-se uma redução acentuada das despesas com mão de obra, o que se deve em parte ao ganho de escala com a maior produção, mas também à alteração da capacidade volumétrica (tamanho) dos tanques-rede, que passaram em 2018 para a metragem de 6,0 x 6,0 x 4,0m. Como esperado, houve diluição dos custos fixos, mesmo considerando os investimentos realizados para aumento da produção. As despesas e custos não proporcionais (mão de obra e consultoria) também foram diluídas. A despesa com o custo financeiro do capital operacional utilizado teve ligeiro acréscimo, principalmente pela maior utilização de ração (piora na conversão alimentar), que chegou a quase 75 % do custo total de produção.

Tabela 21 - Comparação da composição do custo de produção entre semestres de 2018.

Componente de custo	Período	
	1º semestre, 2018	2º semestre, 2018
	----- % -----	
Mão de obra	5,79	3,98
Alevinos	4,09	3,96
Ração	71,30	74,92
Manutenção e despesas gerais	1,97	1,81
Consultoria	1,67	1,15
Vacinação	3,00	2,91
Remuneração sobre capital operacional	4,39	4,44
Custos fixos totais ^{II}	7,80	6,84
Total	100,00	100,00

^{II} depreciação e remuneração sobre o capital investido

A evolução dos principais índices zootécnicos e fatores de influência no resultado da produção ao longo dos anos 2016 a 2018 (Tabela 22) pode ser assim resumida: a sobrevivência

média aumentou em 30,92 %, o peso médio dos peixes em 22,35 % e a densidade final média de estocagem em 10,38 %. Houve melhora de 8,0 % no índice de conversão alimentar, o ciclo de produção (apesar dos percalços) foi reduzido em 1,90 % e as despesas com mão de obra reduzidas em 34,85 % (multiplicação do número de funcionários pelo valor médio pago por hora/dia). Apesar da aquisição e utilização de ração 6,45 % mais cara, o custo de produção total [CTP] foi 21,18% mais baixo.

Tabela 22 - Resumo dos principais índices avaliados de 2016 a 2018.

Ano	2016	2017	2017	2018	2018
Semestre		1º	2º	1º	2º
Sobrevivência (%)	65,0	83,7	82,1	85,5	85,1
Peso final (kg)	0,85	0,92	0,95	1,02	1,04
Densidade final de estocagem (kg m ⁻³)	68,00	55,00	61,75	72,59	75,06
Densidade final de estocagem (peixes m ⁻³)	80,00	59,80	65,00	71,20	72,20
Conversão alimentar aparente	1,75	1,56	1,46	1,50	1,61
Ciclo de produção (dias)	210	174	165	188	206
Preço médio (R\$ kg ⁻¹ ração)	1,87	1,90	2,00	2,00	1,99
Mão de obra (R\$ ⁻¹ hora ⁻¹ dia ⁻¹)	12,35	7,35	7,35	7,23	7,23
Número de funcionários	15	15	14	18	19
Custo do kg do peixe (R\$)	5,43	4,43	4,22	4,21	4,28
Volume mensal de produção (kg)	63.648	80.006	92.913	99.788	142.815

Para avaliação do benefício econômico dos ajustes no manejo do sistema de produção, foi desconsiderado o aumento do volume de produção em função dos investimentos realizados para 2018, e utilizados os índices alcançados no segundo semestre de 2018 como base para comparações a partir do uso da planilha de simulação. Neste caso, o CTP seria reduzido em 16,02%, de R\$ 5,43 para R\$ 4,56 kg⁻¹ de tilápia produzida, e o volume de produção chegaria a 93.722 kg de tilápia mês⁻¹, ou seja, um aumento de 47,25 %. Este cenário permite inferir que a redução de R\$ 0,87 no custo do kg da tilápia produzida foi resultado dos ajustes no manejo dos sistemas (considerando o impacto destas mudanças no volume total produzido).

A diluição dos custos fixos totais (depreciação e remuneração sobre o capital investido) e operacionais (mão de obra e consultoria) foram os principais fatores responsáveis pelo ganho de escala obtido com o aumento da produção, resultando em uma redução de R\$ 0,28 no custo de produção, o que determinou o custo final do kg de tilápia produzida em R\$ 4,28. (Figura 8). Entretanto, o ganho de escala, como já mencionado, tem outro impacto fundamental na rentabilidade do negócio: o aumento de produção e faturamento. Somente os ajustes realizados no manejo e gestão da propriedade elevaram a produção para mais de 90 t mês⁻¹. Os investimentos permitiram um acréscimo de 49.393 kg de tilápia produzida mensalmente, uma média de 142.815

kg de produção, o que correspondeu a um aumento total de 124,38 %. O aumento do volume de produção exigiu da empresa aumentar seu capital operacional imobilizado em 67,53 %. O custo desse capital está considerado nas avaliações e simulações econômicas deste trabalho, mas o investidor tem que estar ciente da necessidade da disponibilidade desse capital.

Figura 8 - Comparação de valores relativos dos principais fatores influenciadores do custo de produção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Brugère e Ridler (2004) estimaram que a produção de pescado do Brasil em 2030 chegaria a 21.345.000 t, mesmo considerando as taxas de crescimento nacional ajustadas para o longo período de 2020 a 2030, mas também previam alguns possíveis entraves (não exclusivos do país) para que se chegasse a essa produção: problemas sanitários, a oposição da sociedade (conflito de interesses), contexto macroeconômico, a instabilidade política, encargos administrativos e disponibilidade de farinha de peixes. Consideraram ainda fundamental que os países com potencial para um crescimento desta magnitude tivessem uma ambição “realista” de expandir sua produção de aquicultura e que as previsões fossem compatíveis com aumentos projetados na demanda por pescado. Chegamos a mais da metade do tempo considerado para alcançarmos o objetivo, mas a produção não chegou a 3,5% do volume previsto.

Em um ambiente econômico competitivo e extremamente dinâmico, é fundamental que as empresas trabalhem seus custos de forma eficiente, e um dos meios para otimização do negócio envolve a organização do processo de produção de maneira que se alcance a máxima utilização dos fatores produtivos (insumos) envolvidos no processo. Quando a expansão da capacidade de produção resulta em aumento na quantidade total produzida sem aumento proporcional no custo de produção, tem-se a redução no custo médio do produto, ou seja, atinge-se o nível de economia de escala. Mas são poucos os sistemas agroindustriais que trabalham com tilápia que detém o controle de todas as etapas (de operação) do ciclo de produção: produção de formas jovens, recria, crescimento, terminação, processamento e comercialização. É teoricamente claro que o controle de todos esses processos não só facilita a gestão estratégica do negócio, como permite o acúmulo dos ganhos financeiros de cada etapa da cadeia, tornando o negócio mais rentável como um todo. Além disso, com toda a estrutura trabalhando com máxima eficiência, fica mais simples avaliar os pontos de estrangulamento do empreendimento, definir prioridades de investimento e projetar o crescimento do negócio e os ganhos de escala de forma ordenada e assertiva. Porém, é fundamental que a empresa consiga realizar uma gestão baseada na interpretação das informações do negócio de forma integrada. Entretanto, muitas vezes, a concentração das decisões mais complexas com os gestores de cada etapa do processo produtivo, de forma individualizada, faz com que na prática a teoria não se concretize.

Este estudo de caso demonstra que é possível reduzir custos de produção com planejamento e gestão, aumentando a eficiência com que os recursos são utilizados, ajustando procedimentos técnicos e gerindo o negócio de forma assertiva. O aumento do volume produzido aliado à redução nos custos de produção, em decorrência do ganho com o aumento de escala do negócio, foi

fundamental para que a propriedade saísse de um resultado operacional negativo em 2016, para uma rentabilidade adequada em 2018.

REFERÊNCIAS

- Ang, K.P.; Petrell, R.J. 1997. Control of feed dispensation in sea cages using underwater video monitoring: effects on growth and food conversion. *Aquacultural Engineering* 16: 45-62.
- Associação Brasileira de Piscicultura [Peixe BR] 2019. Anuário Peixe BR da Piscicultura 2019. Associação Brasileira de Piscicultura, São Paulo, SP.
- Ayrosa, L.M.S.; Romagosa, E.; Ayrosa, D.M.M.R.; Scorvo Filho, J.D.; Salles, F.A. 2011. Custos e rentabilidade da produção de juvenis de tilápia-do-Nilo em tanques-rede utilizando-se diferentes densidades de estocagem. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40(2): 231-239.
- Bailey, D.S., Rakocy, J.E., Cole, W.M., Shultz, K.A. 1997. Economic analysis of a commercial-scale aquaponic system for the production of tilapia and lettuce. p. 603-612 in Fitzsimmons, K., editor. *Tilapia Aquaculture: Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Orlando, Florida. Northeast Regional Agricultural Engineering Service [NRAES], Ithaca, NY, USA. NRAES 106, v.2.
- Balarin, J.D., Haller, R.D. 1982. The intensive culture of tilapia in tanks, raceways and cages. p. 267-355 in Muir, J.F.; Roberts, R.J. *Recent Advances in Aquaculture*. Croom Helm, London, England.
- Barone, R.S.C.; Lorenz, E.K.; Sonoda, D.Y.; Cyrino, J.E.P. 2017. Fish and fishery products trade in Brazil, 2005 to 2015: A review of available data and trends. *Scientia Agricola* 74(5): 417-424.
- Barros, A.F.; Martins, M.I.E.G. 2012. Performance and economic indicators of a large scale fish farming in Mato Grosso, Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41(6): 1325-1331.
- Beveridge, M.C.M. 1984. *Cage and Pen Fish Farming: Carrying capacity models and environmental impact*. Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], Rome, Italy.
- Beveridge, M.C.M. 1996. *Cage Aquaculture*. 2.ed. Fishing News Books, Surrey, England.
- Beveridge, M.C.M.; L.G. Ross; L. Kelly. 1994. Aquaculture and biodiversity. *Ambio* 23: 497-502.
- Borghetti, J.R.; Canzi, C. 1993. The effect of water temperature and feeding rate on the growth rate of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) raised in cages. *Aquaculture* 114: 93-101.
- Bostock, J.; McAndrew, B.; Richards, R.; Jauncey, K.; Telfer, T.; Lorenzen, K.; Little, D.; Ross, L.; Handisyde, N.; Gatward, I.; Corner, R. 2010. Aquaculture: Global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365: 2897-2912.
- Boyd, C.E. 2000. *Water Quality: An introduction*. Springer Cham Heidelberg, New York, NY, USA.

- Bozano, G.L.N.; Rodrigues, S.R.M.; Caseiro, A.C.; Cyrino, J.E.P. 1999. Desempenho da tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* (L.) em gaiolas de pequeno volume. *Scientia Agricola* 56(4): 819-825.
- Brabo, M.F.; Veras, G.C.; Paiva, R.S.; Fujimoto, R.Y. 2014. Aproveitamento aquícola dos grandes reservatórios brasileiros. *Boletim do Instituto de Pesca* 40(1): 121-134.
- Brasil. 2011. Ministério da Pesca e Aquicultura [MPA]. Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011. MPA, Brasília, DF.
- Brugère, C.; Reidler, N. 2004. Global Aquaculture Outlook in the Next Decades: An analysis of national aquaculture production forecasts to 2030. FAO Fisheries Circular No. 1001. FAO, Rome, Italy.
- Brugère, C.; Ridler, N.; Haylor, G.; MacFadyen, G.; Hishamunda, N. 2010. Aquaculture planning: Policy formulation and implementation for sustainable development. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 542. FAO, Rome, Italy.
- Byron, C.J.; Costa-Pierce, B.A. 2013. Carrying capacity tools for use in the implementation of an ecosystems approach to aquaculture. p. 87-101 in L.G. Ross, L.G.; Telfer, T.C.; Falconer, L.; Soto, D.; Aguilar-Manjarrez, J. Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 21. FAO, Rome, Italy.
- Cacho, O.; H. Kinnucan; Hatch, U. 1991. Optimal control of fish growth. *American Journal of Agricultural Economics* 73(1): 174-183.
- Cai, J.; Leung, P.S.; Luo, Y.; Yuan, X.; Yuan, Y. 2018. Improving the performance of tilapia farming under climate variation: Perspective from bioeconomic modelling. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 608: I-64. FAO, Rome, Italy.
- Campbell, D. 1985. Large scale cage farming of *Sarotherodon niloticus*. *Aquaculture* 48: 57-69.
- Campos, C.M.; Ganeco, L.N.; Castellani, D.; Martins, M.I.E.G. 2007. Avaliação econômica da criação de tilápias em tanque-rede, município de Zacarias, SP. *Boletim do Instituto da Pesca* 33(2): 265-271.
- Carneiro, P.C.F.; Martins, M.I.E.G.; Cyrino, J.E.P. 1999. Estudo de caso da criação comercial de tilápia vermelha em tanques-rede - Avaliação econômica. *Informações Econômicas* 29: 52-64.
- Carro-Anzalotta, A.E.; McGinty, A. 1986. Effects of stocking density on growth of *Tilapia nilotica* cultured in cages and ponds. *Journal of The World Aquaculture Society* 17(1-4): 52-57.
- Castagnolli, N.; Torrieri Jr., O. 1980. Confinamento de peixes em tanques-rede. *Ciência e Cultura* 32(11): 1513-1517.

- Cervo, A.L.; Bervian, P.A.; Silva, R. 2007. Metodologia Científica. 6ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo, SP.
- Cho, C.Y.; Hynes, J.D.; Wood, K.R.; Yoshida, H.K. 1994. Review: Development of high-nutrient-dense, low-pollution diets and prediction of aquaculture wastes using biological approaches. *Aquaculture* 124: 293-305.
- Christensen, M.S. 1989. The intensive cultivation of freshwater fish in cages in tropical and subtropical regions. *Animal Research and Development* 29. Institute for Scientific Cooperation, Hamburg, Germany.
- Christensen, M.S.; Pauly, D. 1998. Changes in models of aquatic ecosystems approaching carrying capacity. *Ecological Applications* 8(1) Supplement: S104-S109.
- Coche, A. 1978. Revue des pratiques d'élevage de poissons en cages dans les eaux continentales. *Aquaculture* 13(2): 157-189.
- Coelho, S.R.C.; Cyrino, J.E.P. 2006. Custos na produção intensiva de surubins em gaiolas. *Informações Econômicas* 36(4): 7-14.
- Colt, J. 1991. Aquacultural production systems. *Journal of Animal Science* 69: 4183-4192.
- Conte, L.; Sonoda, D.Y.; Shiota, R.; Cyrino, J.E.P. 2008. Productivity and economics of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cage culture in South-East Brazil. *Journal of Applied Aquaculture* 20(1): 18-37.
- Costa, J.I.; Sabbag, O.J.; Martins, M.I.E.G. 2018. Economic evaluation of tilapia production in cages in the middle Paranapanema-SP. *Custos e Agronegócio* 14(4): 259-281.
- Creswell, J.W. 2016. Projeto de Pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3ed. Artmed® Editora, Porto Alegre, RS.
- Creswell, R.L.R., Campbell, D.; Shapiro, M.J. 1993. *Aquaculture Desk Reference*. Van Nostrand Reinhold, New York, NY, USA.
- Cyrino, J.E.P.; Conte, L. 2001. Fundamentos da Criação de Peixes em Tanques-rede. Série Produtor Rural, 14. DIBD-ESALQ, Piracicaba, SP.
- Cyrino, J.E.P.; Carneiro, P.C.F.; Bozano, G.L.N.; Caseiro, A.C. 1998. Desenvolvimento da criação de peixes em tanques-rede: Uma análise dos fundamentos, viabilidade e tendências, baseada em experiências bem-sucedidas no Sudeste do Brasil. p. 409-433 *in* Valenti, W.C.; S. Zimmermann, S.; Poli, C.R.; Poli, A.T.B.; Moraes, F.R.; Volpato, G.; Câmara, M.R.. Anais do Simpósio Brasileiro de Aquicultura X. Recife, PE.
- Delphino, M.K.V.C.; Barone, R.S.C.; Leal, C.A.G.; Figueiredo, H.C.P.; Gardner, I.A.; Gonçalves V.S.P. 2019. Economic appraisal of vaccination against *Streptococcus agalactiae* in Nile tilapia farms in Brazil. *Preventive Veterinary Medicine* 162: 131-135.

- Domínguez-May, R., J.M. Hernández, E. Gasca-Leyva, and G.R. Poot-López. 2011. Effect of ration and size heterogeneity on harvest time: tilapia culture in Yucatan, Mexico, *Aquaculture Economics & Management*, 15:4, 278-301
- Duarte, S.A.; Nelson, R.G.; Maser, M.P. 1994. Profit-maximizing stocking rates for channel catfish in cages. *Journal of The World Aquaculture Society* 25(3): 442-447.
- El-Sayed, A.-F.M. 2006. Nutrition and feeding. p. 95-111 *in*: El-Sayed, A.-F. M. *Tilapia Culture*. 1ed. CABI Publishing International, Wallingford, OX, UK.
- Engle, C.R. 2010. *Aquaculture Economics and Financing: Management and analysis*. Wiley-Blackwell, Ames, IA, USA.
- Fantini, L.E.; Lara, J.A.F.; Belbem, A.C.B.; Ushizima, T.T.; Povh, J.A.; Campos, C.M. 2015. Quality attributes of surubim (*Pseudoplatystoma* spp.) meat. *Semina: Ciências Agrárias* 36(6): 3957-3964.
- Fernandes Jr., A.C.; Carvalho, P.L.P.F.; Pezzato, L.E.; Koch, J.F.A.; Teixeira, C.P.; Cintra, F.T.; Damasceno, F.M.; Amorin, R.L.; Padovani, C.R.; Barros, M.M. 2016. Effect of the digestible protein to digestible energy ratio and choline supplementation on growth, hematological parameters, liver steatosis and the size-sorting stress response in Nile tilapia under field conditions. *Aquaculture* 456: 83-93.
- Firetti, R.; Sales, D.S. 2004. O futuro promissor da cadeia produtiva da piscicultura comercial. *Anualpec*.11: 305-307.
- Fitzsimmons, K. 1997. Introduction to growth of tilapia. p. 129-130 *in* Fitzsimmons, K., editor. *Tilapia Aquaculture: Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Orlando, Florida. Northeast Regional Agricultural Engineering Service [NRAES], Ithaca, NY, USA. NRAES 106, v.1.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2016. FAOSTAT. FAO, Rome, Italy.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2018. *The State of The World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals*. FAO, Rome, Italy.
- Forster, J.; Hardy, R. 2001. Measuring efficiency in intensive aquaculture. *World Aquaculture* 32(2): 41-45.
- Fry, J.P.; Mailloux, N.A.; Love, D.C.; Milli, M.C.; Cao, L. 2018. Feed conversion efficiency in aquaculture: Do we measure it correctly? *Environmental Research Letters* 13(2), 024017.
- Furlaneto, F.D.P.B.; Ayroza, D.M.M.R.; Ayroza, L.M.S. 2006. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (*Oreochromis* spp.) em tanque-rede no médio Paranapanema, Estado de São Paulo, safra 2004/05. *Informações econômicas* 36(3): 63-69.

- Furuya, W.M.; Pezzato, L.E.; Barros, M.M.; Boscolo, W.R.; Cyrino, J.E.P.; Furuya, V.R.B.; Feiden, A. 2010. Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias. GFM Gráfica e Editora, Toledo, PR.
- Gasca-Leyva, E.; Hernandez, J.M.; Veliov, V.M. 2006. Optimal harvesting time in fish farming with heterogenous population. IIFET Portsmouth Proceedings, p. 1-7.
- Geffen, A. 1979. Rotating fish cages to prevent fouling. *Aquaculture* 16(1): 83-85.
- Gil, A.C. 2017. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 6ed. Editora Atlas, São Paulo, SP.
- Gonçalves, T.M; Almeida, A.J.L.; Borges, E.D.E.S. 2003. Características de carcaça de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em quatro classes de peso ao abate. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 25(1): 25-29.
- Helfrich, L.A.; Garling, D.L. 2009. Planning for commercial aquaculture. Virginia Cooperative Extension Publication No. 420-012.
- Hepher, B. 1978. Ecological aspects of freshwater fishpond management. p. 447-468 in Gerking, S.D. *Ecology of Freshwater Fish Production*. Blackwell Scientific Publications, London, UK.
- Hepher, B.; Pruginin, Y. 1981. *Commercial Fish Farming*. Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons. New York, NY, USA.
- Huguenin, J.E. 1997. The design, operations and economics of cage culture systems. *Aquacultural Engineering* 16(3): 167-203.
- Huguenin, J.E.; Ansuini, F.J. 1978. A review of the technology and economics of marine fish cage systems. *Aquaculture* 15(2): 151-170.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. 2011. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009 - Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. IBGE, Rio de Janeiro, RJ.
- Jauncey, K. 1998. *Tilapia Feeds and Feeding*. Pisces Press, Stirling, UK.
- Jolly, M.J.; Clonts, H.A. 1993. *Economics of Aquaculture*. Food Products Press, New York, NY, USA.
- Kazmierczak Jr.; Caffey, R.H. 1996. The bioeconomics of recirculating aquaculture systems. Louisiana State University Agricultural Center, Bulletin No. 854. Louisiana Agricultural Experiment Station, Baton Rouge, LA, USA.
- Khaw, H.L.; Ponzoni, R.W.; Yee, H.Y.; bin Aziz, M.A.; Mulder, H.A.; Marjanovic, J.; Bijma, P. 2016. Genetic variance for uniformity of harvest weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 451: 113-120.
- Koch, J.F.A.; Barros, M.M.; Teixeira, C.P.; Carvalho, P.L.P.F.; Fernandes Jr., A.C.; Cintra, F.T.; Pezzato, L.E.. 2016. Protein-to-energy ratio of 21.43 g MJ⁻¹ improves growth performance of Nile tilapia at the final rearing stage under commercially intensive rearing conditions. *Aquaculture Nutrition* 23(3): 560-570.

- Leonhardt, J.H.; Caetano Filho, M.; Frossard, H.; Moreno, A.M. 2006. Características morfológicas, rendimento e composição do filé de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, da linhagem tailandesa, local e do cruzamento de ambas. *Semina: Ciências Agrárias* 27(1): 125-132.
- Martin, N.B.; Scorvo Filho, J.D.; Sanches, E.G.; Novato, P.F.C.; Ayrosa, L.M.S. 1995. Custos e retornos da piscicultura em São Paulo. *Informações Econômicas* 25(1): 9-47.
- Martínez-Llorens, S.; Moñino, A.V.; Vidal, A.T.; Salvador, V.J.M.; Torres, M.P.; Cerdá, M.J. 2007. Soybean meal as a protein source in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) diets: effects on growth and nutrient utilization. *Aquaculture Research* 38: 82-90.
- Matsunaga, M.; Bemelmans, P.F.; Toledo, P.E. 1976. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA [Brasil]. *Agricultura em São Paulo* 23(1): 123-139.
- McGinty, A.S. 1991. Tilapia production in cages: Effects of cage size and number of non-caged fish. *The Progressive Fish Culturist* 53: 246-249.
- Mengistu, S.; Mulder, H.A.; Benzie, J.A.H.; Komen, J. 2017. A systematic review of management factors affecting growth, feed conversion ratio and survival in Nile tilapia. P. 753-754 *in* Proceedings of the International Conference and Exposition of the European Aquaculture Society [EAS], Dubrovnik, Croatia. EAS, Oostende, Belgium
- Moniruzzaman, M.; Uddin, K.B.; Basak, S.; Mahmud, Y.; Zaher, M.; Bai, S.C. 2015. Effects of stocking density on growth, body composition, yield and economic returns of monosex tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) under cage culture system in Kaptai Lake of Bangladesh. *Journal of Aquaculture Research & Development* 6: 357
- Moraes, A.M.; Seiffert, W.Q.; Tavares, F.; Fracalossi, D.M. 2009. Desempenho zootécnico de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede, com diferentes rações comerciais. *Revista Ciência Agronômica* 40(3): 388-395.
- National Research Council [NRC]. 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. Animal Nutrition Series. Committee on Animal Nutrition, Board of Agriculture, National Research Council. The National Academy Press, Washington, DC, USA.
- Nguyen, N.H.; Ponzoni, R.W.; Abu-Bakar, K.R.; Hamzah, A.; Khaw, H.L.; Yee, H. Y. 2010. Correlated response in fillet weight and yield to selection for increased harvest weight in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain), *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 305(1-4): 1-5.
- Omasaki, S.K.; Janssen, K.; Besson, M.; Komen, H. 2017. Economic values of growth rate, feed intake, feed conversion ratio, mortality and uniformity for Nile tilapia. *Aquaculture* 481: 124-132.

- Osofero, S.A.; Otubusin, S.O.; Daramola, J.A. 2009. Effect of stocking density on tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1757) growth and survival in bamboo-net cages trial. *African Journal of Biotechnology* 8(7): 1322-1325.
- Perez, M.T.; Robledillo, J.M.M. 1989. Piscicultura en jaulas flotantes. Hojas Divulgadoras. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Dirección General de Investigación y Capacitación Agrárias, Servicio de Extension Agrária, Madrid, España.
- Popma, T.J.; Lovshin, L.L. 1996. Worldwide Prospects for Commercial Production of Tilapia. Research and Development Series, 41. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL, USA.
- Rabobank. 2016 Feeding Nemo: turning Brazil's economic turmoil into seafood business opportunities. Rabobank Industry Note No. 564. Rabobank, Amsterdam, The Netherlands.
- Ridha, M.T. 2016. Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. at two stocking densities. *Aquaculture Research* 37(2): 172-179.
- Sabaini, D.Q.; Casagrande, L.P.; Barros, A.F. 2015. Viabilidade econômica da criação do pintado da Amazônia (*Pseudoplatystoma* spp.) em tanques-rede no estado de Rondônia, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* 41(4): 825-835.
- Schmittou, H.R. 1997. Produção de peixes em alta densidade em tanques-rede de pequeno volume. Associação Americana de Soja & Mogiana Alimentos, Campinas, SP.
- Schulter, E.P.; Vieira Filho, J.E.R. 2017. Evolução da piscicultura no Brasil: Diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. Texto para Discussão, No. 2328. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, DF.
- Scorvo Filho, J.D.; Mainardes-Pinto, C.S.R.; Paiva, P.D.; Verani, J.R.; Silva, A.L. 2008. Custo operacional de produção da criação de tilápias tailandesas em tanques-rede, de pequeno volume, instalados em viveiros povoados e não povoados. *Custos e @gronegocio* 4(2): 98-116.
- Scorvo Filho, J.D.; Frascá-Scorvo, C.M.D.; Alves, J.M.C.; Souza, F.R.A. 2010. A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39(supl. especial): 112-118.
- Shoemaker, C.A.; Evans, J.J.; Klesius, P.H. 2000. Density and dose: factors affecting mortality of *Streptococcus* infected tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 188(3-4): 229-235.
- Sidônio, L.R.; Cavalcanti, I.M.; Capanema, L.X.L.; Morch, R.B.; Magalhães, G.; Lima, J.F.; Burns, V.A.C.; Alves Júnior, A.J.; Mungioli, R.P. 2011. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. *BNDES Setorial* 35: 421-463.

- Sonoda, D.Y. 2002. Análise econômica do sistema de produção de tilápias em tanques rede para diferentes mercados. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- Sonoda, D.Y.; Cyrino, J.E.P.; Shiota, R. 2016. Biomassa econômica da produção de tilápias em tanques-rede em propriedade rural no sudeste do Brasil. *Revista iPecege* 2(4): 60-72.
- Souza, G.M.; Leite, M.A. 2016. Custo de produção de piscicultura da espécie tilápia no sistema intensivo em tanque-rede. *Qualia: A ciência em movimento* 2(2): 141-167.
- Souza, M.L.R.; Viegas, E.M.M.; Sobral, P.J.A.; Kronka, S.N. 2005. Efeito do peso de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre o rendimento e a qualidade de seus filés defumados com e sem pele. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 25(1): 51-59.
- Springborn, R.R.; Jensen, A.L.; Chang, W.Y.B.; Engle, C. 1992. Optimum harvest time in aquaculture: an application of economic principles to a Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), growth model. *Aquaculture and Fisheries Management* 23: 639-647.
- Tacon, A.G.J. 1992. Nutritional Fish Pathology. Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], Fisheries Technical Paper 330. FAO, Rome, Italy
- Tett, P. 2010. Fish farm wastes in the ecosystem. p. 1-46 *in* Holmer, M.; Black, K.; Duarte, C.M.; Marbà, N.; Karakassis, N. *Aquaculture in the Ecosystem*. Springer Science + Business Media B.V., San Bernardino, CA, USA.
- Turco, P.H.N.; Donadelli, A.; Fracá-Scorvo, C.M.D.; Scorvo Filho, J.D.S.; Tarsitano, M.A.A. 2014. Análise econômica da produção de tilápia, em tanques-rede de pequeno volume: manejo de ração com diferentes teores de proteína bruta. *Informações Econômicas* 44: 5-11.
- Vera-Calderón, L.E.; Ferreira, A.C.M. 2004. Estudo da economia de escala na piscicultura em tanque-rede, no estado de São Paulo. *Informações Econômicas* 34(1): 7-17.

Anexo A. Planilha dinâmica de simulação e avaliação de resultados econômicos.

Análise econômica da criação de tilápia em tanques-rede							
					Sobrevivência (%)	65,0%	
Tamanho do projeto					Peso de abate (kg)	0,85	
Número de tanques	90	40			Densidade (kg/m³)	68	
Diametro (m)	4,0	6,0			Número de peixes/m³	80	
Comprimento (m)	4,0	6,0			Conversão alimentar aparente	1,75	
Profundidade (m)	3,0	4,0			Ciclo de produção (dias)	7	
Custo / TR (R\$)	R\$ 4.000,00	R\$ 6.000,00			Preço médio em R\$ /kg ração	R\$ 1,87	
Volume total (m³)	10.080				Alevino (R\$/mil)	R\$ 150,00	
					Mão-de-obra (R\$/hora/dia)	R\$ 12,35	
Total investido (R\$)	R\$ 1.747.500,00				Número de funcionários	15	
Produção mensal (Kg)	63.648				Custo do kg do peixe (CTP)	R\$ 5,43	
Custos fixos por ciclo							
Depreciação							
Unidade	Valor inicial	Valor final	Vida útil		Depreciação / ano	Depreciação / ciclo	Valor Residual
Tanques-rede	R\$ 600.000,00	R\$ -	R\$ 5,00	R\$ 120.000,00	R\$ 70.000,00	-R\$ 100.000,00	
Galpão	R\$ 422.000,00	R\$ -	R\$ 20,00	R\$ 21.100,00	R\$ 12.308,33	R\$ 298.916,67	
Estrutura	R\$ 406.500,00	R\$ -	R\$ 3,00	R\$ 135.500,00	R\$ 79.041,67	-R\$ 383.916,67	
Equipamentos	R\$ 63.000,00	R\$ -	R\$ 5,00	R\$ 12.600,00	R\$ 7.350,00	-R\$ 10.500,00	
Veículos	R\$ 256.000,00	R\$ -	R\$ 5,00	R\$ 51.200,00	R\$ 7.978,67	R\$ 176.213,33	
Total				R\$ 340.400,00	R\$ 176.678,67	-R\$ 19.286,67	
Remuneração sobre o K médio (10% aa)							
Capital	Capital Médio	Remuneração / ano		Remuneração / ciclo			
R\$ 1.747.500,00	R\$ 873.750,00	R\$ 87.375,00		R\$ 50.968,75			

<u>Custos variáveis por ciclo</u>						
<u>Mão-de-obra</u>	nº homens	Horas/dia	R\$/hora	dias no ciclo	Total / ciclo	
	15	8	R\$ 12,35	210	R\$ 311.220,00	12,87%
<u>Alevinos</u>	Número	\$ unitário			Total / ciclo	
	806.400	R\$ 0,15			R\$ 120.960,00	5,00%
<u>Ração</u>	kg de peixe	C. Alimentar	kg de ração	\$ da ração	Total / ciclo	
	445.536	1,75	779.688,00	R\$ 1,87	R\$ 1.458.016,56	60,30%
<u>Manutenção e despesas gerais</u>	Valor base	7,5% / ano			Total / ciclo	
	R\$ 1.325.500,00	R\$ 99.412,50			R\$ 57.990,63	2,40%
<u>Consultoria</u>	Valor	Qtde/ciclo			Total / ciclo	
	R\$ 7.000,00	7,00			R\$ 49.000,00	2,03%
<u>Vacina</u>	Valor por dose	Qtde/ciclo			Total / ciclo	
	R\$ 0,11	806.400,00			R\$ 88.704,00	3,67%
<u>Sub-total dos custos variáveis</u>					Total / ciclo	
					R\$ 2.085.891,19	86,27%
<u>Juros K circulante médio (10%aa)</u>					Total / ciclo	
					R\$ 104.294,56	4,31%
<u>Custos variáveis totais</u>					Total / ciclo	
					R\$ 2.190.185,74	90,58%
<u>Custos fixos totais</u>					Total / ciclo	
					R\$ 227.647,42	9,42%
<u>Custos totais</u>					Total / ciclo	
					R\$ 2.417.833,16	100,00%

<u>Resumo da Avaliação Econômica (Primeiro ciclo)</u>	
Investimento (R\$)	R\$ 1.747.500,00
Custo variável (R\$/ciclo)	R\$ 2.190.185,74
Depreciação (R\$/ciclo)	R\$ 227.647,42
Custo do capital (R\$/ciclo)	R\$ 155.263,31
Custo operacional efetivo (R\$/ciclo)	R\$ 2.085.891,19
Produção / ano (kg)	763.776
Produção / ciclo (kg)	445.536
Produção / mês (kg)	63.648
Custo CTP (R\$/kg)	R\$ 5,43
Custo COE (R\$/kg)	R\$ 4,68