

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS**  
**E ENGENHARIA DE PESCA**

**MANOEL JOÃO RAMOS**

Fatores determinantes de competitividade: uma análise da agroindústria de  
processamento de tilápias no oeste do Paraná – Brasil

Toledo

2019

**MANOEL JOÃO RAMOS**

Fatores determinantes de competitividade: uma análise da agroindústria de  
processamento de tilápias no oeste do Paraná – Brasil

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Aldi Feiden

Co-orientador: Prof. Dr. Rui Manuel de S. Fragoso

Toledo

2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Ramos, Manoel João

Fatores determinantes de competitividade : uma análise da agroindústria de processamento de tilápias no oeste do Paraná - Brasil / Manoel João Ramos; orientador(a), Aldi Feiden; coorientador(a), Rui Manuel de Sousa Fragoso, 2019.

67 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Toledo, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, 2019.

1. Cadeias Produtivas Agroindustriais. 2. Piscicultura . 3. Competitividade Agroindustrial. 4. Modelagem Matemática. I. Feiden, Aldi. II. Fragoso, Rui Manuel de Sousa. III. Título.

**MANOEL JOÃO RAMOS**

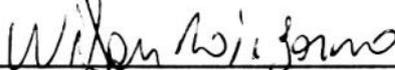
Fatores determinantes de competitividade: uma análise da agroindústria de processamento de tilápias no oeste do Paraná - Brasil

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, área de concentração Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, linha de pesquisa Aquicultura, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



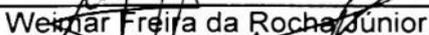
Orientador(a) – Aldi Feiden

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* de Toledo (UNIOESTE)

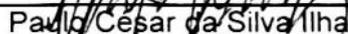


Wilson Rogério Boscolo

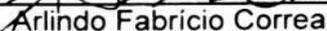
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* de Toledo (UNIOESTE)



Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* de Toledo (UNIOESTE)



Faculdade de Ensino Superior de Marechal Cândido Rondon (ISEPE RONDON)



Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

Toledo, 27 de fevereiro de 2019.

## DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho a todos aqueles que contribuíram para sua realização, em especial minha família e aos professores que não mediram esforços para transmitir seus conhecimentos”.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, acima de todos, agradeço a Deus por guiar meus passos, iluminar meu caminho e dar tranquilidade e paz para seguir em frente com os meus objetivos e jamais desanimar com perante as dificuldades.

Agradeço aos meus pais, João e Sílvia, que sempre me motivaram, entenderam as minhas ausências nos momentos de afastamento para se dedicar aos estudos, sempre incentivando e mostrando o quão importante é estudar, mesmo não tendo eles a mesma oportunidade no passado. Agradeço também aos meus irmãos José, Silvana, Lucimara e Graciele, que sempre estiveram ao meu lado oferecendo apoio, carinho e compreensão, sempre me estimulando a seguir em frente com meus objetivos.

Ao meu orientador nacional, o Professor Dr. Aldi Feiden, por toda a dedicação, compreensão e amizade, pelos desafios cada vez mais complexos propostos na realização deste trabalho e pelo estímulo e exigência crescente que foram impostos à medida que caminhávamos para o desenvolvimento e conclusão das pesquisas.

Da mesma forma, agradeço ao meu co-orientador internacional, o Professor Dr. Rui Manuel de Sousa Fragoso, pela amizade demonstrada durante a realização do meu estágio de doutoramento na Universidade de Évora, em Portugal, pela preciosa contribuição dada ao desenvolvimento do meu trabalho e pelas parcerias na escrita dos artigos científicos.

Agradeço também aos colegas portugueses com os quais construí um relacionamento de amizade durante minha estadia em Portugal. Neste aspecto agradeço em especial aos professores do Departamento de Gestão, os doutores Carlos Marques, Luís Coelho, José Biléu Ventura, Maria Leonor Carvalho, Maria Raquel Lucas, Paulo Resende da Silva, Andreia Dionísio, entre outros. Agradeço também a família Rocha, o Sr. João Manuel, a Sra. Margarida, e suas filhas Inês, Rita e Alice Rocha, que me acolheram em sua residência com muito carinho. Sou eternamente grato pela amizade que construímos.

Manifesto também minha gratidão a todos os professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, por oportunizar conhecimentos que me acompanharão pela vida toda. Agradeço ainda, aos professores Dr. Altevir Signor e Dr. Pery Francisco de Assis Shikida, da Unioeste e dos professores Dra. Maria Leonor e Rui Fragoso, da Universidade de Évora, por contribuir no processo que proporcionou meu estágio internacional. Agradeço a todos os discentes do Programa de Pós-Graduação, principalmente aos companheiros de trabalho e pesquisa na

Unioeste/Toledo, o Dr. Antônio Carlos Chidichima e o Dr. Anderson Coldebella, pelo apoio e dedicação em todos os estudos que juntos desenvolvemos.

Agradeço aos amigos Pedro Garcia e Henrique Nogueira, companheiros das aventuras que passamos por alguns países da Europa ... Foi uma curta jornada, porém fantástica. Agradeço também a amizade construída em Évora com o casal Dr. Julyerme e Dra. Joyce Tonin, da Universidade de Maringá, com o professor Dr. Dênis Cunha, da Universidade Federal de Viçosa, entres outros amigos especiais que conheci durante o estágio.

Agradeço, também, à CAPES pelo apoio financeiro para a realização do meu estágio no exterior, à Faculdade de Ensino Superior de Marechal Cândi Rondon, pela liberação para minha ausência durante o estágio no exterior. Obrigado a todos pelo apoio.

Agradeço aos membros da comissão avaliadora pelas preciosas contribuições que certamente tornará este estudo mais preciso para toda a comunidade interessada.

Finalmente, agradeço à Universidade Estadual do Oeste do Paraná e a Universidade de Évora por abrirem as portas para que eu pudesse realizar este sonho: O doutoramento em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca. Isso me proporcionou muito mais que a busca por conhecimento técnico e científico, me proporcionou uma LIÇÃO DE VIDA.

#### AGRADECIMENTO ESPECIAL

Meu agradecimento mais profundo é especialmente dedicado a duas pessoas: minha querida esposa Vandineia e minha adorável filha Ana Paula. Agradeço a vocês pelo amor incondicional e por estarem ao meu lado o tempo todo, mesmo quando estive ausente me dedicando ao estágio sanduiche fora do país. Agradeço pelo carinho e pelo conforto nos momentos mais difíceis, pela compreensão e pelos incentivos que me fizeram acreditar que chegaria ao final desta difícil, mas gratificante etapa. O período em que ficamos distantes demonstrou a verdade sobre o nosso relacionamento: somos uma família. Sou imensamente grato por cada gesto de carinho, por cada sorriso, pela confiança e, principalmente, pelo amor que vocês têm por mim, o qual é recíproco para com vocês.

Tese elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica das revistas:  
Artigo 1: *Gestão & Produção*. Disponível em: <http://www.dep.ufscar.br/revista/>  
Artigo 2: *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*. Disponível em: <https://www.degruyter.com/view/j/jafio>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	10
<b>1.1 Abordagem analítica e apresentação dos modelos aplicados</b> .....	12
1.1.1 O método <i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP).....	12
1.1.2 A Abordagem do Supply Chain Network Design (SCND).....	12
1.1.3 A Abordagem de Cadeias Produtivas.....	13
<b>2. HIERARQUIA DE ESTRATÉGIAS PARA AMPLIAR A COMPETITIVIDADE NA AGROINDÚSTRIA DE FILETAGEM DE TILÁPIAS</b> .....	15
<b>2.1 Introdução</b> .....	16
<b>2.2 Desempenho e Competitividade</b> .....	17
<b>2.3 Procedimentos metodológicos</b> .....	19
<b>2.4 Resultados e discussão</b> .....	23
2.4.1 Ambiente Institucional .....	28
2.4.2 Ambiente Organizacional.....	29
2.4.3 Ambiente Tecnológico .....	30
<b>2.5 Conclusão</b> .....	33
<b>3. UMA ABORDAGEM MULTIOBJETIVO PARA A MODELAGEM DE REDES DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS: O CASO DA PISCICULTURA DE TILÁPIA NO ESTADO DO PARANÁ – BRASIL</b> .....	37
<b>3.1 Introdução</b> .....	38
<b>3.2 Revisão da Literatura</b> .....	40
<b>3.3 A cadeia de suprimento da tilápia</b> .....	42
<b>3.4 Metodologia da Pesquisa</b> .....	45
3.4.1 Formulação do problema .....	46
3.4.2. Formulação do modelo .....	47
3.4.3. Abordagem da solução.....	50
<b>3.5 Resultados e análise</b> .....	52
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ESTUDO</b> .....	63
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	65

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura tem se destacado como uma das atividades produtivas que mais tem crescido mundialmente, desempenhando um papel econômico e social de grande relevância ao propiciar a geração de emprego, renda e promover a igualdade social.

No entanto, mesmo diante deste cenário promissor, é possível observar que produtores de peixes e alevinos, assim como proprietários de estabelecimentos de abate e processamento do pescado, têm sentido a necessidade se mobilizar, ao longo dos últimos anos, numa tentativa de ampliar a importância econômica da atividade. Este fato pode ser observado pela existência de programas específicos na região oeste do Paraná que auxiliam e contribuem para o desenvolvimento da cadeia produtiva, como é o caso do Programa Oeste em Desenvolvimento que possui uma linha de atuação específica para a piscicultura.

Observa-se também, que é marcante, a falta de estudos econômicos que ajudem a balizar o planejamento e o desenvolvimento do setor. Nesse aspecto, o papel das universidades, agências de fomento, pesquisa e extensão têm sido considerados de suma importância, pois existem ainda, muitos gargalos na cadeia produtiva da piscicultura que podem ser avaliados como oportunidades, seja para a organização de políticas públicas, pesquisas ou para o desenvolvimento de espécies promissoras, além da modernização tecnológica e profissionalização do setor, uma vez que este, não está plenamente estruturado.

Do mesmo modo, os métodos utilizados, tanto na captura quanto no cultivo e processamento, ainda são carentes de tecnologias mais avançadas, havendo grandes lacunas para modernização, seja de ordem tecnológica ou organizacional.

Sendo assim, este estudo tem por objetivo identificar os principais fatores determinantes para a competitividade e o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do pescado na região oeste do Paraná. A identificação desses fatores contribui para o desenvolvimento de políticas favoráveis ao setor e possibilita melhores condições para o fortalecimento de todos os elos que compõem a cadeia produtiva. Portanto, o estudo se propõe a apontar uma estrutura hierárquica de estratégias que possibilitem o aumento da competitividade na cadeia de suprimentos das agroindústrias de filetagem, sob a ótica dos agentes que atuam no setor. Por outro lado, também se propõe a desenvolver um modelo de planejamento da cadeia que contemple as questões sociais, econômicas e ambientais com o intuito de propor cenários preferenciais do design da cadeia de suprimentos deste importante segmento agroindustrial do oeste do Paraná, no Brasil.

Para atender aos objetivos propostos, buscou-se compreender a estrutura organizacional e o desempenho mercadológico existente entre os principais elos da cadeia produtiva, com vistas ao apontamento de uma escala de hierarquia que contemple as principais alternativas para melhorar o desempenho competitivo na cadeia de produção, além de apresentar cenários capazes de auxiliar os tomadores de decisão na avaliação de melhores alternativas para o desenvolvimento e crescimento sustentável da cadeia de suprimentos da produção e filetagem de tilápias. Para tanto, foi necessário o cumprimento dos seguintes objetivos específicos:

- a) avaliar hierarquicamente os principais fatores que influenciam a competitividade do setor de abate e processamento de pescado sob a perspectiva de critérios institucional, organizacional e tecnológico, por meio da utilização do método *Analysis Hierarchical Process* (AHP);
- b) sintetizar as prioridades obtidas por meio de um modelo aditivo linear, apontando as hierarquias em razão da importância dada a cada variável do modelo.
- c) apontar uma estrutura específica para o design da cadeia de suprimentos da tilápia, que integre os três objetivos do conceito de sustentabilidade, utilizando o contexto teórico de SCND (*Supply Chain Network Design*);
- d) apresentar um modelo multiobjetivo desenvolvido mediante a utilização de programação inteira mista capaz de otimizar o nível de capacidade da indústria focal, a quantidade de material transportado entre fornecedores e clientes em cada escalão da cadeia de abastecimento, bem como a taxa de produção de tilápias e resíduos.

Neste contexto, o estudo destaca que a pressão social e a competitividade, bem como leis e regras, enfatizam a importância dos impactos tecnológicos, ambientais e sociais na cadeia de suprimentos, exigindo um gerenciamento sustentável desta.

Ao considerar o amplo potencial para o desenvolvimento da atividade, bem como os benefícios sociais e econômicos que o empreendimento pode proporcionar, justifica-se a realização de estudos que enfoquem os principais fatores críticos para o desenvolvimento da cadeia produtiva, bem como avaliar indicadores com capacidade de influenciar tanto na tomada de decisões quanto na proposição de políticas públicas e planejamento estratégico, além de contribuir para a análise de alternativas viáveis ao desenvolvimento local e regional de maneira sustentável.

## 1.1 Abordagem analítica e apresentação dos modelos aplicados

### 1.1.1 O método *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

O método AHP foi desenvolvido por Thomas Saaty em 1970. Trata-se de uma abordagem para resolver problemas de decisão multicritério que, após uma avaliação abrangente, propõe uma seleção final em uma escala hierárquica das melhores alternativas para a solução para o problema analisado.

O procedimento para o uso do método AHP envolve um conjunto de atividades que devem ser executadas em várias etapas (Prusak & Stefanów, 2014; Saaty, 1990; Zeshui, 2014). Simo (1964) corrobora com esta afirmativa ao destaca que a tomada de decisão não é um ato exigido ou claramente identificável, mas consiste em um processo que inclui além do ato final de escolha entre alternativas, um processo completo de decisão que ocorre em quatro fases: inteligência, design, escolha e revisão. Desta forma, as situações de decisão podem ser classificadas como escolha, classificação, ordenação, classificação ordenada e priorização.

Neste contexto, Costa, 2006; López et al. 2007, argumentam que o método mais utilizado em diferentes campos de pesquisa é o AHP, pois este, proporciona o tratamento de problemas complexos com múltiplos critérios, stakeholders e tomadores de decisão, em um cenário que envolve incerteza e risco.

O AHP oferece um bom compromisso entre o alvo, a compreensão e a objetividade, na medida em que é uma ferramenta apoiada pela matemática básica. Assim, permite que pessoas comuns, mediante fatores tangíveis e intangíveis em um processo de resolução de conflitos, estabeleçam ordem de prioridades (Tiwari et al., 1999).

Além disso, Tiwari et al., 1999 acrescentam que o AHP possibilita o aumento de transparência e objetividade na tomada de decisões, pois congrega múltiplos agentes que podem expressar suas preferências e, assim, facilitar a detecção de itens controversos e fornecer um estabelecimento de acordos.

### 1.1.2 A Abordagem do Supply Chain Network Design (SCND)

O projeto de rede da cadeia de suprimentos (SCND) visa encontrar a melhor configuração possível da cadeia de suprimentos de acordo com a estratégia competitiva e os objetivos de longo prazo de uma empresa, pois se preocupa com as decisões estratégicas de

longo prazo relacionadas ao número, localização e capacidade das plantas de produção e dos centros de distribuição; o fluxo de matérias-primas, produtos intermediários e / ou acabados em toda a cadeia de suprimentos; e a seleção de um conjunto de fornecedores (Chopra & Meindl, 2013).

Segundo Current et al. (1990), existem diversos estudos e pesquisas sobre o projeto de redes de cadeias de suprimento, os quais podem ser encontrados desde os estudos pioneiros de Weber sobre a localização das instalações. Em seu livro publicado em 1909, Teoria da localização das indústrias, Weber analisou a localidade em que se deveria instalar uma planta industrial para minimizar a distância total ponderada entre a indústria e seus vários clientes e fornecedores. Desde então, o problema de localização das instalações tem atraído a atenção de pesquisadores das áreas de operações e gerenciamento da cadeia de suprimentos, engenharia industrial, economia e ciências regionais. A aplicação destes modelos para o projeto (design) da cadeia de suprimento provou ser altamente importante para uma ampla gama de empresas, sejam privadas e/ou públicas (Farahani et al., 2009).

### 1.1.3 A Abordagem de Cadeias Produtivas

A busca por uma melhor coordenação das interações entre os agentes no ambiente produtivo, conforme afirma Farina (1997), orienta a estruturação das formas institucionais. A análise do papel das instituições é de fundamental importância para os estudos de coordenação dos sistemas agroindustriais. Essa análise se divide em dois níveis analíticos complementares: o ambiente institucional e as estruturas de governança. Estes se inter-relacionam, haja vista que, por um lado, as regras do ambiente institucional determinam as formas organizacionais e, por outro, as estratégias organizacionais podem modificar o ambiente institucional.

Neste aspecto, as transações vigentes fomentam a adoção de estruturas adequadas e competentes para a assimilação e ordenação do processo competitivo. Ao considerar a interdependência entre as etapas produtivas, as cadeias mais eficientes seriam aquelas que viabilizassem a coordenação "perfeita", ou seja, transmitir adequadamente as informações, estímulos e controle ao longo de seus segmentos (Braga & Saes, 1995).

Para Souza & Pereira (2002), a capacidade de implementar estratégias competitivas adequadas, depende de estruturas de governança apropriadas. Desta forma, a coordenação vertical estabelece condições para o desenvolvimento de competitividade estática e dinâmica, permitindo à organização receber, processar, armazenar, difundir e utilizar

informações de modo a definir estratégias competitivas, reagir a mudanças ou aproveitar oportunidades.

Farina et al. (1997) desenvolveram um modelo de relações sistêmicas que contempla os ambientes institucional, organizacional e tecnológico que ao se relacionarem entre si influenciarão, no curto prazo, o ambiente competitivo, que por sua vez, influenciará as estratégias individuais.

As estratégias individuais são adotadas pelas empresas, mas os atributos das transações é que definirão seu desempenho. Sendo assim, se as estratégias individuais forem suficientemente eficientes dentro do contexto dos atributos da transação, as empresas serão bem-sucedidas e terão bom desempenho, podendo alterar no longo prazo os demais ambientes e iniciar novo ciclo.

Na visão de Farina (1999), o sucesso das estratégias competitivas está diretamente relacionado à existência de estruturas de coordenação apropriadas. A capacidade de articulação interna dos sistemas agroindustriais representa um fator de competitividade, sendo mais eficientes aqueles que possuem melhor articulação e conseguem manter posição competitiva em mercados incertos e instáveis.

## 2. HIERARQUIA DE ESTRATÉGIAS PARA AMPLIAR A COMPETITIVIDADE NA AGROINDÚSTRIA DE FILETAGEM DE TILÁPIAS

**Resumo:** Esta pesquisa teve por objetivo avaliar como os fatores institucionais, organizacionais e tecnológicos podem contribuir para ampliar a competitividade em agroindústrias de filetagem de tilápias. O estudo foi conduzido na microrregião de Toledo, no oeste do Paraná, onde está localizado um dos principais polos de produção de tilápias, em viveiros escavados, do Brasil. A pesquisa se justifica pelo fato de analisar, empiricamente, as potencialidades de uma atividade agropecuária que apresenta expressivos sinais de crescimento, mediante as ações organizacionais incipientes. O escalonamento hierárquico das variáveis, foi submetido à análise de decisão multicritério utilizando o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Os resultados indicaram que as alternativas com maior potencial para ampliar a competitividade da cadeia de valor consistem na realização de melhorias no processamento industrial, bem como, no desenvolvimento de melhores técnicas de manejo na produção agropecuária, obtendo uma representatividade de 36% e 17%, respectivamente. O método AHP demonstrou-se eficiente para a análise e pode ser utilizado como base metodológica para estudos futuros para melhorias de competitividade no setor, utilizando-se de outras variáveis possíveis.

**Palavras-chave:** agroindústria, análise multicritério, cadeias produtivas, piscicultura

### **Hierarchy of strategies for increased competitiveness in tilapia filleting agroindustry**

**Abstract:** This research had as objective to evaluate how the institutional, organizational and technological factors can contribute to increase the competitiveness in tilapia filleting agroindustry. The study was conducted in the microregion of Toledo, western Paraná, where is located one of the main poles of tilapia production in excavated tanks in Brazil. The research is justified by the fact of analyzing, empirically, the potentialities of an agricultural activity that presents significant signs of growth, through the incipient organizational actions. The hierarchical scaling of the variables was submitted to multicriteria decision analysis using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. The results indicated that the alternatives with the greatest potential to increase the competitiveness of the value chain consist of improvements in industrial processing, as well as the development of better management techniques in agricultural production, obtaining a representativeness of 36% and 17% respectively. The AHP method proved to be efficient for the analysis and can be used as a methodological basis for future studies to improve competitiveness in the sector, using other possible variables.

**Key words:** agroindustry, multicriteria analysis, productive chains, fish farming

## 2.1 Introdução

A crescente complexidade do ambiente socioeconômico brasileiro faz com que a avaliação da competitividade seja considerada uma tarefa importante, porém, complicada. Quando se busca estabelecer prioridades estratégicas para ampliar a competitividade de uma cadeia de valor é comum se deparar com diferentes objetivos entre os atores. Existem muitos anseios por interesses comuns e abrangentes, como a ampliação da margem de lucro, o aumento da participação no mercado, uma melhoraria na qualidade e na produtividade, etc.

No entanto, existem também, interesses conflitantes sob diversos aspectos concorrenciais, organizacionais e de estratégias individuais, pois, além da qualidade do produto, do desempenho competitivo e do preço, alguns fatores influentes como a carga tributária, a informalidade no mercado, a diversidade de tecnologias empregadas no processamento agroindustrial e no manejo produtivo agropecuário, bem como, fatores organizacionais como integração vertical, cooperativismo ou associativismo devem ser levados em consideração, dado ao fato que uma ação sobre uma alternativa específica pode satisfazer a necessidade coletiva de todos os elos da cadeia de valor, porém, a ação em uma outra alternativa, pode não ter o mesmo desempenho e satisfazer apenas alguns elos da cadeia, em detrimento de outros, ocasionando assim, um conflito de interesses (Ramos et al., 2014).

Desta forma, a tarefa de avaliar hierarquicamente os fatores mais influentes na competitividade do setor de abate e processamento de pescado, compreende um problema de decisão multicritérios que envolve alguns objetivos ou atributos conflitantes e complicados. Não obstante, as carnes de aves, bovinos, suínos e pescado, conforme afirmam Carbonari & Silva (2012), têm sido, respectivamente, as mais consumidas no Brasil. A competitividade entre estas cadeias produtivas por uma fatia dos mercados doméstico e internacional, tem sido muito acirrada. Entretanto, maior destaque se dá para as três primeiras, para as quais há uma maior diversidade de produtos industrializados e a cadeia de valor encontra-se melhor estruturada, em termos organizacionais (Saab et al., 2009; Melz & Souza Filho, 2011).

A produção agropecuária de tilápias no Brasil está concentrada, basicamente, em três diferentes polos. Destes, dois concentram a produção no sistema de tanques-rede em reservatórios de usinas hidrelétricas e estão localizados na região nordeste do país e noroeste do estado de São Paulo e, o outro, no oeste do estado do Paraná, onde diferentemente dos demais, o sistema de produção mais utilizado é o de viveiros escavados (Sussel, 2013).

Destaca-se também, que nas regiões sul e sudeste, entre 75 e 85% da produção é vendida após o processamento do pescado transformado em filé, enquanto que na região nordeste, comercializa-se, principalmente, o peixe inteiro eviscerado.

Neste contexto, observa-se que Pequenas e Médias Empresas (PME) agroindustriais de processamento e filetagem de tilápias representam parte importante da economia regional do oeste paranaense, sendo responsáveis pela geração de tributos, empregos e renda. Neste grupo empresarial de notável importância econômica, encontra-se as agroindústrias de abate e processamento de pescado instalados na microrregião de Toledo, onde está localizado o principal polo de produção, abate e processamento de tilápias do Paraná (Schulter & Vieira Filho, 2017).

Ao considerar a importância econômica da atividade na região, este estudo buscou evidenciar uma escala hierárquica de alternativas para ampliar a competitividade setorial ao responder a seguinte indagação: Como os critérios relacionados aos ambientes institucional, organizacional e tecnológico podem contribuir para ampliar a competitividade no sistema agroindustrial da filetagem de tilápias? Para responder a esta questão, foram associados a estes critérios, nove alternativas de competitividade no setor e delimitado como espaço de investigação, a microrregião de Toledo no oeste do Paraná. O estabelecimento da escala de prioridades entre alternativas e os critérios de competitividade, sob a ótica de especialistas do setor, em decorrência das decisões apontadas, podem ser utilizadas como alvo para o estabelecimento de políticas de promoção e desenvolvimento de melhorias no setor.

A busca por uma resposta se justifica pelo fato de analisar, empiricamente, as potencialidades de uma atividade agropecuária que tem apresentado expressivos sinais de crescimento e desenvolvimento regional, tanto em produção quanto em consumo, diante a uma apresentação de ações organizacionais incipientes. Além disso, acrescenta-se o fato da contribuição por parte das instituições de ensino, pesquisa e extensão para o entendimento desse fenômeno econômico regional, com vistas a contribuir para o auxílio na definição de estratégias empresariais e de políticas públicas para ampliar a competitividade na produção de pescado, tanto na região de estudo, quanto no Brasil.

## **2.2 Desempenho e Competitividade**

Em pesquisas relacionadas a competitividade de pequenas e médias empresas, o desempenho é muitas vezes considerado como o objetivo e/ou critério final, tanto para estudos empíricos (Barkham, 1994; Box et al., 1994; Dyke et al., 1992) quanto para modelos

teóricos (Herron & Robinson, 1993; Keats & Bracker, 1987). As características demográficas, psicológicas, comportamentais e de relacionamento entre os agentes da cadeia de valor, bem como suas habilidades de gerenciamento e de conhecimento técnico são frequentemente citadas como os fatores mais influentes relacionados ao desempenho de uma PME. O relacionamento entre os agentes de uma cadeia de valor, também pode ser afetado por muitas características industriais, ambientais, específicas da empresa ou das estratégias entre as firmas, o que pode estar atrelado aos principais ambientes de competitividade, nos quais as empresas estão inseridas, tais como, o ambiente institucional, organizacional e tecnológico. Uma revisão mais abrangente acerca dos diversos fatores, potencialmente, influentes no desempenho competitivo pode ser encontrada em uma pesquisa de literatura de Cooper & Gascon (1992).

A competitividade, conforme assevera Nelson (1992) possui um conceito atraente em vários níveis de estudo, seja no nível de empresa individual, microeconômico para as políticas industriais, ou mesmo, no nível macroeconômico para as posições competitivas das economias nacionais. Portanto, compreender a abrangência deste conceito e sua aplicabilidade nas relações empresariais é fundamentalmente importante. Uma revisão de Waheeduzzaman & Ryans (1996) também aponta o conceito de competitividade envolvendo diferentes disciplinas, tais como: vantagem comparativa, perspectivas de competitividade de preços, estratégias e perspectivas de gestão, assim como, perspectivas históricas e de relacionamento sociocultural.

Considerando os aspectos relacionados ao desempenho e competitividade, uma pequena ou média empresa não pode ser vista como uma versão reduzida de empresas maiores. Empresas de grande porte são diferentes de empresas de pequeno e médio porte, seja em termos de suas estruturas organizacionais ou tecnológicas, respostas ao meio ambiente, estilos de gestão e, mais importante, as formas em que competem com outras empresas (Man & Chan, 2002). Neste aspecto, os estudos de competitividade focados em grandes corporações podem não ser aplicados diretamente ao nível das PMEs. Portanto, os estudos de competitividade com foco nas PMEs têm aumentado significativamente nos últimos anos, visando identificar os diversos fatores que envolvem as organizações e suas estratégias de competitividade. Este enquadramento, corresponde a uma revisão da literatura recente, que distingue entre três aspectos fundamentais que conduzem à competitividade de uma PME, incluindo os fatores internos da empresa (ambiente tecnológico), o ambiente externo (ambiente organizacional) e, a influência das políticas públicas (ambiente

institucional). Esses fatores, por sua vez, afetam o desempenho da empresa e, conseqüentemente, a sua competitividade (Man & Chan, 2002).

### 2.3 Procedimentos metodológicos

Como técnica de pesquisa para o desenvolvimento deste estudo, aplicou-se o *Analysis Hierarchical Process* (AHP) que consiste em uma teoria quantitativa e estruturada de análise de decisão multicritérios, desenvolvida por Thomas Saaty para lidar com problemas tecnológicos, econômicos, sociopolíticos e complexos.

Saaty (1991) define o método AHP como uma ferramenta de apoio à decisão multicriterial, baseada em três princípios: a) construção de uma hierarquia; b) estabelecimento de prioridades; e c) consistência lógica das prioridades. Destarte, conforme assevera Power (2014), o *Decision Support Systems Glossary* (DSS) descreve o AHP como “uma abordagem para tomada de decisões que envolve estruturação de critérios de escolha múltipla em uma escala de hierarquia”. Desta forma, o método permite uma avaliação sobre a importância relativa dos critérios, compara alternativas para cada critério e determina uma classificação geral das alternativas.

Saaty (1991), assevera que a operacionalização do AHP se dá a partir de uma sequência de procedimentos que se iniciam pela definição do problema e dos objetivos a serem perseguidos com a aplicação do método. Neste estudo, a aplicação do método AHP para o escalonamento hierárquico sobre as estratégias de maior importância para a melhoria do desempenho competitivo das agroindústrias de filetagem de tilápias, envolveu quatro etapas principais: a) montagem da hierarquia de decisões; b) comparação pareada dos critérios e alternativas; c) transformação das comparações pareadas em pesos (vetores de prioridade) e análise da consistência dessas comparações e, d) síntese das prioridades globais entre as alternativas. A primeira etapa consistiu em estruturar o problema por meio de uma hierarquia que indica a relação entre os elementos de um nível com aqueles do nível imediatamente inferior. Em sua raiz, encontra-se o objetivo principal do problema estudado.

Com base em uma análise qualitativa do ambiente competitivo, a figura 1 apresenta as estruturas hierárquicas separadas em três níveis. No primeiro nível encontra-se o objetivo principal, que é avaliar o desempenho competitivo das agroindústrias de filetagem, o segundo nível é composto pelos critérios de influência na competitividade, tais como os ambientes institucional, organizacional e tecnológico e o terceiro nível contempla as alternativas específicas à cada critério, que afetam a competitividade.

Esse arranjo gráfico, possibilita uma melhor visualização do problema e orienta os especialistas acerca das comparações paritárias, que devem ser efetuadas para que se obtenham uma hierarquia de prioridades de uma alternativa em relação a outra. Saaty & Vargas (2001) explicam que atribuir preferência a uma alternativa envolve explicitar julgamentos referentes a questões de dominância de uma alternativa sobre a outra, quando comparados a uma prioridade.

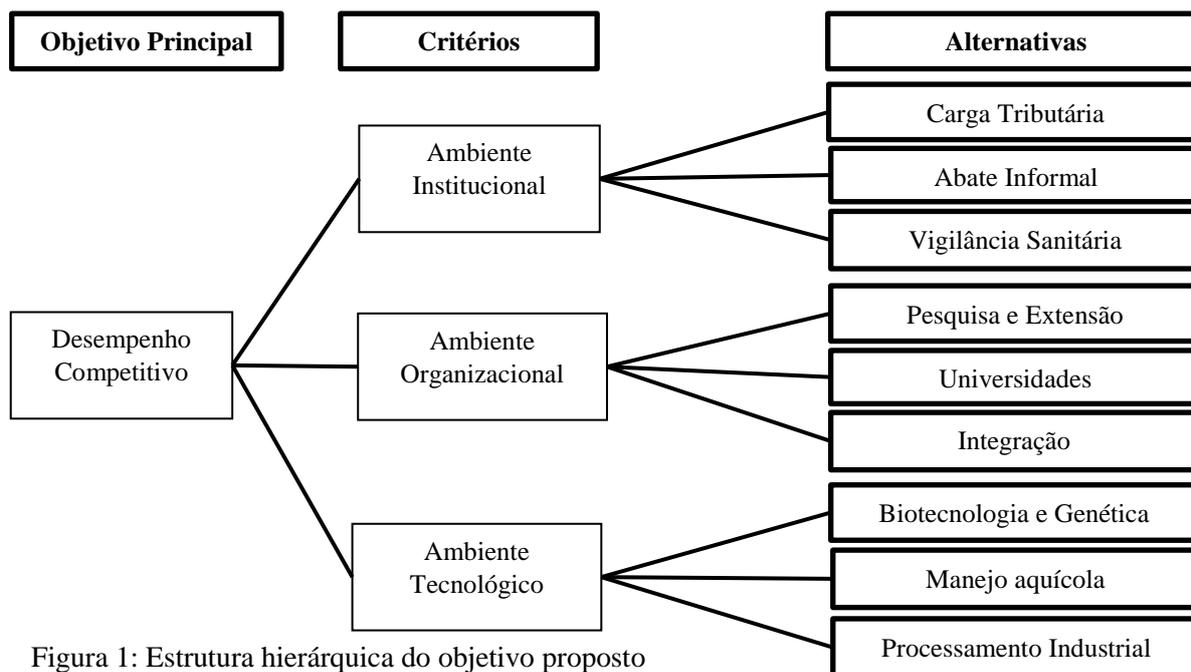


Figura 1: Estrutura hierárquica do objetivo proposto  
Fonte: Elaboração dos autores, 2017.

Após a estruturação da hierarquia gráfica que representa o problema decisório, a segunda etapa consistiu na comparação pareada dos elementos de um mesmo nível hierárquico com relação a seu impacto no elemento do nível superior à que ele se une. “[...] o processo básico de aplicação do AHP consiste em priorizar a importância relativa de  $n$  elementos de tomada de decisão em relação a um objetivo, através de avaliações parciais destes elementos, dois a dois, facilitando a análise pelos avaliadores” (Francischini; Cabel, 2003, p.3).

Para tanto, conforme recomenda Malhotra et al. (2007), foram convidados especialistas com conhecimento e domínio do problema abordado no foco principal, para analisar os critérios e as alternativas. Assim, as alternativas foram comparadas entre si com relação à cada um dos critérios e, para cada critério, uma matriz de comparações aos pares foi elaborada.

Saaty & Vargas (2001) argumentam que por meio das comparações pareadas, as prioridades avaliadas pelo AHP capturam medidas subjetivas e objetivas e demonstram a intensidade de domínio de uma alternativa sobre outra.

O grupo de especialistas foi composto por: a) gestores de quatro unidades agroindustriais de abate e processamento de pescado instaladas na região oeste do Paraná, que representaram um estabelecimento de grande porte, um de médio porte e outros dois de pequeno porte; b) professores e pesquisadores de quatro instituições de ensino superior que representaram a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), o Instituto Federal do Paraná (IFPR), o Instituto Superior de Ensino, Pesquisa e Extensão (ISEPE) e o Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG), sendo destas, duas instituições públicas e duas privadas; e c) representantes de três instituições de apoio como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), o Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e Programa Oeste em Desenvolvimento (POD), sendo este último ligado Fundação Parque Tecnológico de Itaipu (FPTI).

Na terceira etapa, mediante o entendimento teórico de cada um dos critérios e alternativas a serem julgadas, definiu-se como seria aplicada a escala de critérios, com o objetivo de padronizar as respostas de cada um dos julgadores em decorrência da análise paritária. As escalas de julgamento de critérios e alternativas, possibilitaram aos avaliadores emitirem seus julgamentos de uma forma simples, utilizando uma linguagem naturalmente comum.

Tabela 1 – Escala fundamental de números absolutos para julgamentos comparativos

Grau de importância	Definição do grau de importância	Explicação
1	Igual	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Moderada	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação a outra.
5	Grande	A experiência e o juízo favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Muito grande	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrado na prática.
9	Extrema	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, como o mais alto grau de segurança.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: adaptado de Saaty (2005), Saaty & Vargas (2013).

Mediante a atribuição de valores que variam de ‘1’ a ‘9’, conforme descrito na tabela 1, a escala determina a importância relativa de uma alternativa ‘*i*’ com relação à alternativa ‘*j*’ e, reciprocamente, da alternativa ‘*j*’ em relação à alternativa ‘*i*’. Assim, o primeiro passo consiste em elaborar uma matriz ‘ $n \times n$ ’, na qual são comparadas as importâncias relativas de cada alternativa, seguindo a escala sugerida por Saaty (1991) em que ‘1’ equivale à igualdade entre os elementos do par; ‘9’ indica absoluta dominância; e ‘1/9’ a absoluta irrelevância de ‘*i*’ (linha) em relação à ‘*j*’ (coluna).

Entretanto, mesmo quando os julgamentos paritários estão fundamentados na experiência e no conhecimento de profissionais (especialistas), podem haver inconsistências, principalmente, se existir um número muito elevado de variáveis. Portanto, considerando que a inconsistência é um fato inerente ao ser humano, deve existir uma tolerância para a sua aceitação. Desta forma, segundo a proposta de Saaty & Vargas (2013) tolera-se uma Razão de Consistência (*RC*) inferior a 10% ( $RC < 0,1$ ). Na ocorrência de índice superior, recomenda-se a revisão do modelo e/ou dos julgamentos.

Para facilitar o processo de julgamento dos critérios e alternativas, foi utilizada uma planilha eletrônica (*Excel for Windows*®) como ferramenta para registrar os valores atribuídos ao grau de importância relacionados às comparações paritárias, sendo que ao haver inconsistência superior a 10%, imediatamente, os julgadores foram convidados a reavaliar suas decisões e chegarem à um novo consenso nas respostas. Este cálculo é de fundamental importância, pois revela como o tomador de decisão está consistente com suas escolhas. Desta forma, para as matrizes analisadas, verificou-se que todas as *RC* obtiveram valores abaixo de 0,1 indicando que os julgamentos foram devidamente consistentes.

A quarta e última etapa do método AHP consistiu em sintetizar as prioridades obtidas por meio de um modelo aditivo linear, apontando as hierarquias em razão da importância dada a cada variável do modelo. Uma vez que o instrumento de pesquisa é completado pelos tomadores de decisão e a matriz preenchida, vários cálculos precisam ser concluídos, nesta etapa, para gerar os resultados. As equações matemáticas do AHP não são aqui apresentadas, integralmente, pelo fato de serem amplamente divulgadas na literatura (Saaty, 1990; Saaty & Vargas, 2001; Saaty, 2005; Saaty & Vargas, 2013). Entretanto, as demonstrações no formato de planilhas eletrônicas *Excel*® são evidenciadas.

O método também pode ser aplicado como técnica de análise de decisão e planejamento de múltiplos critérios em diversas atividades da produção agrícola e agropecuária (Baracho et al, 2013; Bocca & Galves, 2016).

## 2.4 Resultados e discussão

Tendo definido o método AHP como ferramenta a ser utilizada na determinação da escala de prioridades, ou seja, na identificação das importâncias relativas entre as alternativas para o aumento da competitividade de PMEs da cadeia produtiva de filetagem de tilápias, procedeu-se, então, a busca por uma forma de operacionalizar este método, de acordo com as necessidades do caso em estudo. Assim, a análise iniciou-se pela determinação do peso relativo dos grupos de critérios iniciais (Institucional, Organizacional e Tecnológico) avaliados paritariamente. A tabela 2 apresenta os dados de peso relativo entre os critérios, atribuídos conforme avaliação dos especialistas, participantes da pesquisa.

Tabela 2 – Matriz comparativa dos critérios de competitividade

<b>Critérios</b>	Institucional	Organizacional	Tecnológico
Institucional	1,00	0,33	0,22
Organizacional	3,00	1,00	0,29
Tecnológico	4,50	3,50	1,00
<b>Sum(<math>S_{ci}</math>)</b>	<b>8,50</b>	<b>4,83</b>	<b>1,51</b>

Fonte: Elaboração dos autores, 2017

Os pesos relativos a cada critério, foram obtidos normalizando-se a matriz comparativa anterior. A normalização foi feita pela divisão entre cada valor da planilha com o total de cada coluna. Na tabela 3, estão apresentados os cálculos realizados, mediante a pontuação definida pelos especialistas na comparação paritária e a razão da somatória dos três indicadores (ambiente institucional, organizacional e tecnológico), obtendo desta forma, os indicadores normalizados.

Tabela 3 – Matriz comparativa dos critérios de competitividade (normalizada)

<b>Critérios</b>	Institucional	Organizacional	Tecnológico
Institucional	$1,00/8,50 = 0,117$	$0,33/4,83 = 0,068$	$0,22/1,51 = 0,145$
Organizacional	$3,00/8,50 = 0,352$	$1,00/4,83 = 0,207$	$0,29/1,51 = 0,192$
Tecnológico	$4,50/8,50 = 0,529$	$3,50/4,83 = 0,724$	$1,00/1,51 = 0,662$

Fonte: Elaboração dos autores, 2017

A determinação da contribuição de cada critério no objetivo geral foi calculada a partir do vetor de prioridade (Eigen) ou autovetor. Este vetor apresenta os pesos relativos entre os critérios e foi obtido através da média aritmética dos valores de cada um dos critérios, conforme apresentado tabela 4.

Tabela 4 – Cálculo do Vetor de Prioridade

<b>Crítérios</b>	<b>Autovetor (cálculo)</b>	<b>Autovetor (resultado)</b>
Institucional	$(0,117+0,068+0,145)/3 = 0,11$	11%
Organizacional	$(0,352+0,207+0,192)/3 = 0,25$	25%
Tecnológico	$(0,529+0,724+0,662)/3 = 0,64$	64%

Fonte: Elaboração dos autores, 2017

O valor do vetor de prioridade determina a participação do critério avaliado no resultado em relação ao objetivo principal, ou seja, neste estudo os critérios tecnológicos representam 64% da meta global. Isto indica que uma avaliação positiva nesse critério contribui aproximadamente 6 (seis) vezes mais do que uma avaliação positiva no critério institucional (peso de 11%).

O próximo passo foi verificar a consistência dos dados. Por exemplo, considerando que os julgadores afirmem que os critérios institucionais são mais importantes do que os critérios organizacionais e que os critérios organizacionais são mais importantes do que os critérios tecnológicos, seria inconsistente no julgamento se eles afirmassem que os critérios tecnológicos são mais importantes do que os critérios institucionais (se  $A > B$  e  $B > C$  é inconsistente afirmar que  $A < C$ ).

O indicador de consistência tem como base o número principal de Eigen. Este número foi calculado através da soma do produto de cada elemento do vetor pelo total da respectiva coluna da matriz comparativa original (Tabela 2). A tabela 5 apresenta o cálculo do número principal de Eigen ( $\lambda_{\max}$ ).

Tabela 5 – Cálculo do número principal de Eigen ( $\lambda_{\max}$ ).

Vetor Eigen	0,11	0,25	0,64
Total	8,50	4,83	1,51
<b>Valor Principal</b>	$(0,11*8,50) + (0,25*4,83) + (0,64*1,51) = \mathbf{3,10}$		

Fonte: Elaboração dos autores, 2017

O cálculo do índice de consistência é dado pela equação 1:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (1)$$

Em que  $CI$  representa o índice de consistência, ( $\lambda_{\max}$ ) o número principal de Eigen e  $n$  é a quantidade de critérios avaliados. Então, para este estudo, o resultado do índice de consistência ( $CI$ ) é obtido mediante a aplicação da equação 1.

$$CI = \frac{3,10^{-3}}{3-1} = 0,05$$

Para verificar se o valor encontrado através do índice de consistência ( $CI$ ) é adequado, Saaty (2005) propõe avaliar a Razão de Consistência ( $RC$ ). Ela é determinada pela razão entre o valor do índice de consistência ( $CI$ ) e o índice de consistência aleatória ou randômica ( $RI$ ) dado pela equação 2:

$$RC = \frac{CI}{RI} < 0,1 \quad (2)$$

A matriz somente é considerada consistente se a razão for inferior a (0,1) o que indica um nível de inconsistência inferior a 10%.

O valor de  $RI$  é fixo e tem como base o número de critérios avaliados, conforme a tabela 6, proposta por Saaty (1991).

Tabela 6 - Identificação do índice de consistência aleatória

Tamanho da Matriz $n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor de $RI$	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

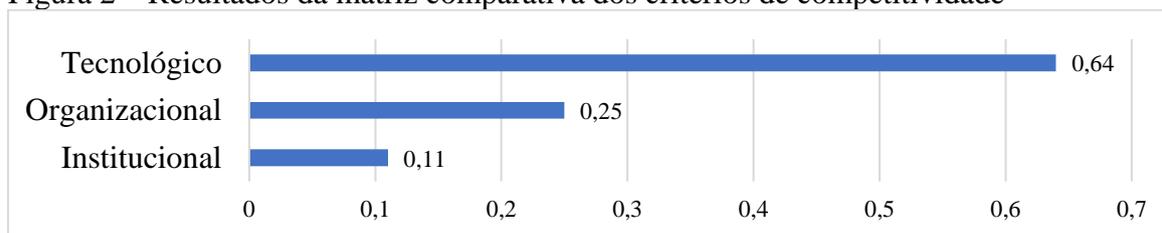
Fonte: Saaty (1991).

Neste estudo, a Razão de Consistência ( $RC$ ) para a matriz do grupo inicial de critérios é obtida por meio da aplicação da equação 2:

$$RC = \frac{0,05}{0,58} = 0,0862 = 8,6\% < 10\%$$

Em um contexto geral, observa-se conforme o apontamento dos resultados obtidos na comparação pareada, que o ambiente tecnológico possui a preferência relativa em relação aos ambientes institucional e organizacional. Em seguida, maior importância é observada para o ambiente organizacional (Figura 2).

Figura 2 – Resultados da matriz comparativa dos critérios de competitividade



Fonte: Elaboração dos autores, 2017

Diante ao exposto, identifica-se que na opinião dos especialistas, o sucesso competitivo da atividade perpassa por meio de uma atenção maior ao que se refere às tecnologias de produção, que envolve o processamento do peixe na agroindústria de filetagem, assim como a produção agropecuária, desde a forma de criação das tilápias nos viveiros escavados, considerando o tipo de ração utilizada, o manejo, até a genética e o transporte dos animais, entre outros fatores tecnológicos.

Resultado semelhante foi descrito por Schiefer & Hartmann (2008), que avaliaram o desempenho competitivo em indústrias de alimentos na Alemanha, envolvendo variáveis relacionadas a tecnologia e produção, poder de barganha, relacionamento com fornecedores e clientes, qualificação profissional, qualidade e inovação, entre outros fatores e, a variável relacionada à tecnologia e produção foi a que demonstrou exercer maior influência no desempenho das empresas, conforme a opinião dos especialistas participantes daquela pesquisa.

Em seguida, os resultados desta pesquisa, apontam maior importância às formas organizacionais da cadeia de valor do filé de tilápia. Neste aspecto, os julgadores avaliam que uma maior integração dos agentes é de fundamental importância para uma melhor competitividade no setor, o que pode influenciar decisivamente nas questões mercadológicas da cadeia como um todo. No estudo realizado por Schiefer & Hartmann (2008), também foi apontado destaque para os relacionamentos entre as empresas, clientes e fornecedores, sendo que a qualidade do relacionamento com os fornecedores demonstrou ser mais importante do que um bom relacionamento com os clientes. Isso pode ser justificado pelo fato de que uma matéria prima de boa qualidade utilizada no processo produtivo pode contribuir para um bom atendimento aos anseios do cliente, Por outro lado, uma matéria prima de qualidade indesejável causa impactos negativos sobre o produto e, conseqüentemente, sobre a satisfação do consumidor. Sendo assim, as empresas precisam trabalhar integradas uma a outra, sob a ótica da cadeia de produção, com vistas a produzir um produto de excelência que satisfaça aos anseios de cada elo da cadeia e por consequência, dos clientes finais.

E por último, avaliado com menor importância, encontra-se o ambiente institucional, contemplado pelas variáveis relacionada à legislação, políticas públicas e também variáveis macroeconômicas, que na opinião dos julgadores, dificilmente o grupo econômico representado pelos produtores de tilápias, bem como pelas agroindústrias de filetagem da região oeste paranaense, teriam força para fazer alguma modificação substancial neste quesito, de forma que fica evidente, que uma ação sobre os outros dois fatores causariam maior impacto na competitividade da cadeia de valor.

Entretanto, os julgadores não descartam a importância do ambiente institucional, apenas acreditam não ter força suficiente para mudar parâmetros atrelados ao quesito, o que poderia ser melhorado desenvolvendo ações de impacto com ênfase no critério organizacional. Isso pode ser reforçado pela ideia de que para conseguir melhores resultados junto ao poder público é necessário, primeiramente, a união de esforços e representatividade econômica significativa, o que é contemplado nos dois critérios avaliados como mais importantes.

Estudos realizados pela FAO (2017), apontam que o ambiente institucional do setor de pesca e aquicultura brasileiro encontra-se em fase de reestruturação e destacam que as políticas atuais do governo para o setor são baseadas, dentre outros aspectos, em critérios de sustentabilidade, inclusão social, estruturação adequada da cadeia produtiva, fortalecimento do mercado interno, abordagens territoriais para programas de gestão e produção, aumento da competitividade e consolidação das políticas estatais.

Um êxito nestas ações, que tem fortes relações com as variáveis deste estudo, certamente elevariam, consideravelmente, a competitividade do setor produtivo da cadeia do filé de tilápia do oeste do Paraná, porém, estas ações são dependentes da iniciativa governamental, tendo uma participação inferior da iniciativa privada, o que de certa forma, também corrobora com a visão dos especialistas participantes da pesquisa, conforme aponta os resultados.

De maneira idêntica à que foi realizada para o grupo inicial de critérios, foram avaliados os pesos relativos às alternativas, que compõem o segundo nível da análise de hierarquia. Esse processo foi realizado de modo semelhante ao apresentado para o primeiro nível, portanto, não serão descritos detalhadamente os cálculos realizados.

As tabelas e gráficos a seguir, demonstram as matrizes com os resultados comparativos entre as nove alternativas que compõem os critérios institucional, tecnológico e organizacional, feitas as comparações par a par realizadas pelos especialistas.

### 2.4.1 Ambiente Institucional

Em relação ao critério ambiente institucional, foram consideradas as alternativas, conforme as informações descritas na Tabela 7, sendo que os resultados podem ser analisados mediante a interpretação da figura 3, que aponta as comparações pareadas voltadas para a análise hierárquica de importância dos fatores relacionados a este critério, composto pelas alternativas: carga tributária, abate informal e vigilância sanitária.

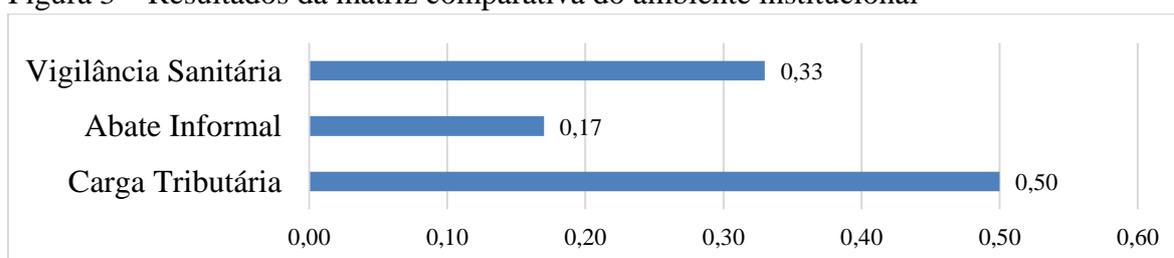
Tabela 7 – Comparação pareada das alternativas relacionadas ao ambiente institucional

<b>Alternativas</b>	<b>Carga Tributária</b>	<b>Abate Informal</b>	<b>Vigilância Sanitária</b>
Carga Tributária	1,00	4,00	1,18
Abate Informal	0,25	1,00	0,67
Vigilância Sanitária	0,85	1,50	1,00
<b>Sum(<math>S_{ci}</math>)</b>	<b>2,10</b>	<b>6,50</b>	<b>2,84</b>

Fonte: Elaboração dos autores, 2017

Desta forma, é possível observar que na visão dos agentes que compõem a cadeia de valor, a elevada carga tributária incidente sobre as operações mercadológicas, têm maior importância, ou seja, os julgadores avaliam que uma medida efetiva na redução dos tributos poderia contribuir, substancialmente, para o favorecimento à competitividade no setor.

Figura 3 – Resultados da matriz comparativa do ambiente institucional



Fonte: Elaboração dos autores, 2017

A alternativa associada a tributação sobre a atividade de abate e processamento do pescado, tem uma representatividade de 50% sobre o desempenho competitivo da cadeia de valor, quando analisada paritariamente entre as alternativas de informalidade no abate e a ações de vigilância sanitária.

A FAO (2017) corrobora com esta visão dos julgadores ao apontar que o crescimento do agronegócio brasileiro é prejudicado pelas fraquezas estruturais na economia, o que inclui um sistema tributário oneroso, baixos investimentos em infraestrutura, elevada burocracia em procedimentos administrativos e baixos níveis de educação e competências. Ações mais

eficazes sobre estas alternativas podem propiciar um ambiente competitivo mais eficiente. Isto é o que aponta a análise, conforme a visão dos especialistas pesquisados.

De forma complementar, a FAO (2017) argumenta que melhorias nessas áreas representam um potencial de elevar, significativamente, as perspectivas em médio prazo, tanto no crescimento agrícola sustentável, como também no desenvolvimento econômico e regional.

Na segunda posição da hierarquia de importância no ambiente institucional, destaca-se a alternativa de vigilância sanitária, que de acordo com os integrantes da cadeia de valor, uma atuação mais efetiva dos organismos de fiscalização, poderia resolver de forma conjunta os problemas de informalidade que permeia o setor, pois esta que é a alternativa menos impactante na opinião dos julgadores e decorre de problemas relacionados ao abate e/ou comercialização do pescado sem o acompanhamento de fiscalização de órgãos de vigilância sanitária. Para Ramos et al. (2014), a prática da informalidade no setor de abate e processamento, pode comprometer a qualidade do produto final, neste caso, o filé de tilápia, além de apresentar riscos à saúde e à confiança dos consumidores, prejudicando, assim, a competitividade no setor produtivo. Desta forma, uma ação mais efetiva na alternativa de vigilância sanitária reduziria também os problemas de informalidade, de acordo com a opinião dos especialistas pesquisados.

#### 2.4.2 Ambiente Organizacional

Conforme observa-se na tabela 8 e figura 4, em relação ao ambiente organizacional, que envolve as alternativas de pesquisa e extensão, participação das universidades e integração dos agentes envolvidos na cadeia de valor, os resultados apontam que a integração se apresenta como o fator de maior relevância para ampliar a competitividade setorial, participando com 40% em termos de importância, perante as demais alternativas associadas a este critério. Isto indica que as organizações somente conseguem atingir os resultados esperados quando existe a coordenação das ações de seus membros.

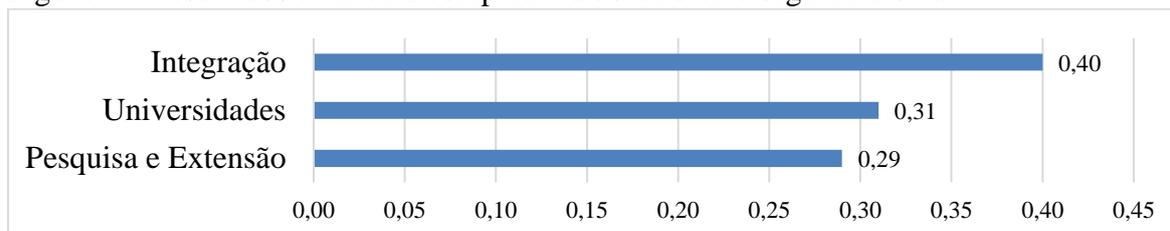
Este resultado é corroborado com a visão de Kubo (2014), que destaca em sua pesquisa que o crescimento pleno da indústria de pescado depende da superação de uma série de gargalos e desafios, entre os quais destaca-se a necessidade de melhorar a organização do setor produtivo, de forma a compartilhar os resultados e os conhecimentos gerados no meio profissional em que se insere a cadeia produtiva.

Tabela 8 – Comparação pareada das alternativas do ambiente organizacional

<b>Alternativas</b>	<b>Pesquisa e Extensão</b>	<b>Universidades</b>	<b>Integração</b>
Pesquisa e Extensão	1,00	1,00	0,67
Universidades	1,00	1,00	0,83
Integração	1,50	1,20	1,00
<b>Sum (Sci)</b>	<b>3,50</b>	<b>3,20</b>	<b>2,50</b>

Fonte: Elaboração dos autores, 2017

Figura 4 – Resultados da matriz comparativa do ambiente organizacional



Fonte: Elaboração dos autores, 2017

Na sequência, o destaque é para a contribuição das universidades, pois a partir delas, são realizadas a formação de recursos humanos especializados na área e a maior parte das pesquisas e trabalhos de extensão, o que contribui significativamente para a evolução tecnológica e mercadológica do setor, na região do estudo.

#### 2.4.3 Ambiente Tecnológico

Em relação ao ambiente tecnológico, que envolve as alternativas de biotecnologia e genética, manejo aquícola e processamento industrial, os resultados da pesquisa apontam que o processamento industrial possui maior importância para ampliar a competitividade no setor, conforme se observa na tabela 9 e figura 5.

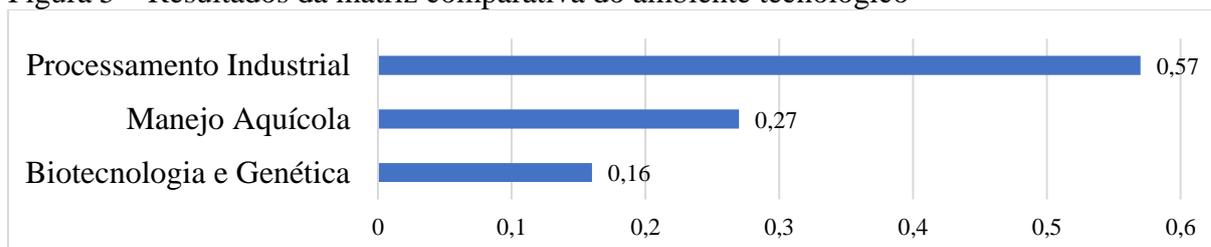
Tabela 9 – Comparação pareada dos subcritérios relacionados ao ambiente tecnológico

	<b>Biocnologia e Genética</b>	<b>Manejo Aquícola</b>	<b>Processamento Industrial</b>
Biocnologia e Genética	1,00	0,50	0,33
Manejo Aquícola	2,00	1,00	0,40
Processamento Industrial	3,00	2,50	1,00
<b>Sum (Sci)</b>	<b>6,00</b>	<b>4,00</b>	<b>1,73</b>

Fonte: Elaboração dos autores, 2017

Neste aspecto, consideram-se as tecnologias de ordem sanitária, como as boas práticas de fabricação, os procedimentos padrão de higiene operacional, a adequação das plantas frigoríficas às legislações vigentes, entre outros processos tecnológicos de produção. Fatores estes, que impactam diretamente na qualidade do filé e, por consequência, na maior visibilidade do produto e maior competitividade.

Figura 5 – Resultados da matriz comparativa do ambiente tecnológico



Fonte: Elaboração dos autores, 2017

A alternativa de preposição de mediadas relacionadas ao processamento industrial representa 57% da meta global do ambiente tecnológico e uma avaliação positiva nessa alternativa contribui aproximadamente 4 (quatro) vezes mais do que uma avaliação positiva na alternativa de biotecnologia e genética (peso de 16%). Isso pode ser explicado pelo fato de que na visão dos especialistas participantes, mesmo havendo uma grande evolução na biotecnologia e genética, que são fatores de grande importância, é necessário primeiramente uma evolução no processamento industrial, pois não adianta ter um excelente padrão genético se as tecnologias de abate e processamento estiverem obsoletas.

Para os julgadores, a alternativa biotecnologia e genética é de extrema importância, entretanto, não causará o impacto relativo se o processamento industrial não for de extrema qualidade e tecnologicamente evoluído. De maneira similar, os investimentos em biotecnologia e genética não terão os impactos positivos se o manejo na produção agropecuária não for satisfatório.

Sendo assim, o segundo fator de maior importância do ambiente tecnológico consiste no manejo aquícola, pois o processamento industrial será mais eficiente se for provido de matéria prima de excelente qualidade.

Conforme descrito na tabela 10, os resultados gerais da pesquisa apontam, de forma resumida, que o critério que mais impacta na competitividade da cadeia de valor do filé de tilápia, da região estudada, relaciona-se ao atendimento de aspectos tecnológicos, com uma representatividade de 64% conforme a visão dos integrantes da cadeia produtiva.

Tabela 10 – Síntese das prioridades globais do ambiente competitivo das agroindústrias de filetagem de tilápia da microrregião de Toledo, Paraná – Brasil.

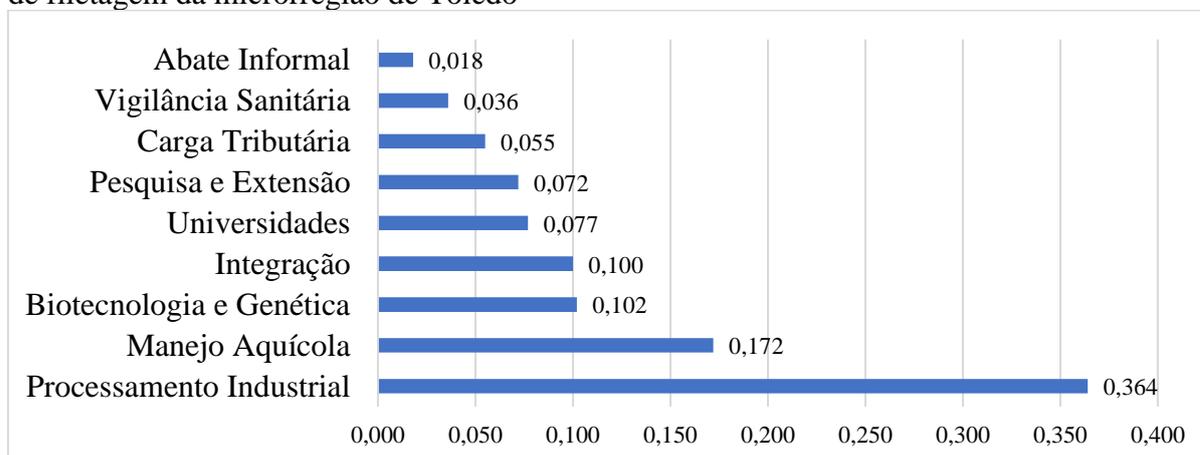
Critérios		Peso	Alternativas	Peso	Vetores de Prioridade
Competitividade do Sistema Agroindustrial do filé de tilápia	Institucional	0,11	Carga Tributária	0,50	0,055
			Abate Informal	0,17	0,018
			Vigilância Sanitária	0,33	0,036
	Organizacional	0,25	Pesquisa e Extensão	0,29	0,072
			Universidades	0,31	0,077
			Integração	0,40	0,100
	Tecnológico	0,64	Biotecnologia e Genética	0,16	0,102
			Manejo Aquícola.	0,27	0,172
			Processamento Industrial	0,57	0,364

Fonte: Elaboração dos autores, 2017

Também no ambiente tecnológico, encontra-se a principal alternativa para a melhoria no ambiente competitivo, ou seja, o processamento industrial que tem a maior representatividade entre as nove alternativas analisadas. O critério de menor importância consiste no ambiente institucional, no qual a alternativa abate informal também é menos relevante, pois segundo os especialistas pesquisados, o atendimento às outras alternativas, tais como uma ação mais efetiva na vigilância sanitária atrelada a uma possível redução da carga tributária, poderiam inibir esta prática em defesa da concorrência leal, ampliando a competitividade, tanto no nível regional, como nacional.

A figura 6 a seguir, complementa a síntese de prioridades globais apresentada na tabela 10 e demonstra uma escala hierárquica de prioridades, obtida mediante a aplicação do método de Saaty.

Figura 6 – Hierarquia de variáveis para a melhoria do ambiente competitivo da agroindústria de filetagem da microrregião de Toledo



Fonte: Elaboração dos autores, 2017

Esta escala hierárquica pode ser utilizada como indicador para o estabelecimento de políticas públicas, corporativas ou uma combinação entre iniciativa pública e privada, com potencialidade para ampliar a competitividade do setor de abate e processamento de pescado na região de estudo, tendo como parâmetro os critérios e as alternativas indicadas.

Conforme destacado na figura 6, as alternativas de maior relevância para ampliar a competitividade das agroindústrias de abate e filetagem de tilápias, consiste no desenvolvimento de tecnologias mais eficientes para o processamento industrial, com uma avaliação de 36,4 % sobre todas as demais alternativas, seguida pelo desenvolvimento de melhores técnicas de manejo aquícola para os produtores de tilápias, com uma participação de 17,2 %. Já as alternativas menos relevantes são a informalidade no abate e a atuação da vigilância sanitária, que participam com apenas 1,8 e 3,6 % respectivamente, em termos de importância, quando comparadas as demais alternativas.

Utilizando metodologia semelhante, Rafaeli e Müller (2010), estudaram a proposição de uma lógica de avaliação comparativa entre os indicadores de desempenho no departamento de engenharia de uma indústria automotiva, visando estabelecer uma medida de eficiência que caracterizasse o desempenho do departamento. O estudo foi viabilizado por meio da aplicação do método AHP e os autores concluíram que uma das principais possibilidades, mediante a aplicação do método, residiu na expansão do uso do AHP para outras áreas da empresa analisada, de modo que a alta gerência possa comparar o desempenho de cada unidade em relação às metas estabelecidas.

Desta forma, observa-se que a aplicação do método AHP é uma excelente ferramenta para lidar com problemas de decisão de multicritérios, em que é necessário o estabelecimento de prioridades, mediante uma gama de fatores decisórios de ordem tecnológica, econômica, sociopolítica e complexa.

## **2.5 Conclusão**

Conforme os resultados obtidos por meio da aplicação do método de Saaty, conclui-se que os fatores institucionais, organizacionais e tecnológicos expressam grandes oportunidades para a articulação da cadeia de valor do filé de tilápia, em que a realização de trabalhos conjuntos entre organizações de apoio, instituições de ensino, pesquisa e extensão e outros órgãos públicos e privados, possibilitaria uma melhor coordenação entre os agentes envolvidos e o consumidor final, impactando diretamente na ampliação da competitividade do setor. Entretanto, investimentos e incentivos no desenvolvimento de técnicas de manejo

na produção agropecuária e no processamento industrial mais eficiente, seriam as duas alternativas com maior potencial para tornar a comercialização dos produtos mais competitiva, obtendo uma representatividade de 17% e 36% respectivamente, ante os 1,8% de significância causado pela informalidade no setor, que seria a alternativa de menor impacto na escala hierárquica.

### Referências bibliográficas

- Baracho, M. S., Nääs, I. A., Neves, D. P., Cassiano, J. A., Lima, F. G., Moura, D. J., & Garcia, R. G. (2013). Estimating the most important criteria for hatching eggs as function of broiler breeders age. *Engenharia Agrícola*, 33(3), 445-452. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162013000300002>.
- Barkham, R. J. (1994). Entrepreneurial characteristics and the size of the new firm: a model and an econometric test. *Small Business Economics* 6(2), 117–125. <https://doi.org/10.1007/BF01065184>
- Bocca, L. S., & Galves, M. L. (2016). Multicriteria decision aid to implement an on-farm storage system for soybeans. *Engenharia Agrícola*, 36(6), 1250-1260. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v36n6p1250-1260/2016>.
- Box, T. M., White, M. A., & Barr, S. H. (1994). A contingency model of new manufacturing firm performance. *Entrepreneurship Theory Practice*, 18(2), 31-45.
- Carbonari, T., & Silva, C. R. L. D. (2012). Estimativa da elasticidade-renda do consumo de carnes no Brasil empregando dados em painel. *Pesquisa & Debate*, 23(1), 154-178.
- Cooper, A. C., & Gascon, F. J. G. (1992). Entrepreneurs, processes of founding, and new-firm performance. In: Sexton, D. L., & Kasarda, J. D. (Orgs.). *The State of the Art of Entrepreneurship*, p.301-340.
- Dyke, L. S., Fischer, E. M., & Reuber, A. R. (1992). An inter-industry examination of the impact of owner experience on firm performance. *Journal of Small Business Management*, 30(4), 72-87.
- Francischini, P. G., Cabel, G. M. (2003). Proposição de um indicador geral de desempenho utilizando AHP. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP, 2003. 1 CD-ROM.
- Herron, L., & Robinson, R. B. (1993). A structural model of the effects of entrepreneurial characteristics on venture performance. *Journal of Business Venturing*, 8(3), 281–294. [https://doi.org/10.1016/0883-9026\(93\)90032-Z](https://doi.org/10.1016/0883-9026(93)90032-Z)
- Keats, B. W., & Bracker, J. S. (1987). Towards a theory of small firm performance: a conceptual model. *Entrepreneurship Theory Practice*, 12 (4), 41–58. <https://doi.org/10.1177/104225878801200403>.

- Kubo, E. (2014). Pescados e derivados. In: Madi, L. F., & Rego, R. (orgs.). *Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos no Brasil: agroindústria de alimentos*. Brasília: CGEE, p.75-84.
- Malhotra, V., Lee, M. D., & Khurana, A. (2007). Domain experts influence decision quality: Towards a robust method for their identification. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 57, 181-194. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2005.09.007>.
- Man, T. W. Y., & Chan, T. L. K. F. (2002). The competitiveness of small and medium enterprises: A conceptualization with focus on entrepreneurial competencies. *Journal of Business Venturing*, 17, 123–142. [https://doi.org/10.1016/S0883-9026\(00\)00058-6](https://doi.org/10.1016/S0883-9026(00)00058-6).
- Melz, L. J., & Souza Filho, H. M. (2011). Avaliação da competitividade da produção de carne de frango em Mato Grosso. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 7(2), 25-57.
- Nelson, R. (1992). Recent writings on competitiveness: boxing the compass. *California Management Review*, 34(2), 127–137.
- Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO. (2017). *Perspectivas agrícolas no Brasil: desafios da agricultura brasileira 2015-2024*. Disponível em: <<http://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>> Acesso em: 07 jun. 2017.
- Power, D. J. (2014). *Decision Support Systems Glossary: DSSResources.COM*. Disponível em: <http://dssresources.com/glossary>. Acessado em mai 24, 2017.
- Ramos, M. J., Rocha Júnior, W. F., Schmidt, C. M., & Fagundes, M. B. B. (2014). Sistema agroindustrial da carne ovina no oeste paranaense. *Revista de Política Agrícola*, 23(1), 18-32.
- Saab, M. S. B. L. M., Neves, M. F., & Cláudio, L. D. G. (2009). O desafio da coordenação e seus impactos sobre a competitividade de cadeias e sistemas agroindustriais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 412-422. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001300041>.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I).
- Saaty, T. L. (1991). *Método de análise hierárquica*. Tradução e revisão técnica Wainer da Silveira e Silva. São Paulo: Makron Books, 326p.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2001). *Models, methods, concepts applications of the analytic hierarchy process*. Norwell: Kluwer Academic Publishers. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-1665-1>.
- Saaty, T. L. (2005). *Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks*. Pittsburgh: RWS Publications.

- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2013). *Models, methods, concepts and applications of the Analytic Hierarchy Process*. London: Springer New York, Heidelberg Dordrecht London.
- Schiefer, J., & Hartmann, M. (2008). Determinants of competitive advantage for German food processors. *Agribusiness: An International Journal*, 24(3), 306-319. doi:10.1002/agr.20168.
- Schulter, E. P., & Vieira Filho, J. E. R. (2017). *Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. IPEA. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td\\_2328.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2328.pdf) Acessado em out. 03, 2017.
- Sussel, F. R. (2013). *Tilapicultura no Brasil e entraves na produção*. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/TilapiculturaEntraves.pdf>. Acessado em mai. 24, 2017.
- Waheeduzzaman, A. N. M., & Ryans, J. K. (1996). Definition, perspectives, and understanding of international competitiveness: a quest for a common ground. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 6(2), 7–26. <https://doi.org/10.1108/eb046333>.

### **3. UMA ABORDAGEM MULTI OBJETIVO PARA A MODELAGEM DE REDES DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS: O CASO DA PISCICULTURA DE TILÁPIA NO ESTADO DO PARANÁ – BRASIL**

#### **RESUMO**

Atualmente, o eficiente design da cadeia de suprimentos é uma questão importante, que se torna um desafio maior com a necessidade de considerar nas decisões, por trás das questões econômicas, as preocupações ambientais e sociais. Neste artigo, desenvolve-se um modelo de planejamento de cadeia de suprimentos baseado em um ferramental multiobjetivo que considera questões econômicas, sociais e ambientais. O modelo é aplicado à cadeia de abastecimento de piscicultura da tilápia no Brasil. Uma matriz de resultados é derivada e uma aproximação da fronteira de Pareto é construída usando o método  $\epsilon$ -constraint aumentado. Várias soluções não dominadas são geradas e analisadas para propor os cenários preferenciais do design da rede da cadeia de suprimentos.

**Palavras-chave:** cadeia de suprimentos; sustentabilidade; programação multiobjetivo; piscicultura; Brasil. [Classificação JEL: C44; R58].

#### **ABSTRACT**

Nowadays, the efficient supply chain network design is a major issue, which becomes a greater challenge with the need of considering in decisions, behind economic issues, environmental and social concerns. In this paper is developed a supply chain planning model based on a multiobjective framework that considers economic, social and environmental issues. The model is applied to the tilapia's pisciculture supply chain in Brazil. A payoff matrix is derived and an approximation of Pareto frontier is built using the augmented  $\epsilon$ -constraint method. Several non-dominated solutions are generated and analyzed in order to propose the preferable scenarios of supply chain network design.

**Keywords:** supply chain network; sustainability; multi-objective programming; pisciculture; Brazil

### 3.1 Introdução

O design da rede da cadeia de suprimentos (SCND) atraiu nos últimos anos a atenção dos acadêmicos e da indústria (Owen & Daskin, 1998; Simchi-Levi et al., 2008). O SCND envolve decisões estratégicas sobre o número, localização e capacidade das instalações, tais como plantas, armazéns, centros de distribuição e seleção de fornecedores (Varsei & Polyakovskiy, 2017).

As empresas percebem o SCND como uma ferramenta importante para apoiar decisões estratégicas sobre a taxa de produção, localização e capacidade das instalações e para movimentar materiais e produtos de forma eficiente, desde a fonte de matérias-primas até os pontos de demanda (Chopra & Meindl, 2013). Portanto, o design eficiente de uma cadeia de suprimentos (SC) é altamente estratégico e desafiador, mesmo quando apenas um objetivo econômico é considerado como critério de otimização.

No entanto, a pressão social e a competitividade, bem como leis e regras, enfatizaram a importância dos impactos ambientais e sociais da SC (Meixell & Luoma, 2015). Portanto, o gerenciamento sustentável da cadeia de suprimentos (SCM) tem uma enorme importância (Seuring & Müller, 2008a). Um ambiente de negócios dinâmico e volátil requer que as empresas adotem um SC eficiente e sustentável para alcançar suas vantagens competitivas (Zailani et al., 2012). Neste contexto, as empresas desejam adotar modelos de gerenciamento estratégico que agregam valor aos seus produtos de forma sustentável.

Assim, este trabalho é dirigido a modelagem de rede da cadeia de suprimentos sustentável da piscicultura de tilápia no estado do Paraná no Brasil. A piscicultura é uma atividade em crescimento que representa uma contribuição importante para a produção mundial de alimentos, desempenhando um importante papel como fonte de proteína e lucros em diversas áreas (FAO, 2011). Segundo Kubitza (2015), o Brasil se destaca como um grande produtor na piscicultura, pois entre 2004 e 2014 a produção de peixe cresceu em média 8%, acima de outros setores tradicionais do agronegócio brasileiro, como carne bovina (4%), frango (4 %) e suína (3%).

O consumo per capita anual de peixe no Brasil é de cerca de 9 kg e vem aumentando, e quase dobrou na última década (Sidonio et al., 2011). No entanto, ainda está abaixo das recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS), que sugere 12 kg. Dado que a população brasileira é de cerca de 200 milhões de pessoas (IBGE, 2016), podemos estimar um consumo interno de peixe próximo de 2 milhões de toneladas por ano.

Várias espécies de peixes são produzidas em diversas regiões do país, sendo a tilápia a mais comum (Embrapa, 2017). A produção de tilápia aumentou de 12 mil toneladas em 1995 para 219 mil toneladas em 2015 (FAO, 2016). A região Sul representa 42% da produção brasileira de tilápia, sendo o Paraná o líder com uma produção de 63 mil toneladas (IBGE, 2016). No estado do Paraná, como em outras regiões brasileiras, a produção de tilápia contribui para a promoção do desenvolvimento econômico (Schulter & Vieira-Filho, 2017). No entanto, as dimensões ambiental e social também devem ser consideradas no SCND, a fim de alcançar um desenvolvimento sustentável.

A sustentabilidade foi definida no Relatório Brundtland, como o desenvolvimento que atende as necessidades atuais sem comprometer os recursos das gerações futuras. De acordo com essa definição, surgiu o conceito de linha tripla (TBL). Sob esta perspectiva, as empresas não se concentram apenas no valor econômico agregado aos seus produtos, mas também, se perguntam como o valor social e ambiental é criado ou destruído por sua atividade (Elkington, 2004; Seuring & Müller, 2008; Zailani et al., 2012; Ahi & Searcy, 2013; Carvalho & Barbieri, 2013; Tseng et al., 2015).

Segundo Andersen & Skjoett-Larsen (2009), as empresas devem ser responsabilizadas, não apenas pelo seu ambiente organizacional, mas também, por suas práticas ambientais e sociais e por seus *stakeholders* que interagem direta ou indiretamente com eles. Várias propostas de SCND sustentáveis estão disponíveis na literatura (Govindan et al., 2013; Tseng et al., 2015). Estudos recentes identificaram as principais questões que influenciam o desempenho sustentável das empresas (Zailani et al., 2012). Vários estudos foram feitos sobre SCND sustentável, mas a maioria deles está focada em objetivos ambientais ou objetivos econômicos e ambientais, e não na dimensão TBL (Rajeev et al., 2017).

Assim, esta pesquisa tem como objetivo incorporar as dimensões econômica, ambiental e social nas decisões do SCND no contexto da indústria da piscicultura de tilápia no Brasil. Tem-se como base, um estudo de caso para o qual foi desenvolvido um modelo multiobjetivo. Este modelo tem a particularidade de integrar no processo de decisão as dimensões da TBL. Para a dimensão econômica foi considerado o lucro da SC. Para a dimensão social, foi criado um indicador qualitativo, a fim de avaliar o impacto social da indústria focal na SC. Finalmente, para a dimensão ambiental, foram consideradas as emissões equivalentes de CO<sub>2</sub> das atividades de transporte entre os membros da SC. Portanto, o modelo permite explorar o *trade-off* entre esses objetivos e determinar a capacidade ótima da indústria focal, a taxa de produção e a quantidade de materiais e

produtos que fluem entre os membros da SC. Neste caso, também foi utilizado para gerar cenários balanceados alternativos de uma SCND sustentável.

Este estudo foi motivado por várias lacunas na literatura. Apesar de existirem muitos estudos sobre SCND sustentável, poucos consideraram as três dimensões da sustentabilidade, sendo a maioria delas sobre uma ou duas dimensões. Além disso, a piscicultura parece ter um futuro promissor no Brasil, mas não existem estudos reais sobre a SCND, portanto, é realizado um estudo de caso na cadeia de fornecimento de tilápia no Estado do Paraná.

Este artigo tem três contribuições principais. Primeiro, ele fornece uma estrutura específica para o design da cadeia de fornecimento de tilápia no Brasil, que integra os três objetivos do conceito de sustentabilidade da TBL. Segundo, apresenta um modelo multiobjetivo desenvolvido mediante a utilização de programação inteira mista para otimizar o nível de capacidade de uma indústria focal, a quantidade de material transportado entre fornecedores e clientes em cada escalão do SC e a taxa de produção de tilápias e resíduos. Terceiro, através de um estudo de caso, o artigo mostra um exemplo de como vários objetivos de sustentabilidade podem ser considerados na análise do SCND.

O artigo está organizado da seguinte forma: Além desta introdução, a seção 2 é dedicada a uma breve revisão da literatura. A seção 3 apresenta a cadeia de fornecimento de tilápia no Brasil. A seção 4 é dirigida à metodologia da pesquisa e descreve a declaração do problema, a formulação do modelo e a abordagem da solução utilizada. A seção 5 é reservada para a apresentação e análise dos resultados. Finalmente, a Seção 6 apresenta as considerações finais.

### **3.2 Revisão da Literatura**

Recentemente, o SCM emergiu da literatura de gestão e marketing e fornece um foco na coordenação de cadeias e sistemas e redes de agronegócios (Moura et al., 2009). Assim, esta pesquisa é enquadrada pelo paradigma SCM no qual as empresas da SC colaboram em conjunto para melhorar sua estratégia e eficiência operacional (Bowersox et al., 2002).

A SC é uma rede de instalações e fluxos de mercadorias que flui entre elas. Essas instalações incluem fornecedores, fábricas, armazéns, centros de distribuição e pontos de varejo ou de demanda, enquanto as mercadorias incluem matérias-primas, trabalhos em processo e produtos acabados (Pham & Yenradee, 2017). O SCM visa integrar e coordenar

eficientemente os fluxos entre os membros da cadeia de suprimentos (Simchi-Levi et al., 2008). Isso significa que o SCM envolve decisões estratégicas táticas e operacionais.

O SCND compreende decisões estratégicas sobre o número, localização e capacidade dos armazéns, fábricas e centros de distribuição, bem como as conexões entre eles (Chopra & Meindl, 2013). É um problema de planejamento envolvendo processos de cadeia de valor da empresa focal com interfaces de fornecedores e clientes, que representam as fontes e destinos de matérias-primas, trabalhos em processo e produtos acabados. Devido ser altamente estratégico, as decisões no SCND limitam todas as outras decisões táticas e operacionais na SC.

Os modelos de Problema de Localização das Instalações (FLP) fornecem uma base sólida aos modelos SCND, mas como eles são principalmente direcionados para decisões de alocação de localização, não refletem toda a complexidade de decisões em SC (Current et al., 1990). Assim, muitas extensões do FLP foram consideradas. Os mais importantes estão relacionados a decisões típicas de SC, como capacidade, produção e aquisição (ReVelle et al., 2008; Melo et al., 2009; Zang et al., 2004; Yang et al., 2015; Varsei & Polyakovskiy, 2017).

Geralmente, o *trade-off* típico no SCND é entre o nível de serviço (como a demanda do cliente é efetivamente satisfeita) e os custos anualizados do SC (custos fixos de instalações e equipamentos e custos variáveis de produção e transporte). Modelos de programação matemática têm sido amplamente utilizados no SCND, mas abordagens equilibradas que levam em consideração as três dimensões do conceito de sustentabilidade do TBL não são comuns. Tradicionalmente, esses modelos consideram apenas objetivos econômicos, como minimizar custos ou maximizar lucros (Eskandarpour et al., 2015; Varsei & Polyakovskiy, 2017).

A crescente importância das questões ambientais levou a incluí-las nas decisões do SCND. No SCND, elas estão associadas a instalações, modos de transporte, processos, design de produtos e opções tecnológicas (You & Wang, 2011). Diversas abordagens podem ser usadas para incluir questões ambientais nas decisões do SCND. No entanto, a técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) é a mais utilizada e suas saídas podem ser incorporadas como entradas de modelos de otimização. Ela avalia os impactos ambientais em todas as etapas do ciclo de vida de um produto, desde a fonte de matérias-primas até o descarte final ou reciclagem. As normas ISO 14040 e 14044 descrevem os quatro passos principais da LCA (ISO, 2006).

Portanto, vários estudos consideram apenas um ou alguns impactos ambientais. A mudança climática é um impacto, muitas vezes estudado, utilizando o indicador de Potencial de Aquecimento Global (GWP), expresso em emissões de CO<sub>2</sub>-equivalente durante um período pré-definido (IPCC, 2007). O uso de um ou poucos indicadores permite simplificar os cálculos e focar nos impactos relevantes (Guillén-Gosálbez et al., 2010).

Considerando a dimensão social no SCND, é possível entender melhor o impacto do SC nas partes interessadas (funcionários, clientes e comunidades locais). No entanto, a dimensão social da sustentabilidade é menos estudada (Seuring & Müller, 2008b). Destina-se a avaliar o impacto das estratégias associadas às condições de trabalho, compromisso social, questões de clientes, direitos humanos e práticas de negócios (Chardine-Baumann e Botta-Genoulaz, 2014).

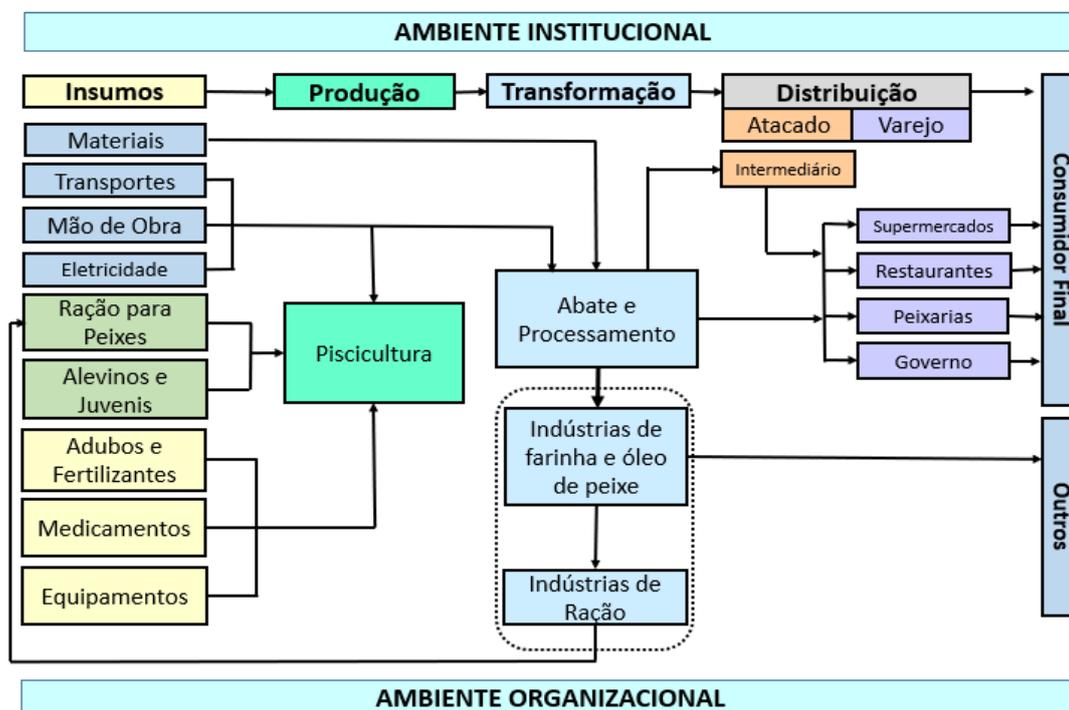
No entanto, embora a maioria dos estudos sobre sustentabilidade social seja dirigida a condições de trabalho, Eskandarpour et al. (2015) em uma revisão da literatura observou que nenhum documento foi dirigido a direitos humanos e práticas comerciais. Para lidar com as condições de trabalho, o número de empregos criados é o indicador mais utilizado (Devika et al., 2014; Dehghanian & Mansour, 2009; Mota et al., 2015).

### **3.3 A cadeia de suprimento da tilápia**

A produção de tilápia transformou algumas regiões brasileiras em centros de produção, que experimentaram mudanças importantes com grande impacto no investimento e desenvolvimento regional (Schulter & Vieira-Filho, 2017). A liderança do estado do Paraná na produção de tilápias deve-se a uma melhor organização da SC associado à forte indústria de abate e processamento estabelecida na região, principalmente, no município de Toledo, que desenvolveu vínculos com diversas indústrias (Figueiredo-Júnior & Valente-Junior, 2008). A SC não é restrita apenas à produção de tilápias, mas outras indústrias também aumentaram, como fornecedores de insumos, indústrias de processamento para transformar o peixe em filé, centros de distribuição para distribuir pescado até os clientes finais e processadores de resíduos.

Neste SC, podemos identificar quatro escalões (Figura 1). O primeiro inclui um amplo conjunto de fornecedores de insumos, que abastecem as fazendas aquícolas de piscicultura com equipamentos, medicamentos, fertilizantes, alevinos e rações para peixes, bem como a indústria de abate e processamento de pescado com materiais subsidiários (embalagem e higienização). O segundo escalão é composto pelas fazendas aquícolas de

piscicultura que criam e engordam os alevinos e os transformam em tilápias adultas prontas para o abate. O terceiro escalão tem as indústrias de abate e processamento de pescado e os processadores de resíduos. O primeiro transforma a tilápia em filé, que é o principal produto desta cadeia de abastecimento. Neste processo de transformação, o filé é retirado da tilápia, sendo as partes restantes consideradas resíduos ou subprodutos. Então, esses subprodutos são processados para o abastecimento de outras indústrias. O último escalão da cadeia de suprimentos está associado a atividades de distribuição e pode incluir a função de atacado e varejo.



**Figura 1 - Estrutura da cadeia de suprimento da tilápia no Estado do Paraná**

As fazendas de peixes e as indústrias de abate e processamento utilizam os serviços de mão-de-obra, eletricidade e transporte, que são utilizados para movimentar os materiais na cadeia de suprimento entre diferentes locais.

No estado do Paraná, a SC de tilápias é coordenada pelas principais indústrias de abate e processamento localizadas nos municípios de Toledo e Nova Aurora por meio de estruturas semi-verticais. Essas empresas aumentaram seus investimentos em indústrias de alimentação para peixes, na produção de alevinos e na criação de tilápias (Planello, 2015). O mesmo autor afirma ainda que, no estado do Paraná, as estruturas verticais de grandes indústrias de beneficiamento de frangos co-existem com pequenos e médios produtores de alevinos e piscicultores de tilápia. São principalmente, pequenas unidades produtivas que

utilizam como força de trabalho os familiares. Assim, elas não reivindicam altos custos trabalhistas, mas, em vez disso, um fraco poder de barganha com a indústria de rações, que é seu principal fornecedor (Martins et al., 2001).

O peixe tilápia é um produto muito perecível e a indústria de processamento agrega valor aumentando seu prazo de validade e as opções de comercialização. O filé representa em média 35% da tilápia, sendo os 65% restantes considerados resíduos (Pires et al., 2011). O filé de tilápia pode ser comercializado na forma resfriado ou congelado e com inspeção federal, estadual ou municipal. Essas diferenças originam diferentes produtos no mercado, que também podem ser negociados em diferentes locais. O resíduo resultante da produção de filé é considerado um subproduto a ser destinado, principalmente, à indústria de subprodutos para ser transformado em farinha e óleo de peixe que, posteriormente, são utilizados na produção de alimentos para animais.

Embora, em diversas lojas de varejo no Brasil, os clientes prefiram peixe fresco, as vendas de filé congelado são maiores do que as vendas de filé resfriado (Pereira et al., 2009). O filé com inspeção estadual só pode ser comercializado no Estado do Paraná, enquanto o filé com inspeção nacional pode ser comercializado em qualquer Estado do Brasil. A inspeção federal permite a exportação do produto. O filé de tilápia produzido no Paraná é vendido, principalmente, em Curitiba que é seu maior centro urbano e/ou em São Paulo (Kubitza, 2011). Um dos principais canais de comercialização do Brasil que também é utilizado pela indústria de processamento de frangos do Estado do Paraná é a CEAGESP (Companhia de Entrepasto e Armazéns Gerais de São Paulo), que é considerada o maior centro de comércio de produtos da América Latina (Planello, 2015).

A Tabela 1 apresenta a evolução média anual do preço do filé congelado no período de 2014-2017 nos Estados de São Paulo e Paraná. No primeiro, geralmente o preço é maior, sendo a diferença relativa a este último superior a 20% em 2015 e 2016. No período analisado o preço médio aumentou 52% em São Paulo e 20% no Paraná. O estado de São Paulo não produz filé de tilápia suficiente para satisfazer sua demanda, e como o preço é mais alto do que no Paraná, esse mercado é uma interessante alternativa comercial para as indústrias de abate e processamento de Toledo. Geralmente, estas indústrias vendem seu filé localmente no oeste do Paraná, em Curitiba e em São Paulo. Embora as alternativas de comercialização de São Paulo e Curitiba ofereçam um amplo mercado de consumo e preços mais competitivos, é necessário considerar o custo de transporte, que é caro devido às condicionantes necessárias. Além disso, como no Brasil o principal modo de transporte é o

uso de caminhões articulados, os gases de efeito estufa, ou seja, as emissões de carbono tornaram-se uma grande preocupação.

Tabela 1 - Preço médio anual do filé de tilápia congelado em São Paulo e Paraná em 2014-2017 em (US \$ / tonelada).

Estado	2014	2015	2016	2017	Variação 2014-2017
São Paulo	7.652,00	10.370,00	12.776,00	11.646,00	52%
Paraná	8.380,00	8.495,00	10.141,00	10.132,00	21%
São Paulo/Paraná	0,91	1,22	1,26	1,15	-

Fonte: Barroso et al., 2017; Flores et al., 2016.

Apesar de a piscicultura de tilápia ter um futuro promissor no Brasil, algumas restrições devem ser levadas em conta (Sussel, 2011). Roriz et al. (2017), identificaram em estudo realizado no rio São Francisco, em Minas Gerais, que o aumento do preço da ração e problemas com o fluxo de produção devido à falta de capacidade dos abatedouros estão entre os principais constrangimentos da SC da tilápia. No entanto, apesar da existência de grandes frigoríficos no Estado do Paraná, a capacidade da indústria de transformação é sempre uma questão estratégica. Uma parte importante do valor adicionado à SC da tilápia é criada no abatedouro. Assim, o desenvolvimento de um mercado local pode ser uma estratégia para se tornar a SC mais curta e, portanto, mais sustentável. Isso pode permitir reduzir os preços, uma vez que as margens serão compartilhadas por menos operadores e os custos diminuirão (Barroso et al., 2017). Na perspectiva do desenvolvimento local, o impacto social da SC da tilápia está associado aos empregos diretos criados nas indústrias de produção e processamento e ao impacto econômico indireto gerado pelas diferentes entidades da SC no nível regional.

### 3.4 Metodologia da Pesquisa

Esta pesquisa baseia-se em um estudo de caso de um conjunto de empresas, consideradas como indústria focal de abate e processamento de filé de tilápia no município de Toledo, no oeste do estado do Paraná, no Brasil. Nesta seção é apresentado um modelo multiobjetivo de programação linear inteira que descreve a cadeia de suprimentos da tilápia. Este é um modelo de SCND que visa encontrar a melhor configuração da SC em termos de capacidade da indústria focal e seleção de fornecedores, mercados e a quantidade de insumos e produtos produzidos, transformados e transportados. Este modelo integra as decisões da SCND na perspectiva TBL da sustentabilidade considerando os objetivos econômicos, sociais e ambientais.

Os dados foram coletados por meio de entrevistas ao longo de quatro anos, entre 2014 e 2017. As entrevistas foram dirigidas aos proprietários e gestores de seis indústrias de abate e processamento de tilápias do município de Toledo, no Paraná. Elas representam todas as indústrias de processamento de pescado de Toledo, no oeste do Paraná, e são o principal escalão da SC de tilápia, onde é produzido seu principal produto, o filé de tilápia. Uma entrevista profunda e estruturada foi utilizada para entender a dinâmica da SC da tilápia e obter informações sobre o processo de produção, configuração da SC, preços, custos e demanda. Assim, os valores médios de quatro anos foram considerados para o processo de produção, sendo utilizados para custos, preços e demanda os dados do período mais recente, relativos ao ano de 2017.

### 3.4.1 Formulação do problema

O modelo foi formulado da seguinte forma. As instalações da cadeia de suprimentos são representadas por um conjunto de fornecedores  $S$ , um conjunto de pisciculturas  $P$ , um conjunto de indústrias de abate e processamento (indústria focal)  $F$ , uma indústria processadora de resíduos  $W$  e um conjunto de centros de distribuição  $D$ . Além disso, foi considerado um conjunto de instalações  $\Omega = P \cup F$  e  $\tau = F \cup W$ . Cada instalação tem uma localização específica e todas as conexões entre os membros da cadeia de suprimentos são representadas por um conjunto  $\varphi = (S \times P) \cup (S \times F) \cup (P \times F) \cup (F \times D) \cup (F \times W)$ , sendo qualquer conexão particular dada pelo subconjunto  $\varphi \in \varphi$ .

Os fornecedores têm diferentes localizações no Paraná e em São Paulo, e podem fornecer um conjunto de materiais  $M$  para as fazendas aquícolas  $P$  e o abatedouro  $F$  a um preço unitário  $c_m^S$ . Estes materiais podem incluir no primeiro, principalmente, alevinos e ração para peixes, e no último material de embalagem e produtos de higienização. Todo o material  $m \in M$  pode ser fornecido por cada fornecedor  $s \in S$  até uma quantidade  $\alpha_m^S$ .

As pisciculturas  $P$  recebem materiais, incluindo alevinos com peso médio de 20-25 gramas e produzem tilápia  $t$  com um peso médio de 750 gramas a um custo de transformação  $c_t^P$ . Eles podem fornecer à indústria focal  $F$ , até uma capacidade máxima  $\alpha^P$ . Para produzir uma unidade (tonelada) de  $t$  é requerida uma quantidade de materiais  $q_m$ .

A indústria focal transforma a tilápia em um conjunto de produtos principais  $J$  e um conjunto de subprodutos  $I$ . Uma tonelada de tilápia é transformada em 0,35 toneladas de filé e 0,65 toneladas de subprodutos, cuja composição é dada por um parâmetro  $f_i$ . O filé de tilápia é produzido a um custo de transformação  $c_j^F$  e é necessária uma quantidade de

materiais  $g_m$ . Existem diferentes alternativas de filé de tilápia, como filé resfriado ou congelado, com inspeção local ou nacional. Os dois tipos de inspeção levam a custos operacionais diferentes e diferenciam o valor de mercado. Os subprodutos incluem carne de peixe mecanicamente separada, residual de carcaça de peixe e outros resíduos. A capacidade dos frigoríficos  $\beta_o^F$ , pode ser estabelecida para diferentes níveis de economias de escala  $o \in O$  a um custo anual  $r_o^F$ .

O filé é vendido para um conjunto de centros distribuidores  $D$  e os subprodutos são vendidos para a indústria de processamento de resíduos  $W$ . Os centros de distribuição  $D$  representam atividade de atacado e também os pontos de varejo, como supermercados, restaurantes, peixarias e entidades públicas. Eles estão associados a diferentes locais e sua participação de mercado para cada produto  $J$  é representada por  $\delta_j^D$ .

Um conjunto  $\psi = M \cup T \cup J \cup I$  de materiais e produtos que flui através da SC foi estabelecido, assim como os seguintes subconjuntos:  $\xi = T \cup J$  com  $\xi \in \psi$ , e  $K = J \cup I$  com  $K \in \psi$ . Assim, considera-se que um conjunto de preços de mercado  $p_k^\tau$  para a venda dos produtos  $K$  nos pontos  $\tau = D \cup W$ .

No Brasil, o transporte rodoviário é a principal modalidade e, por isso, consideramos o uso de caminhões pesados ou articulados para transportar materiais e produtos através da SC. Uma unidade de material ou produto  $\psi$  transportada através de uma conexão  $\varphi \in \phi$  tem um custo  $c_\psi^\varphi$  e está associada a uma emissão de CO<sub>2</sub>-equivalente  $h_\psi^\varphi$  em Kg por tonelada.

O objetivo econômico consiste na maximização do lucro da SC, que é calculado como a diferença entre as receitas da venda de produtos e os custos variáveis e fixos da SC. A dimensão social pode influenciar as decisões do SCND e, portanto, o objetivo social é a maximização do impacto social da indústria focal na região onde ela está estabelecida. Como o transporte é uma importante fonte de danos ambientais, o objetivo ambiental é minimizar a emissão de gases de efeito estufa devido ao transporte entre os membros da SC.

### 3.4.2. Formulação do modelo

Apresentamos a seguir as variáveis do modelo de decisão, a formulação genérica de um problema de MIP multiobjetivo do SCND e as funções objetivo.

As variáveis de decisão do modelo incluem quatro tipos. O primeiro tipo são as variáveis de decisão binárias  $x_o^F$ , que representam a decisão de investir ou não em um nível de capacidade  $o \in O$  para os frigoríficos  $F$ . O segundo tipo são as variáveis de decisão  $y_\psi^\varphi$

associadas às quantidades de materiais e produtos  $\psi$  transportados entre os membros da SC conectados por uma conexão  $\varphi$ . O terceiro tipo são as variáveis de produção  $u_{\xi}^{\Omega}$  dos produtos  $\xi$  (tilápia e filé de tilápia) produzidos nas instalações  $\Omega$  (pisciculturas e frigoríficos). O quarto tipo são variáveis auxiliares, como  $l$ , que contabilizam o número de empregos criados nas atividades de produção da SC.

A formulação do modelo é apresentada da seguinte forma:

$$\max \quad f(x, y) = (f_e(x, y), f_{\omega}(x, y), -f_{\varepsilon}(x, y)) \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_f y_j^{F,D} \leq \delta_j^D, \quad d \in D, j \in J \quad (2)$$

$$\sum_o u_{j_o}^F = \sum_d y_j^{F,D}, \quad f \in F, j \in J \quad (3)$$

$$\sum_o u_{i_o}^F = \sum_w y_i^{F,W}, \quad f \in F, i \in I \quad (4)$$

$$u_t^P = \sum_f y_t^{P,F}, \quad t \in T, p \in P \quad (5)$$

$$q_m u_t^P = \sum_s y_m^{S,P}, \quad m \in M, p \in P \quad (6)$$

$$g_m u_{j_o}^F = \sum_s y_m^{S,F}, \quad m \in M, f \in F \quad (7)$$

$$\sum_p \sum_t 0.35 u_t^P = \sum_j u_{j_o}^F, \quad o \in O, f \in F \quad (8)$$

$$\sum_p \sum_t f_i u_t^P = \sum_o u_{i_o}^F, \quad o \in O, f \in F \quad (9)$$

$$\sum_{\Omega} y_m^{S,\Omega} \leq \alpha_m^S, \quad s \in S, m \in M \quad (10)$$

$$\sum_t u_t^P \leq \alpha^P, \quad p \in P \quad (11)$$

$$\sum_j u_{j_o}^F \leq \beta_o^F x_o^F, \quad o \in O, f \in F \quad (12)$$

$$\sum_j u_{j_o}^F - x_o^F \geq 0, \quad o \in O, f \in F \quad (13)$$

$$\sum_f \sum_d \sum_j \theta y_j^{F,D} = l \quad (14)$$

$$f_e(x, y) = \sum_{\tau} \sum_{k \in \psi} p_k^{\tau} y_k^{F,\tau} - \sum_f \sum_o r_o^F x_o^F - \sum_{\varphi \in \emptyset} \sum_{\psi} c_{\psi}^{\varphi} y_{\psi}^{\varphi} - \sum_{\Omega} \sum_{\xi \in \psi} c_{\xi}^{\Omega} u_{\xi}^{\Omega} - \sum_s \sum_{\Omega} \sum_m c_m^S y_m^{S,\Omega} - cl \quad (15)$$

$$f_{\omega}(x, y) = \sum_{\tau} \sum_f \sum_k \frac{p_k^{\tau}}{v^{F,\tau}} y_k^{F,\tau} + \sum_p \sum_f \sum_t \frac{c_t^P}{v^{P,F}} y_{\xi}^{P,F} + \sum_s \sum_{\Omega} \sum_m \frac{c_m^S}{v^{S,\Omega}} y_m^{S,\Omega} + cl \quad (16)$$

$$f_{\varepsilon}(x, y) = \sum_{\psi} \sum_{\varphi \in \emptyset} h_{\psi}^{\varphi} y_{\psi}^{\varphi} \quad (17)$$

$$x_0^F \in [0,1], f \in F, o \in O; y_\psi^\varphi \in \mathbb{R}_{\geq 0}, \varphi \in \phi; u_\xi^\Omega \in \mathbb{R}_{\geq 0}, \xi \in \psi, l \in \mathbb{R}_{\geq 0} \quad (18)$$

A equação (1) é a função objetivo com valor de vetor  $f(x, y)$  a ser maximizada. A restrição (2) garante que a quantidade de filé de tilápia transportada dos frigoríficos  $F$  para os centros de distribuição  $d \in D$  não exceda a demanda diária  $\delta_j^D$ . A restrição (3) impõe que a quantidade de filé de tilápia produzida no frigorífico seja igual à quantidade transportada para os centros de distribuição. Similarmente, a restrição (4) garante que a quantidade de subprodutos é igual à quantidade transportada para a indústria de processamento de resíduos  $w \in W$ . A restrição (5) equilibra a produção de tilápia  $t$  na piscicultura  $p \in P$  com a quantidade transportada para ser processada nos frigoríficos. A restrição (6) garante que há material suficiente que é fornecido de um fornecedor  $s \in S$  para a piscicultura  $p \in P$ . Similarmente, a restrição (7) garante que os materiais solicitados,  $m \in M$ , estão sendo fornecidos pelo fornecedor  $s \in S$  para os frigoríficos  $F$ .

Em relação as restrições (8) e (9) descrevem o processo de produção. A primeira garante que o processamento de uma tonelada de tilápia resulta em 0,35 toneladas de filé de tilápia. Da mesma forma, o último garante que, para cada tonelada de tilápia processada, seja produzida uma quantidade  $f_i$  de subprodutos  $i \in I$ .

A restrição (10) restringe a quantidade de materiais  $m \in M$  entregues pelo fornecedor  $s \in S$  para  $\alpha_m^S$ . Similarmente, a restrição (11) limita a capacidade de produção das pisciculturas  $P$  a  $\alpha^P$ . A restrição (12) determina os níveis de capacidade  $o \in O$  que devem ser escolhidos para investir nos frigoríficos e os restringe a  $\beta_o^F$ . A restrição (13) descarta a decisão de investimento em um nível de capacidade  $o \in O$ , se não houver produção de filé de tilápia nesse nível de capacidade. Restrição (14) calcula o número de empregos criados na cadeia de suprimentos, considerando o trabalho solicitado  $\theta$  para produzir uma unidade (tonelada) de filé de tilápia.

De acordo com o conceito de sustentabilidade do TBL, a função objetivo com valor de vetor  $f(x, y)$  apresentada em (1) compreende três objetivos distintos (econômico, social e ambiental). A função (15) apresenta o objetivo econômico, que representa o lucro da SC. O termo positivo está associado às receitas da venda de produtos  $K$  (filé e subprodutos) a um preço  $p_k^r$  no ponto de demanda  $\tau$  (centros de distribuição e indústria de processamento de resíduos). O segundo termo calcula o custo fixo anual de investir na capacidade de um frigorífico  $o \in O$ . O terceiro termo calcula os custos totais de transporte. O quarto termo é relativo ao custo de produção (custo de transformação) nas instalações  $\Omega$  ( $P$  e  $F$ ). O quinto

termo está associado ao custo dos materiais adquiridos, fornecidos por um fornecedor  $s \in S$ . O último termo calcula os custos de mão de obra.

A função (16) representa o objetivo social, que é dado por um indicador social. Este indicador considera o impacto social associado aos empregos e salários pagos e ao valor gerado pelas instalações da cadeia de suprimentos, ponderado pela proximidade com a indústria focal. Assim, o primeiro termo captura o efeito social da negociação nos pontos de demanda  $\tau$ . O segundo termo avalia o efeito das instalações  $P$  produzindo produtos  $t$ . O terceiro termo avalia o efeito da atividade dos fornecedores. O último termo capta o efeito direto gerado pelos empregos criados e salários pagos. Todos estes efeitos são ponderados pela respectiva distância inversa à indústria focal  $\left(\frac{1}{v_{F,\tau}}, \frac{1}{v_{P,F}}, e \frac{1}{v_{S,\Omega}}\right)$ .

A função (17) representa o terceiro objetivo em relação ao impacto ambiental da cadeia de suprimentos. Neste caso, o objetivo é calculado como o total de emissões de gases de efeito estufa da atividade de transporte entre os membros da cadeia de suprimentos, em termos de emissões de CO<sub>2</sub>-e. Para medir as emissões de CO<sub>2</sub>-e produzidas no modo rodoviário usando caminhões pesados e articulados foi considerado 115 gramas por tonelada quilômetro (Varsei & Polyakovskiy).

Finalmente, as restrições (18) mostram o tipo de variáveis de decisão consideradas e seus domínios.

### 3.4.3. Abordagem da solução

O modelo multiobjetivo proposto não possui apenas uma solução ótima que simultaneamente otimize todas as três funções objetivas. Nesse caso, temos um conjunto de soluções ótimas de Pareto, que são eficientes ou não dominadas, porque não podem ser melhoradas em um objetivo sem perda de desempenho nos objetivos restantes. Assim, em um *framework* multiobjetivo, soluções fracamente eficientes não são escolhidas porque são dominadas por outras soluções.

Do ponto de vista do tomador de decisão, o que importa é encontrar a solução de maior preferência entre um conjunto de soluções eficientes ou não dominadas. Para resolver este problema, podemos usar métodos *a priori*, métodos iterativos e métodos *a posteriori* ou de geração (Hwang & Masud, 1979). Os últimos métodos são menos utilizados devido ao esforço computacional, mas apresentam várias vantagens sobre os métodos *a priori* e iterativos. Nos métodos de geração, todas as soluções eficientes ou uma representação

suficiente são geradas, e então a solução mais preferida é selecionada. Portanto, nenhuma das possíveis soluções não ficam descobertas.

Em geral, os métodos de ponderação e o método  $\varepsilon - constraint$  são os mais utilizados no âmbito dos métodos de geração. Neste caso, foi utilizado o método  $\varepsilon - constraint$  aumentado (AUGMECON), que é uma extensão do método tradicional de  $\varepsilon - constraint$  (Mavrotas, 2009; Varsei & Polyakovskiy, 2017). No método de  $\varepsilon - constraint$  aumentado, os objetivos são otimizados de acordo com as prioridades e um número de pontos de grade representando cada objetivo é usado para construir uma aproximação à fronteira de Pareto.

O método de  $\varepsilon - constraint$  aumentado é pré-formado em várias etapas. Na primeira etapa é derivada a matriz *pay-off*, considerando as faixas das funções dos objetivos sobre o conjunto eficiente. Na segunda etapa, os intervalos das funções de objetivos sobre o conjunto eficiente são determinados. Finalmente, na etapa intermediária, uma aproximação à fronteira de Pareto é construída.

A matriz *pay-off* é construída pela aplicação de uma abordagem lexicográfica, em que o objetivo com a prioridade mais alta é primeiro otimizado, resultando na solução ótima  $f_1(x) = z_1^*$ . Em seguida, o valor ideal  $z_1^*$  é incluído como restrição em um segundo modelo, que otimiza o segundo objetivo prioritário, resultando em  $f_2(x) = z_2^*$ . A terceira função objetivo é otimizada ( $f_3(x) = z_3^*$ ) considerando ambos  $f_1(x) = z_1^*$  e  $f_2(x) = z_2^*$  como restrições para fixar os valores anteriores destes dois objetivos. O método continua de maneira semelhante até que todos os objetivos tenham sido otimizados. O procedimento para gerar a matriz *pay-off* é ilustrado no anexo 1.

Na segunda etapa, os valores máximos e mínimos dos objetivos sociais e ambientais são considerados para realizar o cálculo do comprimento das suas faixas ( $I_\omega$  e  $I_\varepsilon$ ):

$$z_\omega^{max} = \max_\omega = \max(z_\omega^1, z_\omega^2, z_\omega^3); \quad z_\omega^{mim} = \min_\omega = \min(z_\omega^1, z_\omega^2, z_\omega^3) \Rightarrow I_\omega \\ = z_\omega^{max} - z_\omega^{mim}$$

$$z_\varepsilon^{max} = \max_\varepsilon = \max(z_\varepsilon^1, z_\varepsilon^2, z_\varepsilon^3); \quad z_\varepsilon^{mim} = \min_\varepsilon = \min(z_\varepsilon^1, z_\varepsilon^2, z_\varepsilon^3) \Rightarrow I_\varepsilon = z_\varepsilon^{max} - z_\varepsilon^{mim}$$

Considerando uma série de pontos da grade na fronteira de Pareto  $n_\omega$  para o objetivo social e  $n_\varepsilon$  para o objetivo ambiental, são calculados os seguintes intervalos de variação:

$$\Delta_\omega = \frac{I_\omega}{n_\omega}; \quad \text{e} \quad \Delta_\varepsilon = \frac{I_\varepsilon}{n_\varepsilon}$$

Finalmente, na terceira etapa, a aproximação da fronteira de Pareto é feita resolvendo-se o seguinte modelo iterativamente:

$$\max \quad f(x, y) = f_e(x, y) + \gamma \left( \frac{\lambda_\omega}{I_\omega} + \frac{\lambda_\varepsilon}{I_\varepsilon} \right) \quad (19)$$

$$s. t. \quad (2) - (14) \text{ restrições} \quad (20)$$

$$f_\omega(x, y) - \lambda_\omega = z_\omega^{mn} + b_\omega \Delta_\omega, \quad \text{with } b_\omega = 1, 2, \dots, n_\omega \quad (21)$$

$$f_\varepsilon(x, y) + \lambda_\varepsilon = z_\varepsilon^{max} - b_\varepsilon \Delta_\varepsilon, \quad \text{with } b_\varepsilon = 1, 2, \dots, n_\varepsilon \quad (22)$$

em que,  $\lambda_\omega$  e  $\lambda_\varepsilon$  são variáveis de folga e excedentes auxiliares não negativas e  $\gamma$  é um valor pequeno, tal que  $\gamma \in [10^{-3}, 10^{-6}]$ . Para completar a aproximação à fronteira de Pareto, é necessário um número total de execuções  $(n_\omega + 1) \times (n_\varepsilon + 1)$ .

### 3.5 Resultados e análise

Nesta seção, a situação atual exibida a partir dos dados coletados nas entrevistas é apresentada e os resultados do modelo são comparados e analisados. Primeiro, a matriz *payoff* é derivada usando a otimização lexicográfica levando em conta a prioridade dos objetivos. Seus resultados são comparados com a situação atual e analisados em termos do valor dos objetivos e do SCND (*Supply Chain Network Design*). Então, uma aproximação da fronteira de Pareto é construída.

A Tabela 2 apresenta a situação atual e os resultados do modelo obtidos para os cenários S1-S3, referentes ao valor dos objetivos, a capacidade da indústria focal e ao SCND. O cenário CS representa a situação atual da SC da tilápia, onde a capacidade diária dos frigoríficos é de 22,3 toneladas e são necessários 452,6 empregos. Nesse caso, 17,53 toneladas de filé de tilápia são comercializadas diariamente em São Paulo (28,5%), Curitiba (17,8%) e oeste do Paraná (53,7%). As pisciculturas são abastecidas, principalmente, de alevinos provenientes de Toledo (60%) e de rações para peixes oriundas de Toledo (40%) e Ouro Verde do Oeste (37%). A maior parte das tilápias processadas nos frigoríficos são produzidas em Toledo (50%) e Maripá (25%), e as embalagens e produtos de higienização são fornecidos pelo oeste do Paraná (65%) e Curitiba (35%).

**Tabela 2 - Situação atual (CS) e resultados obtidos pela otimização dos objetivos em três cenários**

	<i>Cenários</i>			
	<i>CS</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>
<b>Valor dos objetivos:</b>				
Lucro (US\$/dia)	58.517,00	58.660,00	51.441,00	20.614,00
Indicador Social (pontos)	9.509	9.934	10.400	4.615
Emissões de CO <sub>2</sub> -e (Kg/dia)	2.261	2.005	1.527	214
<b>Capacidade da indústria focal:</b>				
Abatedouros (toneladas/dia)	22,3	22,3	32,3	10,0
Mão de obra (n°. empregados)	452,6	387,3	387,3	150,0
<b>Distribuição (toneladas/dia)</b>	<b>17,53</b>	<b>15,00</b>	<b>15,00</b>	<b>5,80</b>
São Paulo	4,99	4,58	0,10	0,00
Curitiba	3,12	1,00	1,10	0,00
Oeste do Paraná	9,42	9,42	13,80	5,80
<b>Rede de Abastecimento:</b>				
<b>Alevinos e Juvenis (toneladas/dia)</b>	<b>1,34</b>	<b>1,13</b>	<b>1,13</b>	<b>0,44</b>
Toledo	0,80	0,40	0,40	0,40
Palotina	0,40	0,40	0,40	0,04
Rolândia	0,14	0,33	0,33	0,00
<b>Rações(toneladas)</b>	<b>71,30</b>	<b>60,00</b>	<b>60,00</b>	<b>23,20</b>
Toledo	29,16	20,00	20,00	20,00
Ouro Verde do Oeste	26,32	20,00	20,00	3,20
Cascavel	15,65	20,00	20,00	0,00
<b>Tilapias (toneladas/dia)</b>	<b>50,81</b>	<b>42,86</b>	<b>42,85</b>	<b>16,68</b>
Toledo	25,40	31,80	31,80	16,68
Marechal Cândido Rondon	5,08	1,56	6,16	0,00
Assis Chateaubriand	7,62	9,50	4,89	0,00
Maripá	12,71	0,00	0,00	0,00
<b>Embalagens e Produtos de limpeza (conjuntos/dia)</b>	<b>17,53</b>	<b>15,00</b>	<b>15,00</b>	<b>5,80</b>
Curitiba	6,14	5,00	5,00	0,00
Oeste do Paraná	11,39	10,00	10,00	5,80

O cenário S1 está associado à dimensão econômica da sustentabilidade. Nesse cenário, o lucro da SC é maximizado, enquanto o indicador social e as emissões de CO<sub>2</sub>-e são fixos. O lucro máximo da SC é de US\$ 58.660 por dia, e os valores do indicador social e emissões de CO<sub>2</sub>-e são 9.934 pontos e 2.005 Kg por dia. Esses números mostram que maximizar o lucro da SC pode melhorar as três dimensões da sustentabilidade, ou seja, a emissão de CO<sub>2</sub>-e, que diminui 11,3%. O investimento na capacidade dos abatedouros permanece no nível do cenário atual (CS), mas os empregos necessários diminuem 14%. Isso se deve à menor produção diária (15 toneladas), que em sua maioria continua sendo vendida em Toledo (63%) e São Paulo (31%), representando o mercado de Curitiba em

apenas 7%. Ao nível da rede de abastecimento, o desenho mantém-se semelhante ao cenário CS, sendo as principais diferenças na produção de tilápia para abastecer os frigoríficos. Neste caso, não há produção de tilápia em Maripá e a produção em Mal. Cândido Rondon é reduzida em 69%, enquanto em Toledo (25%) e Assis (24,7%). O SCND no cenário S1 é muito influenciado pelo peso dos custos de transporte no lucro da SC, sendo preferidos os caminhos que os minimizam.

No cenário 2, em que o indicador social é maximizado, o lucro diário da SC diminui 12,3% em relação ao cenário CS, enquanto os impactos sociais e ambientais melhoram em 9,3% e 32,4%. Este cenário apresenta muitas semelhanças com o cenário S1, sendo as principais diferenças na rede de distribuição e na produção de tilápia. No primeiro, há um aumento da participação de mercado do oeste do Paraná, que representa 92%, enquanto a participação de mercado de São Paulo cai para 1%. Este último aumenta em Toledo e Mal. Cândido Rondon, enquanto diminui em Assis Chateaubriand e Maripá. Em relação ao cenário CS, as principais diferenças no SCND estão relacionadas ao desenvolvimento de mercados e fornecedores mais próximos da indústria focal de processamento de abate, de forma a potencializar sua influência local.

No cenário S3, as emissões de CO<sub>2</sub>-e são minimizadas, representando menos 90% do que no cenário CS. No entanto, isso leva a uma queda drástica no lucro e no indicador social da SC. A primeira variável é reduzida em 64,7% e a segunda, em 51,5%. O cenário S3 sugere o investimento em uma pequena planta de abate com capacidade diária de 10 toneladas, destinada exclusivamente à produção de filé congelado. Devido ao menor nível de investimento, são criados apenas 150 empregos, ou seja, menos dois níveis do que nos cenários CS e S1 e S2. A produção diária de filé é reduzida para apenas 5,8 toneladas destinadas exclusivamente ao mercado do oeste do Paraná. Devido ao menor nível de atividade, a compra de materiais é reduzida e claramente tende a ser concentrada exclusivamente em Toledo e no oeste do Paraná. Neste caso, para minimizar as emissões de CO<sub>2</sub>-e, a SC deve estar concentrada perto da indústria focal, a fim de garantir uma atividade mínima de transporte entre as instalações. Observe que as emissões de CO<sub>2</sub>-e são dependentes da distância percorrida pelas cargas.

Na Tabela 3 são apresentadas 36 combinações de indicadores de impacto social e emissões de CO<sub>2</sub>-e para maximizar o lucro da SC usando o método  $\epsilon$  – *constraint* aumentado. Os resultados mostram diferentes *trade-offs* entre os três objetivos, o que levou a selecionar 6 cenários (S4-S9). Esses cenários e os três cenários anteriores (S1-S3) derivados da matriz *payoff* são comparados para selecionar dois pontos preferidos.

**Tabela 3 - Aproximação da fronteira de Pareto maximizando o lucro da cadeia de suprimentos**

Objetivo Ambiental		Objetivo Social					
		$b_{\omega} = 0$	$b_{\omega} = 1$	$b_{\omega} = 2$	$b_{\omega} = 3$	$b_{\omega} = 4$	$b_{\omega} = 5$
$b_{\varepsilon} = 0$	Lucro (US\$)	57939	57939	57939	57939	57939	<b>57939</b>
	Ind. Social	9900	9900	9900	9900	9900	<b>S4:9900</b>
	CO <sub>2</sub> -e (Kg)	2005	2005	2005	2005	2005	<b>2005</b>
$b_{\varepsilon} = 1$	Lucro (US\$)	53919	53919	53919	53919	53919	<b>53918</b>
	Ind. Social	9419	9419	9419	9419	9419	<b>S5:9436</b>
	CO <sub>2</sub> -e (Kg)	1707	1707	1707	1707	1707	<b>1707</b>
$b_{\varepsilon} = 2$	Lucro (US\$)	49894	49894	49894	49894	49894	<b>49233</b>
	Ind. Social	8977	8977	8977	8977	8977	<b>S6:9436</b>
	CO <sub>2</sub> -e (Kg)	1408	1408	1408	1408	1408	<b>1408</b>
$b_{\varepsilon} = 3$	Lucro (US\$)	45870	45870	45870	45870	45870	<b>46431</b>
	Ind. Social	8534	8534	8534	8534	8534	<b>S7:9436</b>
	CO <sub>2</sub> -e (Kg)	1110	1110	1110	1110	1110	<b>1110</b>
$b_{\varepsilon} = 4$	Lucro (US\$)	41846	41846	41846	41846	<b>42456</b>	
	Ind. Social	8091	8091	8091	8091	<b>S8:8571</b>	<i>infes</i>
	CO <sub>2</sub> -e (Kg)	811	811	811	811	<b>811</b>	
$b_{\varepsilon} = 5$	Lucro (US\$)	38198	38198	38198	<b>38198</b>		
	Ind. Social	7930	7930	7930	<b>S9:7930</b>	<i>infes</i>	<i>infes</i>
	CO <sub>2</sub> -e (Kg)	513	513	513	<b>513</b>		

O cenário S4 é pouco interessante porque está muito próximo do cenário S1 e não há melhoria em nenhum objetivo. No cenário S5 a situação é bem diferente, já que comprometer 7% do lucro da SC e 5% do impacto social é possível reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>-e em 15%. Os cenários S6 e S7 não parecem ser muito interessantes para o tomador de decisão, já que as reduções adicionais nas emissões de CO<sub>2</sub>-e estão associadas à altas perdas no lucro e no impacto social da SC. No entanto, o cenário S8 apresenta uma redução de 60% nas emissões de CO<sub>2</sub>-e, contra perdas no lucro da SC e impacto social de 27% e 13%. No cenário S9, a redução nas emissões de CO<sub>2</sub>-e pode chegar a 74%, mas a consequente redução no lucro da SC (34%) pode ser inaceitável pelos tomadores de decisão. Portanto, de acordo com os *trade-offs* entre os objetivos, podemos selecionar os cenários S5 e S8 como nossos cenários preferidos. A Tabela 4 também mostra a configuração do SCND nesses dois cenários.

Tabela 4 - Situação atual e resultados dos cenários S5 e S8 e variantes

	Cenários						
	CS	S5	S8	S5a	S8a	S5b	S8b
<b>Valor dos objetivos:</b>							
Lucro (US\$/dia)	58517	53918	42456	58075	43708	78902	63453
Indicador Social (pontos)	9509	9436	8571	9737	8431	13582	11373
Emissões de CO <sub>2</sub> -e (Kg/dia)	2261	1707	811	1706	811	1706	811
<b>Distribuição (toneladas/dia)</b>	<b>17.53</b>	<b>13.97</b>	<b>11.80</b>	<b>14.99</b>	<b>11.92</b>	<b>20.46</b>	<b>16.60</b>
São Paulo	4.99	4.33	0.58	4.20	0.00	1.62	0.00
Curitiba	3.12	0.22	0.00	3.12	2.62	9.42	9.42
Oeste do Paraná	9.42	9.42	11.22	7.67	9.30	9.42	7.18
<b>Rede de Abastecimento:</b>							
<b>Alevinos e Juvenis (toneladas/dia)</b>	<b>1.34</b>	<b>1.05</b>	<b>0.89</b>	<b>1.13</b>	<b>0.90</b>	<b>1.54</b>	<b>1.25</b>
Toledo	0.80	0.40	0.40	0.40	0.40	0.64	0.64
Palotina	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.64	0.61
Rolândia	0.14	0.25	0.09	0.33	0.10	0.26	0.00
<b>Rações(toneladas)</b>	<b>71.13</b>	<b>55.91</b>	<b>47.2</b>	<b>60</b>	<b>47.92</b>	<b>81.98</b>	<b>66.39</b>
Toledo	29.16	20.00	20.00	20.00	20.00	32.20	32.20
Ouro Verde do Oeste	26.32	20.00	20.00	20.00	20.00	32.20	32.20
Cascavel	15.65	15.91	7.20	20.00	7.92	17.58	1.99
<b>Tilapias (toneladas/dia)</b>	<b>50.81</b>	<b>39.94</b>	<b>33.71</b>	<b>42.87</b>	<b>53.63</b>	<b>58.55</b>	<b>41.42</b>
Toledo	25.40	31.80	31.80	31.80	51.20	51.20	41.42
Rondon	5.08	0.00	0.00	1.57	0.00	0.00	0.00
Assis	7.62	8.14	1.91	9.50	2.43	7.35	0.00
Maripá	12.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Embalagens e Produtos de limpeza (conjuntos/dia)</b>	<b>17.53</b>	<b>13.79</b>	<b>11.8</b>	<b>15.00</b>	<b>11.98</b>	<b>20.49</b>	<b>16.6</b>
Curitiba	6.14	3.79	1.80	5.00	1.98	4.39	0.50
Oeste do Paraná	11.39	10.00	10.00	10.00	10.00	16.10	16.10

Do cenário S5 ao S8, há uma tendência de concentrar a atividade da SC na região de Toledo e Oeste do Paraná, à medida que o objetivo ambiental se torna mais importante. No cenário S5, o filé de tilápia é vendido no Oeste do Paraná (63%) e em São Paulo (33,4%), enquanto no cenário S8 quase toda a produção de filé é comercializada no Oeste do Paraná. No cenário anterior, toda a produção de filés é congelada. Neste último, há alguma produção de filé resfriado, que só pode ser comercializado no Oeste do Paraná devido à sua curta vida útil. Além disso, no cenário S8, há uma redução expressiva de compras em Rolândia, Cascavel e Curitiba.

No entanto, a tendência de concentrar a atividade de SC no Oeste do Paraná talvez não seja apenas uma consequência de minimizar as emissões de CO<sub>2</sub>-e, mas também está

associada à baixa eficiência do transporte no estado do Paraná. Como na maioria dos estados brasileiros, a rodovia é o principal modo de transporte, mas sua densidade é baixa, as condições não são boas e os custos com pedágio são altos (CNT, 2015). O uso de modos intermodais (rodoviário / ferroviário / fluvial) no estado do Paraná pode reduzir o custo de transporte de commodities e produtos congelados em 15% a 20% (Torres, 2006). No entanto, existem algumas restrições, nomeadamente no modo fluvial, em que a navegação nos rios compete com a produção de energia elétrica (Matos et al., 2017).

Assim, o modelo foi modificado nos cenários preferidos S5 e S8 para incluir o modo ferroviário entre Toledo e Curitiba em uma distância de 600 km (cenários S5a e S8a). Essa mudança permite reduzir os custos de transporte do filé de tilápia em 15% entre Toledo e Curitiba e em 8% entre Toledo e São Paulo. Também é esperada uma redução nas emissões de CO<sub>2</sub>-e, já que no modo ferroviário elas são de apenas 26,4 gramas por tonelada (Varsei & Polyakovskiy, 2017). Além disso, consideramos para estes dois cenários um aumento da participação de mercado em São Paulo e Curitiba de 4,99 e 3,12 toneladas para 9,42 toneladas de filé congelado (cenários S5b e S8b). Os resultados dessas duas variantes dos cenários S5 e S8 também são apresentados na Tabela 4.

No cenário S5a, as emissões de CO<sub>2</sub>-e são reduzidas em 25% em relação ao cenário CS e os impactos sociais melhoram em 2,4%. Em relação ao cenário S5, o lucro e o impacto social da SC aumentam 7,7% e 3,2%. Se aumentarmos a participação de mercado em Curitiba e São Paulo (Cenário S5b), esses números são ainda mais expressivos. Assim, no cenário S5b, o lucro e o impacto social da SC crescem 34% e 42%, e as emissões de CO<sub>2</sub>-e diminuem 25%. As vendas diárias de filé aumentam em Curitiba de 3,12 toneladas para 9,42 toneladas. O incremento nas vendas leva ao aumento da produção de tilápia e à compra de todos os materiais. No cenário S8a, as emissões de CO<sub>2</sub>-e são reduzidas em 64% em relação ao cenário CS, mas o lucro e o impacto social da SC caem 25% e 11%. Em relação ao cenário S8 não há melhora nos objetivos. No entanto, no cenário S8b, quando também é dada a possibilidade de aumentar a participação de mercado em São Paulo e Curitiba, todos os objetivos melhoram seus valores. Em relação ao cenário CS, o lucro e o impacto social da SC aumentam 8,4% e 19,5%, enquanto as emissões de CO<sub>2</sub>-e são reduzidas em 64%. Neste caso, as vendas diárias de filé em Curitiba também aumentam para 9,42 toneladas. Portanto, nos cenários S5a e S8b, a participação de mercado em Curitiba aumentou. Em termos de terceirização, apesar de alguns ganhos de fornecedores de Curitiba para materiais de embalagem e produtos de limpeza, a maioria das compras continua sendo feita em Toledo.

### 3.6 Observações finais

Este artigo considera, no desenho da rede de cadeias de suprimentos, as três dimensões da sustentabilidade e é uma das poucas que estudam a piscicultura no Brasil, levando em consideração questões econômicas, sociais e ambientais. Trata-se de um estudo de caso da cadeia produtiva da tilápia no Estado do Paraná, para o qual foi desenvolvido um modelo multiobjetivo. O modelo visa determinar o nível de capacidade da indústria focal para o abate e processamento de tilápias, selecionar os mercados e fornecedores, produtos para o comércio, a taxa de produção e quantidade de materiais e produtos para o transporte entre os membros da cadeia de suprimentos.

Os resultados mostraram uma tendência de concentrar a atividade de suprimentos perto da indústria focal, à medida que o objetivo ambiental se torna mais importante para o tomador de decisão. A produção de filé congelado é preferível ao filé resfriado, pois a vida útil é mais longa e, portanto, pode ser comercializada em outros mercados fora do oeste do Paraná. A adoção de uma modalidade de transporte intermodal entre Toledo, Curitiba e São Paulo, e a expansão dos mercados de Curitiba e São Paulo permitem melhorar o desempenho econômico da cadeia de suprimentos sem aumento de impactos ambientais e com baixo custo social.

Apesar de suas contribuições teóricas e práticas, esta pesquisa é apenas um exemplo de esforço que pesquisadores e acadêmicos têm feito para propor estruturas adequadas e auxiliar as empresas a reformular suas cadeias de fornecimento para se tornar mais sustentáveis a partir de uma perspectiva tripla. Mais estudos baseados em casos reais são necessários, e pesquisas futuras devem propor mais indicadores sociais e ambientais.

### REFERÊNCIAS

- Ahi, P., & Searcy, C. (2013). A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal Cleaner Production*, 52:329-341.
- Andersen, M., & Skjoett-Larsen, T. (2009). Corporate social responsibility in global supply chains. *Supply Chain Management: an International Journal*, 14(2):75-86.
- Barroso, R., Pincinato, R., Munoz, A. (2017). *O mercado da tilápia - 2º trimestre de 2017*. Informativo Mercado da Tilápia, EMBRAPA, Edição Especial (11).
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2002). *Supply chain logistics management*. Boston: McGraw-Hill/Irwin.

- Carvalho, A. P., & Barbieri, J. C. (2013). Social and environmental innovations in supply chain: a case study on the role of focal company. *Revista de Administração e Inovação*. 10(1):232-256.
- Chardine-Baumann, E., & Botta-Genoulaz, V. (2014). A framework for sustainable performance assessment of supply chain management practices. *Computers & Industrial Engineering*. 76:138–147.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation*. Pearson education. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- CNT. (2015). Confederação Nacional dos Transportes. Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho. *Transporte & Desenvolvimento*, Brasília. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/estudo/transporte-desenvolvimentohttp>> Acesso em: 22 Jan de 2018.
- Current, J., Min, H., & Schilling, D. (1990). Multiobjective analysis of facility location decisions. *European Journal of Operational Research*. 49(3):295-307.
- Dehghanian, F., & Mansour, S. (2009). Designing sustainable recovery network of end-of-life products using genetic algorithm. *Resources, Conservation and Recycling*. 53(10):559–570.
- Devika, K., Jafarian, A., & Nourbakhsh, V. (2014) Designing a sustainable closed-loop supply chain network based on triple bottom line approach: a comparison of metaheuristics hybridization techniques. *European Journal of Operational Research*. 235(3):594–615.
- Elkington, J. (2004). Enter the Triple Bottom Line. In Henriques, A., & Richardson, J. (Orgs.), *The Triple Bottom Line: does it all add up?* London: Earthscan, p.1-16.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2017). Pesca e Aquicultura. Palmas: Embrapa. Retrieved from: <<https://www.embrapa.br/tema-pesca-e-aquicultura/>> Accessed on October 03, 2017.
- Eskandarpour, M., Dejax, P., Miemczyk, J., & Péton, O. (2015). Sustainable supply chain network design: An optimization-oriented review. *Omega*, 54:11-32.
- FAO – Food and Agriculture Organization. (2011). *Global aquaculture production statistics 2009*. Rome: FAO, 256p.
- FAO – Food and Agriculture Organization. (2016). *The state for world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges*. Rome: FAO, 243p.
- Figueiredo-Júnior, C. A, Valente-Júnior, A. S. (2008). *Cultivo de tilápias no Brasil: origens e cenário atual*. BNB, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Flores, R., Barroso, R., Rios, J., Munoz, A., Rocha, H. (2016). *O mercado da tilápia - 1º trimestre de 2016*. Informativo Mercado da Tilápia, EMBRAPA, Edição Especial (07).

- Govindan, K., Khodaverdi, R., & Jafarian, A. (2013). A fuzzy multicriteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. *Journal of Cleaner Production*, 47:345-354.
- Guillén-Gosálbez, G., Mele, F., & Grossmann, I. (2010). A bi criterion optimization approach for the design and planning of hydrogen supply hainsfor vehicleuse. *AIChE Journal*, 56(3):650–67.
- Hwang C. L., Masud, A. S. M. (1979). Methods for Multiple Objective Decision Making. In: *Multiple Objective Decision Making - Methods and Applications*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, v. 164. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-45511-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-45511-7_3)
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2016). Pesquisa Pecuária Municipal. Rio de Janeiro: IBGE. Retrieved from: <<http://www.ibge.gov.br/estatistica/>> Accessed on October 03, 2017.
- IPCC (2007). *Fourth assessment report: climate change 2007: working group I report: the physical science basis*. Geneva: IPCC.
- ISO (2006). Environmental management life cycle assessment-principles and framework.
- Kubitza, F. (2015). Aquicultura no Brasil: principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. *Panorama da aquicultura*, Rio de Janeiro, 150(25):10-23.
- Kubitza, F. (2015). O status e as tendências da tilapicultura no Brasil. *Panorama da aquicultura*, Rio de Janeiro, 124(21):10-19.
- Matos, J. C. de., Rocha Júnior, W. F. da., Oliveira, H. F., Behr, R. R., & Ramos, M. J. (2017). Analysis of demand for rail transport in Toledo Paraná microregion. *Revista Desafios*. 4(1):32-49.
- Martins, C., Olivera, D., Martins, R., Hermes, C., Olivera, L., Vaz, S., Minozzo, H, Cunha, M., Zacarkin, C. (2001). Avaliação da Piscicultura na Região Oeste do Paraná. *Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo*, 27(1): 77-84.
- Mavrotas, G. (2009). Effective implementation of the e-constraint method in Multi-Objective Mathematical Programming problems. *Applied Mathematics and Computation*, 213:455–465.
- Meixell, M.J., Luoma, P. (2015). Stakeholder pressure in sustainable supply chain management, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(1/2):69–89.
- Melo, M., Nickel, S., da Gama, F. S. (2009). Facility location and supply chain management a review. *European Journal of Operational Research*, 196(2):401-412.

- Mota, B., Gomes, M.I., Carvalho, A., & Barbosa-Povoa, A.P. (2015). Towards supply chain sustainability: economic, environmental and social design and planning. *Journal of Cleaner Production*. 105:14-27.
- Moura, A. D. de., Martin, S., & Mollenkopf, D. (2009). Product specification and agribusiness chain coordination: Introducing the coordination differential concept. *Agribusiness: An International Journal*. 25(1):112–127.
- Owen, S. H., & Daskin, M. S. (1998). Strategic facility location: a review. *European Journal of Operational Research*, 111(3):423-447.
- Pereira, T.S., Fabregat, T.H.P., Fernandes, J.B.K., Boscolo, C.N., Castillo, J.D.A; Koberstein, T.C.R.D. (2009). Selênio orgânico na alimentação de matrizes de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 31:433-437.DOI: 10.4025/actascianimsci.v31i4.6300
- Pham, T., Yenradee, P. (2017). Optimal supply chain network design with process network and BOM under uncertainties: A case study in toothbrush industry. *Computers & Industrial Engineering*. 108:177-199.
- Pires, A., Pedreira, M., Pereira, I., Fonseca-Júnior, A., Araújo, C., Silva, L. (2011). Predicção do rendimento e do peso do filé da tilápia-do-Nilo. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 33(3):315-319.
- Planello, D. R. F. (2015). *Estudo exploratório do mercado da tilápia no estado de São Paulo*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade de São Paulo. 102p.
- Rajeev, A., Pati, R. K., Padhi, S. S., & Govindan, K. (2017). Evolution of sustainability in supply chain management: A literature review. *Journal of Cleaner Production*. 162:299-314.
- ReVelle, C., Eiselt, H., & Daskin, M. (2008). A bibliography for some fundamental problem categories in discrete location science. *European Journal of Operational Research*, 184(3):817–848.
- Roriz, G., Delphino, M., Gardner, I., Gonçalves, V. (2017). Characterization of tilapia farming in net cages at a tropical reservoir in Brazil. *Aquaculture Reports*, 6: 43-48.
- Schulter, E. P., & Vieira Filho, J. E. R. (2017). Evolução da piscicultura no Brasil: Diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada –IPEA / Texto para discussão. Rio de Janeiro. Retrieved from: <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td\\_2328.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2328.pdf)> Accessed on October 06, 2017.
- Seuring, S., & Müller, M. (2008a). Core issues in sustainable supply chain management: a Delphi study. *Business Strategy Environment*. 17(8):455-466.
- Seuring S., & Müller, M. (2008b). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15):1699–1710.

- Sidonio, L., Cavalcanti, I., Capanema, L., Morch, R., Magalhães, G., Lima, J., Burns, V., Alves Júnior, A. J., & Mungioli, R. (2011). Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. *BNDES Setorial-Agroindústria*, 35:421-463. Retrieved from: <[http://www.polypus.com.br/proenca/curso/artigo\\_BNDS.pdf](http://www.polypus.com.br/proenca/curso/artigo_BNDS.pdf)>. Accessed on October 06, 2017.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2008). Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies. third ed. Boston: McGraw-Hill Irwin.
- Sussel, F. (2011). *Criação de tilápias cresce vigorosamente o Brasil*. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Pirassununga.
- Torres, C. L. (2006). O Intermodal a passos largos. *Valor Setorial Ferrovias*, São Paulo, p. 8-10.
- Tseng, M. L., Lim, M. K., & Wong, W. P. (2015). Sustainable supply chain management: closed-loop network hierarchical approach. *Industrial Management & Data Systems*, 115(3):436-461.
- Varsei, M., & Polyakovskiy, S. (2017). Sustainable supply chain network design: a case of the wine industry in Australia. *Omega*, 66:236-247.
- Yang, G.Q., Liu, Y.K., & Yang, K. (2015). Multi-objective biogeography-based optimization for supply chain network design under uncertainty. *Computers & Industrial Engineering*, 85, 145–156.
- You, F., & Wang, B. (2011). Life cycle optimization of biomass-to-liquid supply chains with distributed centralized processing networks. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(17):10102–10127.
- Zailani, S., Jeyaraman, K., Vengadasan, G., & Premkumar, R. (2012). Sustainable supply chain management (SSCM) in Malaysia: a survey. *International Journal of Production Economics*, 140(1):330-340.
- Zhang, Q., Shah, N., Wassick, J., Helling, R., & Van Egerschot, P. (2014). Sustainable supply chain optimisation: An industrial case study. *Computers & Industrial Engineering*, 74, 68–83.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ESTUDO

Ao considerar que a cadeia produtiva da piscicultura possui muitos gargalos, os quais podem ser avaliados como oportunidades para a organização e modernização tecnológica, este estudo aponta alguns fatores determinantes para a melhorar a competitividade e o desenvolvimento sustentável do setor. Ao identificar esses fatores, este estudo contribui para o desenvolvimento de políticas favoráveis e possibilita melhores condições para o fortalecimento de todos os elos que compõem a cadeia produtiva.

Em relação a proposta de apontar uma estrutura hierárquica de estratégias que possibilitem o aumento da competitividade na cadeia de suprimentos das agroindústrias de filetagem, o estudo identificou que na opinião dos especialistas, o sucesso competitivo da atividade perpassa por meio de uma atenção maior ao que se refere às tecnologias de produção, ou seja, na avaliação entre os três ambientes: institucional e organizacional e tecnológico, destaca-se mais este último, o qual envolve o processamento do peixe na agroindústria de filetagem, envolvendo desde a automação dos processos produtivos, o desenvolvimento de novos equipamentos industriais que facilitem o processo de filetagem, o desenvolvimento de novos produtos, principalmente, no que tange ao uso dos resíduos do processo, criando subprodutos economicamente e tecnicamente viáveis, assim como o desenvolvimento de novos cortes ou formas de comercialização do produto principal, a carne de tilápia. No contexto do aparato tecnológico também se insere a produção agropecuária, que envolve desde a forma de criação das tilápias nos viveiros escavados, considerando o tipo de ração utilizada, a qualidade da água (uso e descarte), o manejo (produtivo e reprodutivo), até a genética e as formas de transporte dos animais, entre outros fatores.

Na sequência, maior importância é dada às formas organizacionais da cadeia de valor do filé de tilápia. Neste aspecto, os julgadores avaliam que uma maior integração dos agentes é de fundamental importância para uma melhor competitividade, o que pode influenciar decisivamente nas questões mercadológicas da cadeia como um todo. Isso se reforça o que já foi destacado na visão de Farina (1999), que em seu argumento ressalta que o sucesso das estratégias competitivas possui relações diretas à existência de estruturas de coordenação apropriadas. Ou seja, a capacidade de articulação interna entre os agentes que compõem o sistema agroindustrial representa um fator de competitividade, sendo mais eficientes aqueles que possuem melhor articulação.

E por último, avaliado com menor importância, encontra-se o ambiente institucional, o qual contempla variáveis relacionada à legislação e políticas públicas e variáveis

macroeconômicas, as quais, na opinião dos julgadores, dificilmente o grupo econômico teriam força para fazer modificações substanciais que pudessem impactar fortemente na competitividade da cadeia. Talvez essa seja uma fraqueza originada, especificamente, pelo sentimento da falta de uma integração maior entre os agentes, que se sentem desencorajados ao enfrentamento das dificuldades existentes no contexto institucional.

Entretanto, conforme argumenta Farina (1997) as interações entre os agentes no ambiente produtivo têm poder de orientar a estruturação das formas institucionais. Ou seja, se por um lado as regras do ambiente institucional determinam as formas organizacionais, por outro, as estratégias organizacionais podem modificar o ambiente institucional.

A região oeste do Paraná é uma das mais representativas no contexto da produção de tilápias e tem potencial para interferir nas questões institucionais, porém, precisa ampliar sua estrutura organizacional de forma estratégica e construir um ambiente de interação envolvendo todos os agentes da cadeia produtiva, para assim, melhorar a competitividade do setor em um cenário de desenvolvimento mútuo e busca de objetivos comuns.

Neste aspecto, os avaliadores acreditam que a hierarquia seria, primeiramente, ajustar a própria condição tecnológica na qual se encontra a cadeia produtiva, para em seguida reunir esforços para ajustar o ambiente organizacional, o que possibilitaria então, uma concentração de esforços com potencialidade para mudanças institucionais.

Ao considerar o conjunto de nove alternativas inseridas nos ambientes institucional, organizacional e tecnológico, a alternativa de maior relevância para ampliar a competitividade das agroindústrias de abate e filetagem de tilápias foi, na opinião dos avaliadores, o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes para o processamento industrial. Essa alternativa representa uma participação de 36,4 % sobre todas as demais alternativas. Na sequência, o desenvolvimento de melhores técnicas de manejo aquícola, que possui uma participação de 17,2 % sobre as demais alternativas, se destaca na escala hierárquica como a mais importante para a competitividade do setor. Já as alternativas de menor relevância, são a informalidade no abate e a atuação da vigilância sanitária, que participam com apenas 1,8 e 3,6 % respectivamente, em termos de importância, quando comparadas as demais alternativas. Para os avaliadores, estas alternativas são importantes, entretanto, se faz necessário atender, primariamente, as questões de ordem tecnológica, as quais servirão de embasamento para buscar as demais alternativas propostas. Ou seja, se o setor conseguir se desenvolver no aspecto tecnológico, as demais alternativas podem ser melhoradas em consequência das competências adquiridas neste ambiente.

Por outro lado, o estudo também se propôs a desenvolver um modelo de planejamento da cadeia produtiva contemplando questões sociais, econômicas e ambientais com o intuito de apresentar cenários preferenciais deste importante segmento agroindustrial. Neste aspecto, o estudo revela que numa avaliação de nove cenários, são preferíveis os cenários S5 e S8. No cenário S8, por exemplo, ao considerar os *trade-offs* entre os objetivos, o estudo indica uma redução de 60% nas emissões de CO<sub>2</sub>-e contra perdas no lucro e impacto social de 27% e 13% respectivamente.

Em seguida, o modelo foi modificado nos cenários preferidos S5 e S8 para incluir o modo ferroviário de transporte. Essa mudança permite reduzir os custos de transporte do filé de tilápia em 15% entre Toledo e Curitiba e em 8% entre Toledo e São Paulo. Também é esperada uma redução nas emissões de CO<sub>2</sub>-e, já que no modo ferroviário as emissões são inferiores ao modal rodoviário. Além disso, foi alterado para estes dois cenários um aumento da participação de mercado em São Paulo e Curitiba de 4,99 e 3,12 toneladas para 9,42 toneladas de filé congelado. Essas modificações resultaram em uma melhoria no cenário atual da cadeia produtiva em que o lucro e o impacto social da SC aumentam 8,4% e 19,5%, enquanto as emissões de CO<sub>2</sub>-e são reduzidas em 64% (Cenário S8b). Ou seja, todos os objetivos do trade-off apresentaram melhorias. Além disso, o estudo aponta que a adoção de uma modalidade de transporte intermodal entre Toledo, Curitiba e São Paulo, permite a expansão dos mercados de Curitiba e São Paulo além de melhorar o desempenho econômico da cadeia de suprimentos sem aumento de impactos ambientais e com baixo custo social.

## 5. CONCLUSÃO

As contribuições teóricas e práticas desta pesquisa é um exemplo de um grande esforço que pesquisadores e acadêmicos têm feito para propor estruturas adequadas e auxiliar as empresas a reformular suas cadeias de fornecimento para se tornar mais sustentáveis e competitivas a partir de uma perspectiva tripla, considerando os ambientes institucionais, organizacionais e tecnológicos, bem como a perspectiva da sustentabilidade englobando as questões de ordem econômica, ambiental e social.

Esta pesquisa apresenta contribuições importantes no contexto da tomada de decisão por parte de gestores empresariais, assim como, para os processos decisórios na formulação de políticas públicas no âmbito da produção agroindustrial e desenvolvimento regional, ao apresentar alternativas prioritárias, vistas sob o prisma dos agentes produtivos, daquilo que os mesmo entendem ser primordial para melhorar o desempenho competitivo do setor, bem

como a apresentação de um projeto da cadeia de valor que contempla diversos cenários para facilitar a tomada de decisão por parte dos gestores empresariais, frente aos múltiplos objetivos de desempenho em que a cadeia está inserida, considerando fatores conflitantes, tais como o desempenho econômico, ambiental e social.

Entretanto, sugere-se que sejam realizados mais estudos baseados em casos reais, e pesquisas futuras devem ampliar o volume de indicadores sociais e ambientais para a obtenção de resultados ainda mais expressivos. Por exemplo, além de contemplar a volume de CO<sub>2</sub> nas emissões proporcionadas pelo modal de transporte, considerar os impactos ambientais na qualidade da água de produção dos peixes, com vistas a avaliar a influência das algas no controle de CO<sub>2</sub> e outros nutrientes como Fósforo e Carbono.

## REFERÊNCIAS GERAIS

- Braga, M. B., Saes, M. S. M. (1995). As novas tendências do agribusiness brasileiro. *Revista de Economia de Empresas*, São Paulo, v. 2, n. 3, p. 22-30.
- Chopra, S.; Meindl, P. (2013). *Supply chain management: strategy, planning, and operation*. Pearson: Pearson International Edition.
- Costa, H. G. (2006). *Multicriteria Decision Aid: AHP Method*. Rio de Janeiro: Abepro.
- Current, J.; Min, H.; Schilling, D. (1990). Multiobjective analysis of facility location decisions. *European Journal of Operational Research*. 49(3):295–307.
- Farahani, R. Z. Drezner, Z.; Asgari, N. (2009). Single facility location and relocation problem with time dependent weights and discrete planning horizon. *Annals of Operations Research*. 167(1):353–368.
- Farina, E. M. M. Q.; Azevedo, P. F. de; Saes, M. S. M. (1997). *Competitividade: mercado, estado e organizações*. São Paulo: Singular.
- Farina, E. M. M. Q. (1999). Competitividade e coordenação de sistemas agroindustriais: um ensaio conceitual. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 6, n. 3, p. 147-161.
- López, C. P.; Requena, J. C.; Giménez, T. H. (2007). Multicriteria Evaluation of The Environmental Performance of Conventional, Organic and Integrated Olive-growing Systems in The South of Spain Based on Experts Knowledge. *Renewable Agriculture and Food Systems*, n. 22, p. 189-203.
- Prusak, A., Stefanów, P. (2014). *AHP - analityczny proces hierarchiczny. Budowa i analiza modelidecyzyjnych krok po kroku*. Warszawa: Wydawnictwo C.H. Beck.

- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*. 48(1).
- Simo, H. A. (1965). *Comportamento Administrativo: Estudo dos Processos Decisórios nas Organizações Administrativas*. 1ª ed., Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas.
- Souza, J. P.; Pereira, L. B. (2002). Gestão da competitividade em cadeias produtivas: análise da cadeia de carne bovina do Estado do Paraná. *Revista Textos de Economia*, v.8, n.1, p.115-151.
- Tiwari, D. N.; Loof, R.; Paudyal, G. N. (1999). Environmental-Economic Decision-Making in Lowland Irrigated Agriculture Using Multi-criteria Analysis Techniques. *Agricultural Systems*. N. 60, p. 99-112.
- Zeshui, X. (2014). *Hesitant Fuzzy Sets Theory*. Sichuang: Springer.

## ANEXOS

Os anexos a seguir são apenas fonte de informações para auxiliar na compreensão do trabalho e sua forma de elaboração. Os mesmos não são citados no decorrer dos textos como informações adicionais.

### **ANEXO 1 - Procedimento para gerar a matriz Payoff**

$$\max z_e^1 = f_e(x, y) \text{ s.t. restrições (2)-(14)}$$

$$\max z_\omega^1 = f_\omega(x, y) \text{ s.t. restrições (2)-(14) and } f_e(x, y) = z_e^1$$

$$\max z_\varepsilon^1 = f_\varepsilon(x, y) \text{ s.t. restrições (2)-(14) and } f_e(x, y) = z_e^1 \text{ and } f_\omega(x, y) = z_\omega^1$$

Resultando a solução não dominada  $(z_e^1, z_\omega^1, z_\varepsilon^1)$

$$\max z_\omega^2 = f_\omega(x, y) \text{ s.t. restrições (2)-(14)}$$

$$\max z_e^2 = f_e(x, y) \text{ s.t. restrições (2)-(14) and } f_\omega(x, y) = z_\omega^2$$

$$\max z_\varepsilon^2 = f_\varepsilon(x, y) \text{ s.t. restrições (2)-(14) and } f_\omega(x, y) = z_\omega^2 \text{ and } f_e(x, y) = z_e^2$$

Resultando a solução não dominada  $(z_e^2, z_\omega^2, z_\varepsilon^2)$

$$\max z_\varepsilon^3 = f_\varepsilon(x, y) \text{ s.t. restrições (2)-(14)}$$

$$\max z_e^3 = f_e(x, y) \text{ s.t. restrições (2)-(14) and } f_\varepsilon(x, y) = z_\varepsilon^3$$

$$\max z_\omega^3 = f_\omega(x, y) \text{ s.t. restrições (2)-(14) and } f_\varepsilon(x, y) = z_\varepsilon^3 \text{ and } f_e(x, y) = z_e^3$$

Resultando a solução não dominada  $(z_e^3, z_\omega^3, z_\varepsilon^3)$

**ANEXO 2 – Primeira página do artigo enviado para a Revista Gestão e Produção (Capítulo 2 desta tese).**

**ANEXO 3 – Artigo (na íntegra) publicado no Journal of Agricultural & Food Industrial Organization.**

**ANEXO 4 – Planilha de dados coletados a campo – Abatedouros visitados**

**Apêndice – Submissão de Artigo extra produzido a partir dos dados da tese, em parceria com pesquisadores da Universidade de Évora, ao periódico Annals of Operations Research.**

**ANEXO 2 – Primeira página do artigo enviado para a Revista Gestão e Produção.**

**Hierarquia de estratégias para o aumento da competitividade na agroindústria de filetagem de tilápias**

**Hierarchy of strategies for increased competitiveness in tilápias filleting agroindustry**

Manoel João Ramos<sup>1</sup>  
Aldi Feiden<sup>1</sup>  
Altevir Signor<sup>1</sup>  
Antônio Carlos Chidichima<sup>1</sup>  
Homero Fernandes Oliveira<sup>2</sup>  
Rui Manuel de Sousa Fragoso<sup>3</sup>

**Resumo:** Esta pesquisa teve por objetivo avaliar como os fatores institucionais, organizacionais e tecnológicos podem contribuir para ampliar a competitividade em agroindústrias de filetagem de tilápias. O estudo foi conduzido na microrregião de Toledo, no oeste do Paraná, onde está localizado um dos principais polos de produção de tilápias, em tanques escavados, do Brasil. A pesquisa se justifica pelo fato de analisar, empiricamente, as potencialidades de uma atividade agropecuária que apresenta expressivos sinais de crescimento, mediante as ações organizacionais incipientes. O escalonamento hierárquico das variáveis, foi submetido à análise de decisão multicritério utilizando o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Os resultados indicaram que as alternativas com maior potencial para ampliar a competitividade da cadeia de valor consistem na realização de melhorias no processamento industrial, bem como, no desenvolvimento de melhores técnicas de manejo na produção agropecuária, obtendo uma representatividade de 36% e 17%, respectivamente. O método AHP demonstrou-se eficiente para a análise e pode ser utilizado como base metodológica para estudos futuros para melhorias de competitividade no setor, utilizando-se de outras variáveis possíveis.

**Palavras-chave:** agroindústria, análise multicritério, cadeias produtivas, piscicultura

---

<sup>1</sup> Grupo de Estudos em Manejo na Aquicultura (GEMaQ), Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Rua da Faculdade, 645, CEP: 85903-000, Jardim La Salle, Toledo, PR, Brasil, e-mail: eng.major@hotmail.com

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE / Campus Toledo, e-mail: homero.oliveira@unioeste.br

<sup>3</sup> Centro de Estudos e Formação Avançada em Gestão e Economia da Universidade de Évora (*CEFAGE-UE*), Universidade de Évora, (UÉVORA), Largo dos Colegiais 2, 7000, Évora, Portugal, e-mail: rfragoso@uevora.pt

ANEXO 4: DADOS COLETADOS NAS PESQUISAS DE CAMPO – VISITA AOS FRIGORÍFICOS

ABATEDOUROS DE PEIXES	MUNICÍPIO	INSPEÇÃO	TIPO ABATE	Tilápia Abate (ton./dia)	Rend.	Prod. Filé (ton./dia)	Mão de Obra	Custo Tilápia R\$/ton.	Preço Filé (R\$/ton.)	Custo Total Matéria Prima	Preço Total de Venda de Filé
COPACOL - FRIGORÍFICO DE PEIXE	Nova Aurora	Federal	CORTE CABEÇA	90,0	35%	31,5	630	R\$ 4.300,00	R\$ 22.000,00	R\$ 387.000,00	R\$ 693.000,00
COPISCES PROD. DA AQUICULTURA	Toledo	Nacional	PEIXE INTEIRO	22,0	34%	7,5	210	R\$ 4.200,00	R\$ 22.000,00	R\$ 92.400,00	R\$ 164.560,00
TILÁPIA BRAZILIAN IND. E COM. DE PEIXES	Toledo	Federal	CORTE CABEÇA	15,0	33%	5,0	107	R\$ 4.200,00	R\$ 22.500,00	R\$ 63.000,00	R\$ 111.375,00
FRIGUACU	São Miguel do Iguazu	Federal	PEIXE INTEIRO	7,0	34%	2,4	45	R\$ 4.300,00	R\$ 21.000,00	R\$ 30.100,00	R\$ 49.980,00
PESCADOS SEREIA	Toledo	Nacional	PEIXE INTEIRO	9,0	35%	3,2	78	R\$ 4.300,00	R\$ 21.000,00	R\$ 38.700,00	R\$ 66.150,00
FRIGO FISCH	Toledo	Municipal	PEIXE INTEIRO	10,0	37%	3,7	70	R\$ 4.200,00	R\$ 19.000,00	R\$ 42.000,00	R\$ 70.300,00
OCC FRIGORÍFICO DE PEIXE	Marechal Cândido Rondon	Municipal	CORTE CABEÇA	8,0	34%	2,7	18	R\$ 4.300,00	R\$ 18.500,00	R\$ 34.400,00	R\$ 50.320,00
FRIGOCOSTA - FRIGORÍFICO DE PEIXES	Toledo	Municipal	CORTE CABEÇA	4,5	35%	1,6	20	R\$ 4.300,00	R\$ 18.500,00	R\$ 19.350,00	R\$ 29.137,50
SARDELLA FRIGORÍFICO DE PEIXES	Toledo	Municipal	PEIXE INTEIRO	3,0	35%	1,1	16	R\$ 4.300,00	R\$ 19.000,00	R\$ 12.900,00	R\$ 19.950,00
INDÚSTRIA DE PESCADO ENTRE RIOS LTDA	Entre Rios do Oeste	Municipal	PEIXE INTEIRO	3,0	35%	1,1	16	R\$ 4.350,00	R\$ 19.500,00	R\$ 13.050,00	R\$ 20.475,00
PESCADOS CASCAVEL	Cascavel	Municipal	PEIXE INTEIRO	4,5	34%	1,5	28	R\$ 4.200,00	R\$ 19.000,00	R\$ 18.900,00	R\$ 29.070,00
BIG PEIXE	Cascavel	Municipal	CORTE CABEÇA	1,0	35%	0,4	7	R\$ 4.300,00	R\$ 19.000,00	R\$ 4.300,00	R\$ 6.650,00
INDÚSTRIA DE PESCADO DO GELSON	Pato Bragado	Municipal	CORTE CABEÇA	3,5	33%	1,2	14	R\$ 4.300,00	R\$ 19.000,00	R\$ 15.050,00	R\$ 21.945,00
PESCADOS KOLLER	Ouro Verde do Oeste	Municipal	CORTE CABEÇA	3,5	34%	1,2	16	R\$ 4.400,00	R\$ 18.000,00	R\$ 15.400,00	R\$ 21.420,00
ESTELA MARIS	Corbélia	Municipal	CORTE CABEÇA	0,8	35%	0,3	6	R\$ 4.300,00	R\$ 20.000,00	R\$ 3.440,00	R\$ 5.600,00
PESCADO VITÓRIA	Marechal Cândido Rondon	Municipal	CORTE CABEÇA	8,0	34%	2,7	16	R\$ 4.400,00	R\$ 19.000,00	R\$ 35.200,00	R\$ 51.680,00
PESCADO MERCEDES	Mercedes	Municipal	CORTE CABEÇA	1,5	33%	0,5	13	R\$ 4.300,00	R\$ 18.000,00	R\$ 6.450,00	R\$ 8.910,00
PESCADO COSTA	Marechal Cândido Rondon	Municipal	CORTE CABEÇA	2,5	34%	0,9	9	R\$ 4.300,00	R\$ 19.000,00	R\$ 10.750,00	R\$ 16.150,00
PESCADO SANTA TEREZINHA	Marechal Cândido Rondon	Municipal	CORTE CABEÇA	0,8	29%	0,2	5	R\$ 4.250,00	R\$ 19.500,00	R\$ 3.400,00	R\$ 4.524,00
PESCADO HABITANTE	Santa Helena	Municipal	CORTE CABEÇA	1,5	34%	0,5	2	R\$ 4.300,00	R\$ 18.500,00	R\$ 6.450,00	R\$ 9.435,00
PESCADO BOM JARDIM	Marechal Cândido Rondon	Municipal	CORTE CABEÇA	1,0	34%	0,3	6	R\$ 4.200,00	R\$ 18.000,00	R\$ 4.200,00	R\$ 6.120,00
			TOTAL	200,1	34%	69,2	1332	R\$ 4.285,71	R\$ 19.523,81	R\$ 856.440,00	R\$ 1.456.751,50

## Apêndice

**Submissão de Artigo extra produzido a partir dos dados da tese, em parceria com pesquisadores da Universidade de Évora, ao periódico Annals of Operations Research.**

### Annals of Operations Research MULTI-CRITERIA SUPPLY CHAIN NETWORK DESIGN USING INTERACTIVE DECISION MAPS --Manuscript Draft--

<b>Manuscript Number:</b>							
<b>Full Title:</b>	MULTI-CRITERIA SUPPLY CHAIN NETWORK DESIGN USING INTERACTIVE DECISION MAPS						
<b>Article Type:</b>	Original Research						
<b>Keywords:</b>	supply chain network design, multi-criteria decision-making, goal programming, interactive decision maps, tilapia fillet, Brazil.						
<b>Corresponding Author:</b>	Rui Fragoso University of Évora Évora, PORTUGAL						
<b>Corresponding Author Secondary Information:</b>							
<b>Corresponding Author's Institution:</b>	University of Évora						
<b>Corresponding Author's Secondary Institution:</b>							
<b>First Author:</b>	Rui Fragoso, PhD						
<b>First Author Secondary Information:</b>							
<b>Order of Authors:</b>	Rui Fragoso, PhD Vladimir Bushenkov, PhD Manoel João Ramos						
<b>Order of Authors Secondary Information:</b>							
<b>Funding Information:</b>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">The authors are pleased to acknowledge financial support from Fundação para a Ciência e a Tecnologia (UID/ECO/04007/2013)</td> <td style="width: 40%;">Not applicable</td> </tr> <tr> <td>The authors are pleased to acknowledge financial support from Fundação para a Ciência e a Tecnologia (UID/MAT/04674/2019)</td> <td>Not applicable</td> </tr> <tr> <td>The authors are pleased to acknowledge financial support from FEDER/COMPETE (POCI-01-0145-FEDER-007659)</td> <td>Not applicable</td> </tr> </table>	The authors are pleased to acknowledge financial support from Fundação para a Ciência e a Tecnologia (UID/ECO/04007/2013)	Not applicable	The authors are pleased to acknowledge financial support from Fundação para a Ciência e a Tecnologia (UID/MAT/04674/2019)	Not applicable	The authors are pleased to acknowledge financial support from FEDER/COMPETE (POCI-01-0145-FEDER-007659)	Not applicable
The authors are pleased to acknowledge financial support from Fundação para a Ciência e a Tecnologia (UID/ECO/04007/2013)	Not applicable						
The authors are pleased to acknowledge financial support from Fundação para a Ciência e a Tecnologia (UID/MAT/04674/2019)	Not applicable						
The authors are pleased to acknowledge financial support from FEDER/COMPETE (POCI-01-0145-FEDER-007659)	Not applicable						
<b>Abstract:</b>	Growing concerns with sustainability lead decision makers to include in the supply chain network design, environmental and social impacts as well as economic objectives, which requires a balanced multi-criteria approach. In this paper a multi-objective mixed integer model for a regional supply chain network processing industry is developed. The analysis of the model and decision-making process is carried out using approximation and visualization of Pareto frontier in criteria space in the form of Interactive Decision Maps. For test purposes, the data of the network of tilapia fillet processing in West Paraná, Brazil, are used. A reasonable strategy is formulated that represents a compromise between different conflicting criteria in the supply chain – profit, carbon dioxide emissions, number of suppliers, number of hired workers, costs and production values.						