



Estágio Curricular na FindFresh, S.A.

Catarina Filipa Marques Grilo

2018



Estágio Curricular na FindFresh, S.A.

Catarina Filipa Marques Grilo

Relatório de Estágio para obtenção do Grau de Mestre em Aquacultura

Projeto de Mestrado realizada sob a orientação do Mestre Luís Calisto e da
Professora Especialista Teresa Maria Coelho Baptista

2018

Título: Estágio curricular na FindFresh, S.A.

Copyright © Catarina Filipa Marques Grilo

Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – Peniche

Instituto Politécnico de Leiria

2018

A Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar e o Instituto Politécnico de Leiria têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar este relatório de estágio através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

À minha orientadora, Professora Especialista Teresa Baptista, pela persistência e disponibilidade em ajudar ao longo de todo o processo, desde a realização do estágio à escrita do relatório.

Ao meu orientador, Luís Calisto, por toda a compreensão, ajuda e disponibilidade ao longo desta etapa e em qualquer circunstância.

Ao André Horta, João Reboleira e Evelise Gonçalves pela auxílio e disponibilidade ao longo de toda a execução do estudo.

A toda a equipa da FindFresh, S.A. pelo conhecimento que me proporcionaram e pela forma como me acolheram e em especial à Marina pela amizade e companheirismo.

Às minhas amigas, obrigada pela amizade e por estarem sempre presentes sobretudo nos momentos mais difíceis.

Ao meu namorado, Énio Jordão, por estar sempre presente de forma incondicional. Pelo estímulo nos momentos mais críticos e pela dedicação e paciência ao longo de toda esta etapa.

Aos meus pais, Jorge e Célia, à minha irmã, Carolina e à minha amiga Licinia, por me apoiarem em todas as decisões e me incentivarem de forma incondicional, sem eles nada seria possível.

A todos, o meu Muito Obrigada!!

Resumo

Ao longo das últimas décadas e um pouco por todo o mundo, a aquacultura tem vindo a crescer de forma cada vez mais notória e galopante. O rápido crescimento populacional e as carências nutricionais verificadas a nível mundial aliadas à sobre-exploração dos stocks naturais por parte da pesca tradicional e industrial, evidenciou a preocupação e a necessidade de se criarem estratégias mais sustentáveis.

A FindFresh, S.A., é a primeira empresa de aquacultura em Portugal destinada à produção intensiva de enguias, nomeadamente, enguia europeia, *Anguilla anguilla*, em sistema de recirculação de água (RAS) direcionada para a fase de engorda. Esta empresa surgiu a partir de um projeto com bastante potencial e que, em parte, ambiciona inovar a produção nacional em aquacultura.

Este estudo tem como objectivo permitir à FindFresh, S.A. compreender em que nível se enquadra o seu produto, comparativamente ao exemplo padrão, enguia selvagem e à concorrência de outra piscicultura. Este estudo contempla a realização da análise bioquímica às enguias produzidas na FindFresh, S.A., assim como enguias selvagens e enguias provenientes de outra piscicultura, onde se pretende caracterizar o teor de proteína, de gordura total, de humidade, de cinzas, de hidratos de carbono e o perfil de ácidos gordos de cada um dos grupos.

Como conclusão, pode afirmar-se que as enguias provenientes de aquacultura apresentam valores semelhantes entre si para os parâmetros analisados. O mesmo já não se verifica para enguias selvagens sendo que estas apresentam valores de proteína superiores às de aquacultura, enquanto que estas últimas apresentam valores superiores de gordura.

Quanto ao perfil de ácidos gordos, pode afirmar-se que as enguias de proveniência de aquacultura apresentam valores mais elevados dos ácidos gordos mais importantes para a nutrição e saúde humana, apresentando uma vantagem relativamente ao seu consumo.

Palavras-chave: Aquacultura; RAS; Enguia Europeia, *Anguilla anguilla*, Composição nutricional, Ácidos gordos.

Abstract

Over the last few decades and almost all around the world, aquaculture has been growing in a more and more notorious and rampant way. Rapid population growth and global nutritional deficiencies coupled with over-exploitation of natural stocks by traditional and industrial fisheries has highlighted the concern and need for more sustainable strategies.

FindFresh, S.A., is the first aquaculture company in Portugal for the intensive production of eels, namely European eel, *Anguilla anguilla*, in a water recirculation system (RAS) directed to the fattening phase. This company came from a project with a lot of potential and that, in part, aims to innovate the national production in aquaculture.

This study aims to allow FindFresh, S.A., to understand at what level its product fits, compared to the standard example, wild eel and competition from other aquaculture units. This study contemplates the performance of the biochemical analysis of eels produced in FindFresh, S.A., as well as wild eels and eels from another fish culture, demonstrating the levels of protein, total fat, moisture, ash, carbohydrate and fatty acid profile of each of the groups.

As conclusion, it can be affirmed that the eels from aquaculture present values similar to each other for the parameters analysed. The same is no longer true for wild eels, due to the higher values of protein observed than from the aquaculture eels, while the latter have higher fat values.

As for the fatty acid profile, it can be stated that aquaculture provenance eels have higher values of the most important fatty acids for nutrition and human health, presenting an advantage over their consumption.

Keywords: Aquaculture, RAS, European eel, *Anguilla anguilla*, Nutritional composition, Fatty acids

Índice

I.	Introdução.....	3
1.	Aquacultura no Mundo.....	3
2.	Aquacultura em Portugal.....	5
3.	Estado dos stocks naturais da Enguia Europeia, <i>Anguilla anguilla</i> , na Europa e em Portugal.....	8
4.	Aquacultura de enguias.....	11
5.	Biologia da espécie.....	13
II.	Estágio na FindFresh, S.A.....	15
1.	A Empresa.....	15
2.	Objetivos.....	16
3.	Estrutura da empresa.....	16
3.1.	Módulo de enguias de vidro (GE).....	16
3.2.	Módulo pré-crescimento (PGO).....	20
3.3.	Módulo de crescimento (GO).....	20
4.	Sistema de Recirculação de Água (RAS).....	21
5.	Rotinas diárias.....	23
5.1.	Recolha e registo de mortos.....	23
5.2.	Monitorização dos parâmetros da água.....	24
5.3.	Alimentação.....	26
5.4.	Calibração de peixe.....	28
5.5.	Depuração e expedição.....	30
III.	Trabalho experimental.....	31
1.	Introdução.....	31
1.1.	Qualidade nutricional e organolética.....	31
2.	Objetivos.....	35
3.	Materiais e Métodos.....	35
3.1.	Amostragem.....	35
3.2.	Caracterização bioquímica.....	36
3.2.1.	Teor de Proteína Bruta.....	36
3.2.2.	Teor de Gordura total.....	36
3.2.3.	Teor de Humidade.....	37
3.2.4.	Teor de Cinzas.....	37
3.2.5.	Teor de Hidratos de Carbono.....	38
3.2.6.	Perfil de Lípidos.....	38

3.3. Análise estatística.....	38
4. Resultados.....	39
4.1. Teor de Proteína, Gordura, Cinzas, Humidade e Hidratos de Carbono	39
4.2. Perfil de lípidos	40
5. Discussão.....	44
6. Conclusões.....	47
IV. Referências	49
V. ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Capturas mundiais da pesca e produção mundial em aquacultura (Fonte: FAO, 2018).....	4
Figura 2 – Peixe disponível para consumo humano (kg/capita) (Fonte: FAO, 2018).....	5
Figura 3 – Estabelecimentos de aquacultura licenciados em Portugal em 2016 (Fonte: INE/DGRM, 2018).....	6
Figura 4 - Produção dos grupos de espécies mais produzidos em aquacultura em Portugal em toneladas (Fonte: INE/DGRM, 2018).....	7
Figura 5 – Principais espécies produzidas em aquacultura em águas salobras e marinhas em 2016 (Fonte: INE/DGRM, 2018).....	8
Figura 6 – Produção global de capturas para a enguia-europeia, <i>Anguilla anguilla</i> , em toneladas, 2014 (Fonte: FAO FishStat, 2004).....	9
Figura 7 - Produção global de aquacultura para a enguia-europeia, <i>Anguilla anguilla</i> , em toneladas, 2014 (Fonte: FAO FishStat, 2004).....	11
Figura 8 – Ciclo de produção da enguia-europeia, <i>Anguilla anguilla</i> (Fonte: FAO, 2004).....	12
Figura 9 – Ciclo de vida da enguia-europeia, <i>Anguilla anguilla</i> . (Fonte: Domingos, 2010).....	14
Figura 10 – Vista aérea da empresa FindFresh, S.A. (Fonte: Empresa).....	15
Figura 11 - Módulo de enguias-de-vidro (GE) (Fonte: Empresa).	17
Figura 12 – Flutuador para alimentação e posteriormente para área de repouso (Fonte: Empresa).....	18
Figura 13 - Sistema de saída de água do tanque com auxílio de uma brush machine. (Fonte: Empresa)	19
Figura 14 – Área de tratamento da água (RAS) de cultivo do módulo de pré-crescimento (Fonte: Empresa).	23
Figura 15 – Testes rápidos à amónia, nitritos e nitratos (Fonte: Empresa).	25
Figura 16 – Máquina para calibração de enguias (Fonte: Empresa)	29

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I - Composição analítica da ração Skretting Perle Eel Proactive de acordo com as diferentes granulometrias fornecidas à enguia.	28
Tabela II - Composição analítica da ração Biomar DAN-EX de acordo com as diferentes granulometrias fornecidas à enguia.	28
Tabela III - Variação da % de cada nutriente constituinte das dietas fornecidas em aquacultura.....	32
Tabela IV – Teor de proteína, gordura, cinzas, humidade e hidratos de carbono (g/100g) presentes no músculo das enguia do grupo 1	39
Tabela V – Teor de proteína, gordura, cinzas, humidade e hidratos de carbono (g/100g) presentes no músculo das enguia do grupo 2	39
Tabela VI – Teor de ácidos gordos no músculo (g/100g) das enguias do grupo 1	40
Tabela VII - Composição de ácidos gordos no músculo (g/100g) das enguias do grupo 1	41
Tabela VIII – Teor de ácidos gordos no músculo (g/100g) das enguias do grupo 2.....	42
Tabela IX - Composição de ácidos gordos no músculo (g/100g) das enguias do grupo 2	44

Lista de Abreviaturas

ALA – ácido alfa-linolénico

ARA – ácido araquidónico

CITES - *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*

DHA – ácido docosahexanóico

EPA – ácido eicosapentaenóico

FAO - *Food and Agriculture Organization*

GE – Glass eel (Enguia-de-vidro)

GO – Growout (Crescimento)

IUCN - União Internacional para a Conservação da Natureza

LA – Ácido linoleico

MUFA - *Monounsaturated Fatty Acids* (Ácidos Gordos Monoinsaturados)

O₃ – Ozono

P - Fósforo

PGO – Pre-growout (Pré-crescimento)

PU – Purging (Purga)

PUFA - *Polyunsaturated Fatty Acids* (Ácidos Gordos Polinsaturados)

RAS – Sistema de recirculação de água

SFA - *Saturated Fatty Acids* (Ácidos Gordos Saturados)

UV – Ultravioleta

ω₃ – ómega-3

ω₆ – ómega-6

Relatório de Estágio Curricular na FindFresh, S.A.

I. Introdução

1. Aquacultura no Mundo

Ao longo das últimas décadas e um pouco por todo o mundo, a aquacultura tem vindo a crescer de forma cada vez mais notória e galopante (Kumar *et al.*, 2015). O rápido crescimento populacional e as carências nutricionais verificadas a nível mundial aliadas à sobre-exploração dos stocks naturais por parte da pesca tradicional e industrial, evidenciou a preocupação e a necessidade de se criarem estratégias mais sustentáveis (Naylor *et al.*, 2000). Desta forma, a aquacultura surge como uma alternativa económica e ecologicamente viável, visando minimizar as dificuldades sentidas e ainda apresentando a vantagem de ser uma fonte de proteína de extrema qualidade (Novais *et al.*, 2018).

A aquacultura consiste na produção de organismos aquáticos tanto de água doce como de água salgada, tais como, peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios e até mesmo plantas aquáticas.

Desde a antiguidade e um pouco por todo o mundo, a aquacultura já se praticava em diversos países, mas apenas como meio de subsistência e fonte de riqueza.

Desde a década de 60, até 2015, o consumo mundial de peixe *per capita* tem vindo a aumentar de forma célere, aproximadamente 1,5% ao ano. Em 2015, as estimativas previam que do consumo mundial de peixe *per capita* atingisse os 20 kg (FAO, 2016). Segundo a FAO 2018, em 2016 esperava-se um aumento para 20,3 kg seguido de um aumento para 20,5 kg em 2017.

Graças ao vigoroso desenvolvimento mundial da aquacultura, segundo a FAO (2016), em 2014, a produção mundial de peixes de aquacultura representou cerca de 44% do total da produção proveniente das capturas e da aquacultura, fornecendo neste momento, aproximadamente, metade do peixe utilizado para consumo humano.

De ano para ano, como é visível na Figura 1, verifica-se a ascensão gradual da produção em aquacultura, o que revela um cenário positivo relativamente ao futuro, tanto ao nível desta indústria como ao nível da gestão dos recursos naturais, permitindo que estes atinjam um equilíbrio.

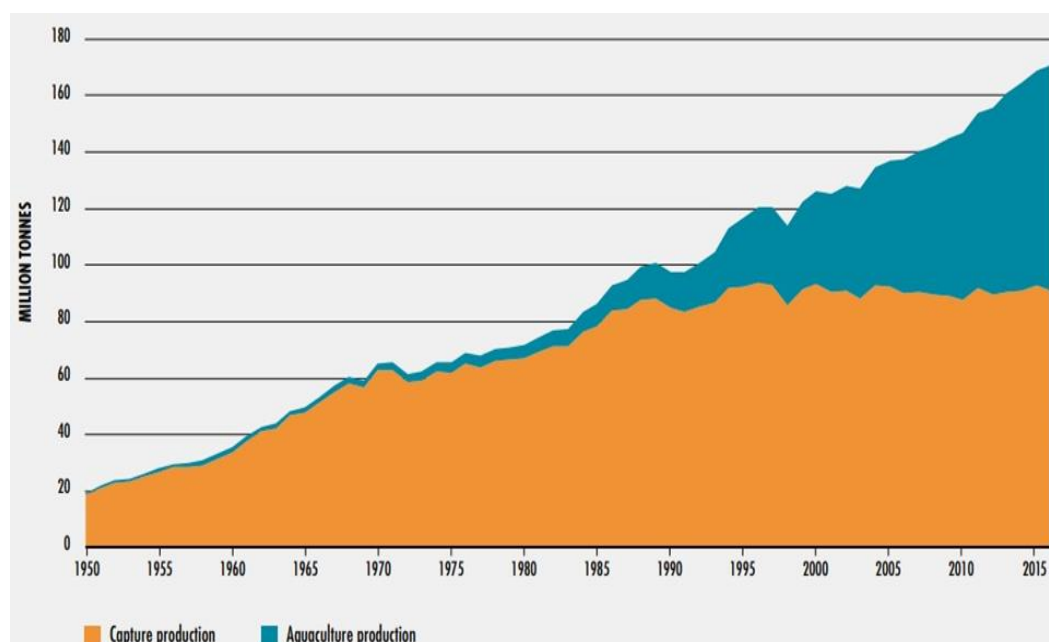


Figura 1 – Capturas mundiais da pesca e produção mundial em aquacultura (Fonte: FAO, 2018)

A produção mundial em aquacultura, em 2016, incluindo plantas aquáticas, foi de 110,2 milhões de toneladas, sendo que destes, 80 milhões de toneladas foram para fins alimentares (FAO, 2018). Esta produção contempla cerca de 54,1 milhões de toneladas de peixe, 17,1 milhões de toneladas de moluscos, 7,9 milhões de toneladas de crustáceos e ainda aproximadamente 1 milhão de toneladas de diversos animais aquáticos, tais como, pepinos do mar, medusas comestíveis, entre outros. Relativamente a produtos não alimentares, tais como, pérolas, conchas ornamentais, a produção em aquacultura resultou em 37,9 mil toneladas (FAO, 2018).

A quantidade global de capturas derivadas da pesca, em 2016, foi de 90,9 milhões de toneladas tendo-se verificado uma descida comparativamente a 2015 em que o total foi de 92,7 milhões de toneladas. Por outro lado, à medida que a expansão da indústria aquícola vai progredindo, novas oportunidades surgem, dando um contributo positivo para a criação de novos postos de trabalho, assim como impulsionando o aproveitamento dos recursos endógenos para a criação de oportunidades de comércio.

Comparativamente a 2006, verificou-se que, em 2016, pela primeira vez relativamente ao abastecimento de pescado disponível para consumo humano (kg/capita), como é visível na figura 2, a aquacultura foi capaz de gerar e

proporcionar mais alimento quando comparado com as capturas provenientes da pesca.

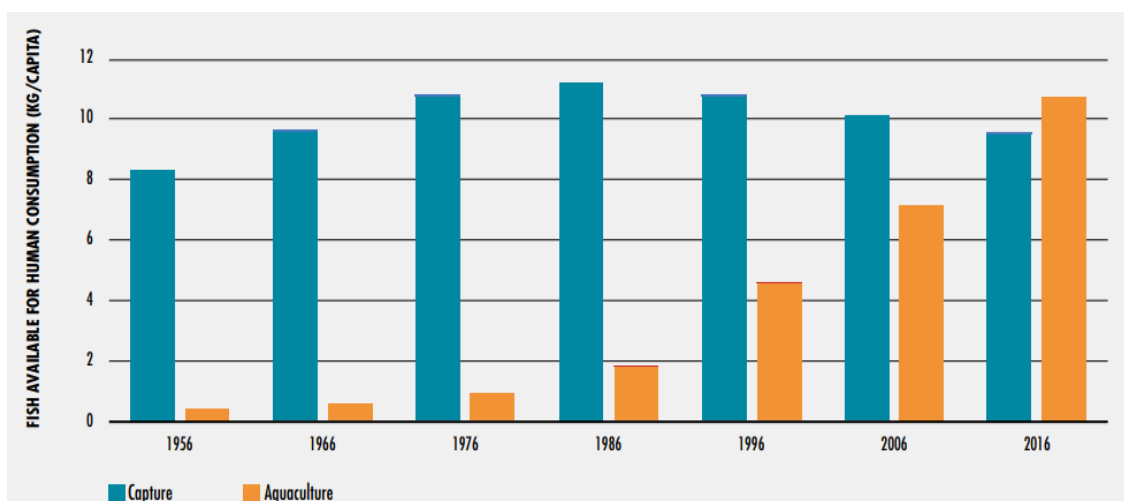


Figura 2 – Peixe disponível para consumo humano (kg/capita) (Fonte: FAO, 2018)

2. Aquacultura em Portugal

A excelente localização geográfica de Portugal, devido à sua longa extensão da orla costeira, aliada às influências das águas do mar Mediterrâneo e do oceano Atlântico, proporcionam um potencial único para a prática de aquacultura. Atendendo ainda a tais características, Portugal demonstra capacidade para o desenvolvimento de produzir novas espécies com elevado interesse comercial (Teixeira, 2016).

A produção resultante da aquacultura em Portugal, em 2015, atingiu as 9 300 toneladas (FAO, 2017). Em 2016, esta produção aumentou para 11 259 toneladas, gerando uma receita de 75,2 milhões de euros. Os dados referentes a 2016, comparados com os valores do ano anterior, indicam um aumento na quantidade e no valor, de 17,8% e 38,9%, respetivamente (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

A aquacultura em Portugal está dividida em diferentes regimes, nomeadamente, extensivos, semi-intensivos e intensivos. Ao longo da última década, tem-se verificado uma diminuição da produção em regimes semi-intensivos o que tem vindo a evidenciar o aumento da produção em regime intensivo (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

Em 2016, para produção em água doce, salobra e marinha existiam 1 518 estabelecimentos licenciados, sendo que 87,9% corresponde à produção em viveiros, 9,4% para a produção em tanques, 2,1% para estruturas flutuantes, estando maioritariamente destinadas à produção de moluscos bivalves, e por fim, 0,6% para unidades de reprodução (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

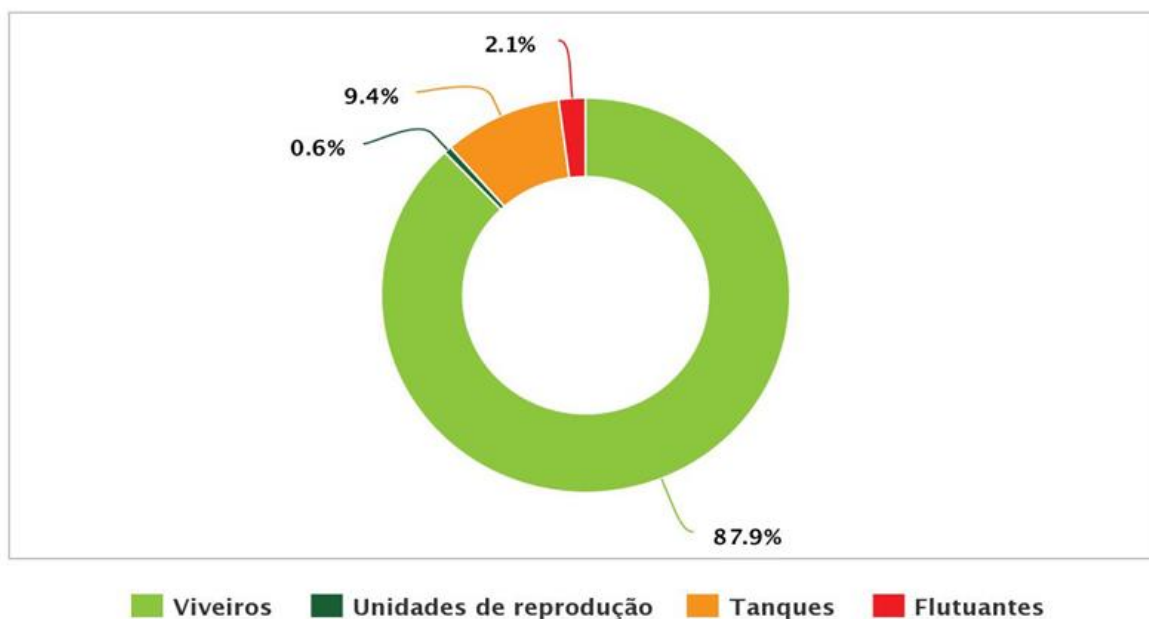


Figura 3 – Estabelecimentos de aquacultura licenciados em Portugal em 2016 (Fonte: INE/DGRM, 2018)

Em Portugal, a aquacultura é essencialmente representada pela produção em águas marinhas e salobras, representando aproximadamente 94% da produção total, dados estes que têm revelado uma tendência de incremento (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

Ao longo da última década, os principais grupos de espécies mais produzidos em Portugal assentam, fundamentalmente, nos peixes de água doce, peixes de água salgada e nos moluscos bivalves, com particular realce no aumento da produção destes dois últimos (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

A produção de moluscos bivalves de 2015 para 2016 apresentou um aumento de aproximadamente 1,5 toneladas enquanto que os peixes de água salgada aumentaram apenas 0,5 toneladas. Contudo e contrariamente ao registado nos grupos referidos anteriormente, a produção de peixes de água doce, nomeadamente de trutas, diminuiu

cerca de 200 toneladas em 2016 quando comparado com 2015 (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

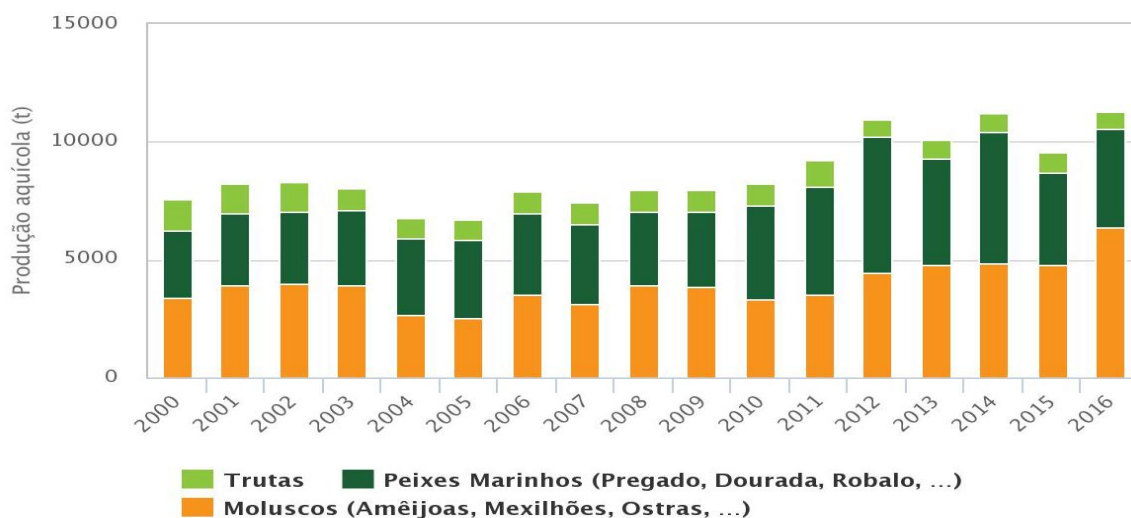


Figura 4 - Produção dos grupos de espécies mais produzidos em aquacultura em Portugal em toneladas (Fonte: INE/DGRM, 2018)

Dentro dos principais grupos de espécies mais produzidos a nível nacional, o cultivo de moluscos bivalves, nomeadamente, a amêijoia-bia, *Ruditapes decussatus*, a ostra portuguesa, *Crassostrea angulata*, e algumas espécies de mexilhão, *Mytilus spp.* encontram-se no topo das espécies mais cultivadas. Quando à produção de peixes, a maior produção incide no pregado (*Psetta maxima*), dourada (*Sparus aurata*) e truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), entre outros (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

Contudo, ao longo dos últimos anos, o aumento da concorrência provocada pela saturação do mercado, devido à produção excessiva de espécies como o pregado, *Psetta maxima*, e a dourada, *Sparus aurata*, resultou numa diminuição das margens de lucro dos produtores o que tem colaborado para a introdução e diversificação no que toca à produção de novas espécies (Saavedra *et al.*, 2017).

Espécies como o robalo, *Dicentrarchus labrax*, o linguado, *Solea senegalensis*, o sargo, *Diplodus sargus*, a corvina, *Argyrosomus regius*, e a enguia-europeia, *Anguilla anguilla*, entre outros, representam um elevado potencial produtivo.

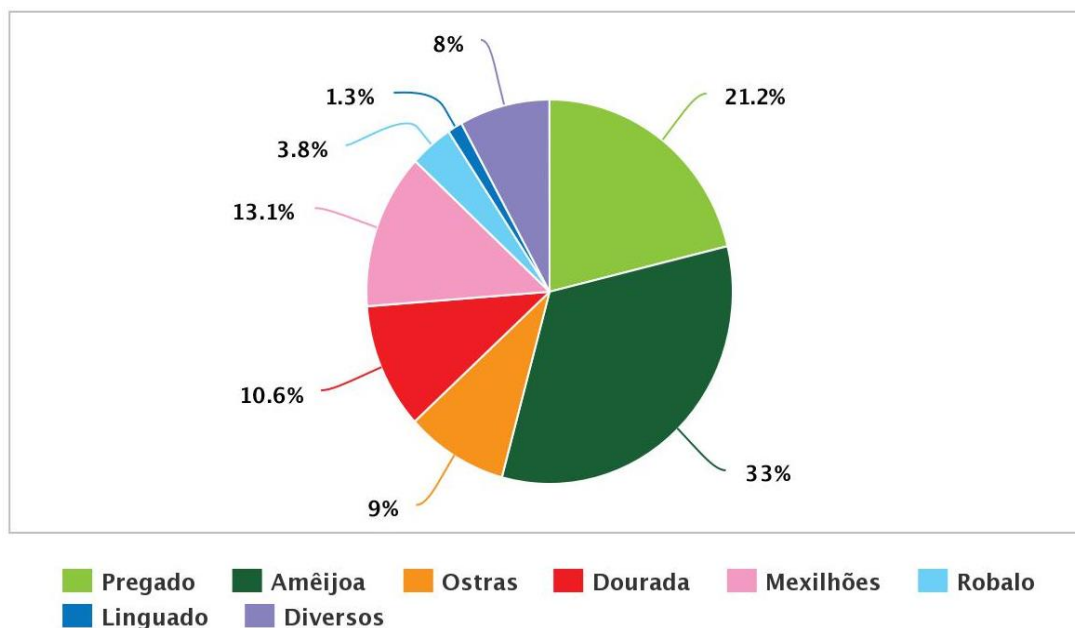


Figura 5 – Principais espécies produzidas em aquacultura em águas salobras e marinhas em 2016 (Fonte: INE/DGRM, 2018)

3. Estado dos stocks naturais da Enguia Europeia, *Anguilla anguilla*, na Europa e em Portugal

A enguia-europeia, *Anguilla anguilla*, é um dos peixes de água doce gastronomicamente mais apreciados em inúmeras regiões do mundo (Biase *et al.*, 2017) e, conseqüentemente, é um dos peixes de água doce com maior valor comercial (Mordenti *et al.*, 2014).

Com o decorrer dos anos, a sustentabilidade das pescas e os limites de segurança biológicos, têm vindo a ser comprometidos, uma vez que ao longo de toda a área de distribuição continental desta espécie se tem verificado o decréscimo do número de efetivos de forma cada vez mais drástica (Mordenti *et al.*, 2014).

A abundância da população de enguias a nível europeu encontra-se num nível relativamente baixo para todas as fases, incluindo a enguia-de-vidro, a enguia amarela e a enguia prateada. Desde 1970, o recrutamento de alevins desta espécie apresenta uma redução abaixo dos 10% com tendência a diminuir, podendo este valor ainda variar de acordo com as diferentes zonas geográficas (Kirkegaard, 2010).

De acordo com as informações disponíveis, apenas uma fração muito pequena das enguias-de-vidro que entram nos cursos de água europeus atinge a fase prateada e migram de volta para o Mar dos Sargaços para se reproduzirem (Kirkegaard, 2010).

Além da diminuição sentida nos recrutamentos, ao longo de toda a área de distribuição, desta espécie na fase de enguia-de-vidro, também é notório um declínio no recrutamento de enguias amarelas desde a década de 50 ao longo do Mar do Norte, assim como na Dinamarca que aponta para um recrutamento de enguias amarelas de aproximadamente 5% quando comparado com o registado em 1970 (Kirkegaard, 2010).

Global Capture Production for species (tonnes)

Source: FAO FishStat

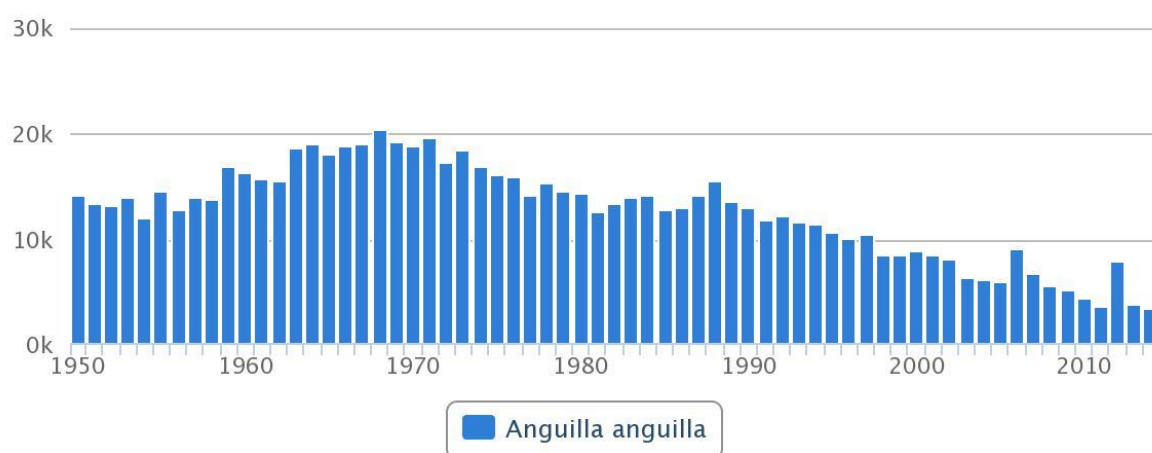


Figura 6 – Produção global de capturas para a enguia-europeia, *Anguilla anguilla*, em toneladas, 2014 (Fonte: FAO FishStat, 2004)

Em Portugal, a enguia-europeia coloniza todas as bacias hidrográficas, especialmente estuários e lagoas costeiras, desde o Rio Minho até ao Rio Guadiana e, embora com um menor número de efetivos, também ocorre em pequenas linhas de água, lagoas e áreas costeiras nas regiões autónomas da Madeira e dos Açores (Plano de Gestão da Enguia, 2010).

Paralelamente ao interesse económico que se faz sentir na procura deste recurso, é ainda importante salientar, que esta é uma espécie que se encontra presente nestes cursos de água ao longo de todo o ano, tornando-se desta forma num alvo bastante suscetível e vulnerável (Plano de Gestão da Enguia, 2010).

Os fenómenos envolvidos nesta diminuição dos stocks podem ser diversos e de diferentes origens, e podem atuar tanto a nível continental como oceânico, no entanto e apesar de ser um assunto bastante debatido, ainda não se chegou a um consenso. Aponta-se para causas naturais, como por exemplo, alterações climáticas que ao provocarem oscilações nas correntes oceânicas irão comprometer sobretudo a sobrevivência das larvas durante a migração, no entanto julga-se que a combinação das ações antropogénicas

diretas ou indiretas representam a principal repressão ao desenvolvimento desta espécie durante a sua fase continental (Pedersen *et al.*, 2017).

A construção de obstáculos, especialmente barragens ou açudes, constitui um dos impactos negativos que mais afeta o crescimento, a colonização e a dispersão da enguia-europeia, dado que afetam o leito do rio, restringindo o seu habitat e em casos mais extremos pode mesmo resultar na sua total destruição, condições estas que inevitavelmente irão afetar os fenómenos migratórios (ICES, 2015).

Outro aspeto de acuidade acrescido é a sobre-exploração e a captura ilegal do qual esta espécie é alvo ao longo das várias fases do seu ciclo de vida. A elevada procura de meixão ou enguia-de-vidro, quer para consumo humano, quer para ações de repovoamento, em 2008, levou a que a espécie fosse incluída no Anexo II da CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*), onde se incluem as espécies cuja gestão comercial necessita de ser controlada, de forma a não interferir com a sustentabilidade da espécie, não significando obrigatoriamente que esta se encontre em perigo de extinção (Jacoby & Gollock, 2014).

No entanto, ao longo dos últimos anos, outras entidades como a IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza) e a Comissão Europeia descreveram esta espécie como criticamente ameaçada (Bevacqua *et al.*, 2015). Desta forma, torna-se cada vez mais evidente a necessidade de se aprofundar o conhecimento relativo ao ciclo de vida desta espécie, para que se consiga minimizar o impacto provocado nos recursos selvagens.

Outros fatores, tais como a degradação da qualidade da água que é provocada por contaminantes tais como, metais pesados (Esteve *et al.*, 2012), a presença de parasitas e outros agentes patogénicos (Beurden *et al.*, 2011), tais como, o nemátode *Anguillicola crassus* (ICES, 2015), exibem também especial relevância no declínio dos indivíduos desta espécie, pois podem afetar a sua condição física e até inviabilizar a migração reprodutora, colocando em causa a qualidade dos reprodutores.

Segundo a ICES (2014), para que se consiga alcançar a estabilidade das unidades populacionais desta espécie será necessário reduzir todos os impactos antropogénicos o mais próximo de zero possível, nunca desconsiderando que a previsão para que se atinja o equilíbrio se situa num horizonte bastante longínquo.

4. Aquacultura de enguias

A produção em aquacultura da enguia-europeia, *Anguilla anguilla*, teve início à cerca de 25-30 anos atrás e atualmente, esta produção, representa cerca de 80% do consumo mundial desta espécie, com cerca de 45 mil toneladas por ano (Kirkegaard, 2010).

Atualmente, aquaculturas de enguias são facilmente encontradas em muitos países, nomeadamente, Holanda, Dinamarca, Itália, Espanha, Grécia, Alemanha, Suécia, entre outros países europeus, norte-africanos.

O principal produtor de enguia europeia, *Anguilla anguilla* é a Europa, com particular realce para a Dinamarca e Holanda, que desde a década de 90 têm vindo a conquistar o mercado.

A maioria das aquaculturas de enguias no Norte da Europa baseiam-se em sistemas intensivos de recirculação de água (RAS) (Kirkegaard, 2010) e, em 2016, Portugal, assinala-se também com a primeira aquacultura intensiva para a produção de enguia-europeia em sistemas de recirculação de água (RAS).

Global Aquaculture Production for species (tonnes)

Source: FAO FishStat

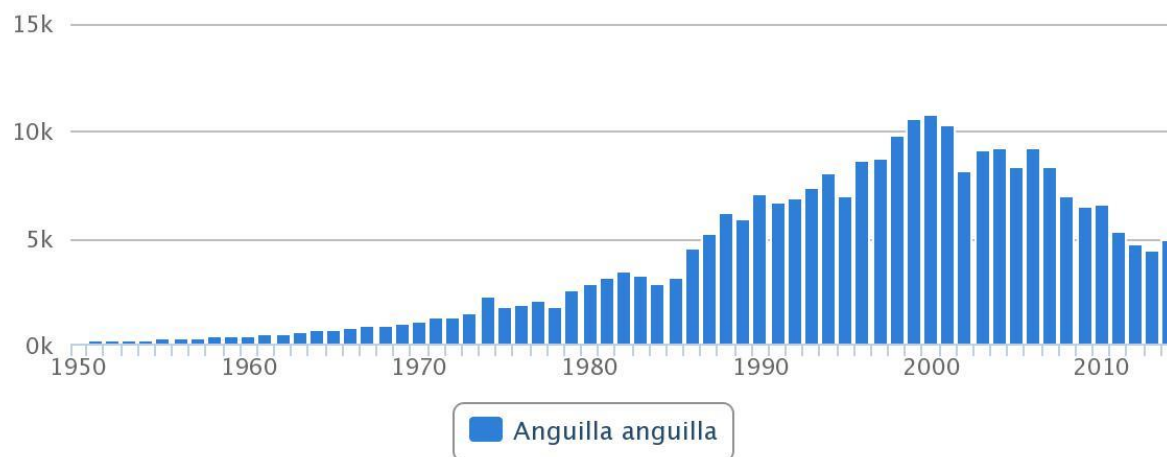


Figura 7 - Produção global de aquacultura para a enguia-europeia, *Anguilla anguilla*, em toneladas, 2014 (Fonte: FAO FishStat, 2004)

A enguia-europeia é uma espécie significativamente produzida, no entanto, existem algumas contradições relativamente a esta produção. Uma delas é o facto de todo stock dos juvenis ter de ser obtido através da captura de juvenis selvagens, dado que o ciclo de vida desta espécie ainda não se encontra fechado em cativeiro (Butts *et al.*, 2015)

Do ponto de vista ecológico, a falta de autossustentabilidade na produção desta espécie, devido a ainda não ter o ciclo de vida fechado, torna a disponibilidade deste recurso um fator bastante limitante para a produção desta espécie (Figura 7). Como consequência desta limitação, o preço das enguias-de-vidro selvagens é especialmente elevado.

Os fatores que influenciam a salubridade dos organismos produzidos em aquacultura são inúmeros e para que a condição das enguias se mantenha saudável, existem alguns parâmetros que devem ser controlados a fim de evitar o aumento da suscetibilidade a possíveis infecções.

Além de toda a complexidade adjacente à produção de enguias, devido ao elevado custo, esta espécie, tal como todas as outras, encontra-se suscetível a numerosos agentes patogénicos, tais como, parasitas, fungos, vírus e bactérias, no entanto apenas alguns podem levar a surtos podendo provocar elevadas taxas de mortalidade.

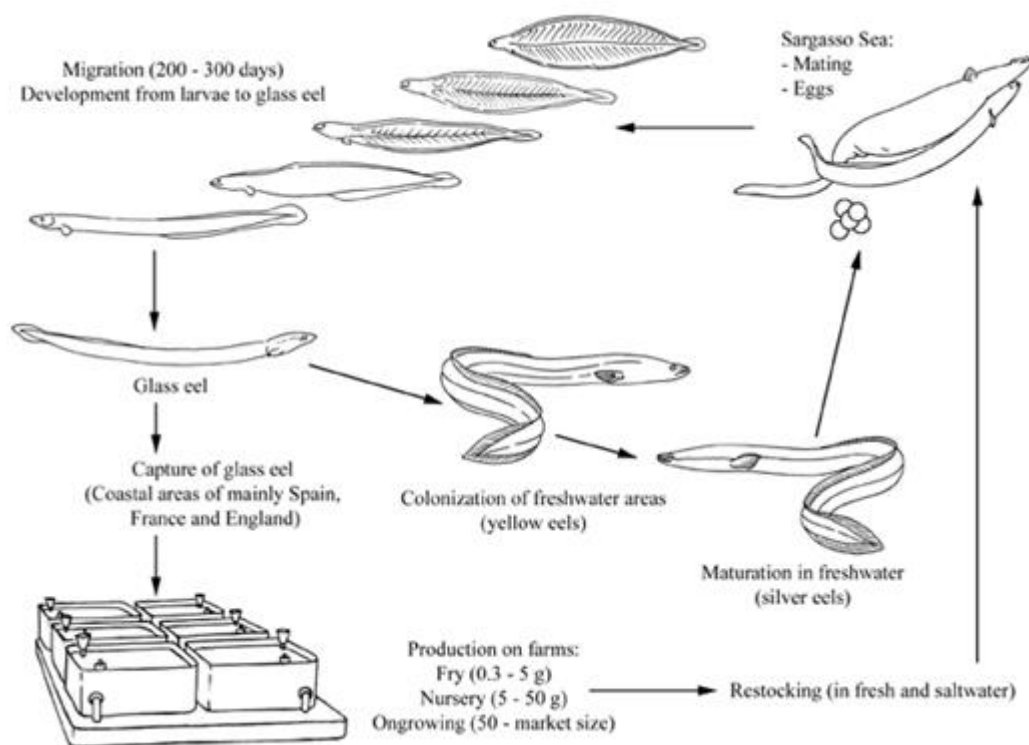


Figura 8 – Ciclo de produção da enguia-europeia, *Anguilla anguilla* (Fonte: FAO, 2004)

Os agentes patogénicos que podem infetar a enguia são diversos, no entanto, existem alguns mais preocupantes, tais como, os parasitas *Pseudodactylogyrus anguilla*, *Anguillicoloides crassus* e *Ichthyophthirius multifiliis*, as bactérias *Aeromonas hydrophila* e *Vibrio anguillarum*, o fungo *Dermocystidium anguilla* e ainda o vírus, tal como, *Herpesvirus anguilla* (HVA) (Jakob ,2009).

Para a produção de enguias, a gama ideal de temperaturas varia entre os 23 e os 28°C. Oscilações de temperatura que variem fora deste intervalo, além de incitarem o aparecimento de agentes patogénicos, provocam uma redução na alimentação e consequentemente nas taxas de crescimento.

Em circunstâncias normais, em que todos os parâmetros se encontram dentro da gama ideal, o ciclo de produção da enguia, varia entre os 12 e os 18 meses, até atingir o tamanho comercial.

5. Biologia da espécie

A enguia-europeia, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), é uma espécie migradora catádroma, cujo ciclo de vida é considerado bastante peculiar (Pannetier *et al.*, 2016), encontrando-se dividido em duas fases distintas, uma oceânica e outra continental (Monteiro, 2015).

Esta espécie, *Anguilla anguilla*, pertence à ordem ANGUILIFORME e à família ANGUILLIDAE (Bouilliart *et al.*, 2015). A enguia-europeia é uma espécie teleóstea e caracteriza-se pelo corpo alongado em forma de cobra, distribuindo-se ao longo de toda a Europa, África do Norte e Islândia (Nielsen & Prouzet, 2008).

A reprodução desta espécie ocorre no mar dos Sargaços, sob influência de diferentes fenómenos, após uma migração de cerca de 6000 km (Rodríguez-Díaz & Gómez-Gesteira, 2017), que se pensa demorar cerca de 6 a 7 meses (Pérez *et al.*, 2011).

Após a eclosão, as larvas, leptocéfalos, iniciam uma deriva oceânica, sendo conduzidas pelas correntes do Golfo e do Atlântico Norte durante cerca de 12 meses em direção as plataformas continentais europeias e do norte de África. Durante esta migração, a enguia europeia alimenta-se das suas reservas vitelinas.

No momento em que alcançam as bacias hidrográficas, os leptocéfalos sofrem a sua primeira metamorfose, transformando-se em enguias de vidro ou também vulgarmente denominadas por meixão ou angulas.

O meixão é comumente designado de enguia-de-vidro devido à falta de pigmentação ao longo de todo o seu corpo. Esta despigmentação irá permanecer até que as enguias ingiram o seu primeiro alimento exógeno.

No momento em que se inicia sua fase continental do seu ciclo de vida, as enguias de vidro possuem um conjunto de características fisiológicas e morfológicas que lhes permite colonizar diferentes tipos de sistemas aquáticos, tais como, costeiros, estuarinos

ou dulçaquícolas. É também após iniciarem esta deriva continental que, finalmente, se alimentam do primeiro alimento exógeno.

À medida que vão subindo pelos leitos dos cursos de água, as enguias vão continuando a adquirir características fisiológicas que lhes vão permitindo progredir para águas cada vez mais interiores até encontrarem o ambiente adequado para o seu desenvolvimento, passando a designar-se por enguia amarela.

A fase da enguia amarela corresponde á fase de maior crescimento representando o período mais duradouro do ciclo de vida desta espécie que se prolonga até à diferenciação das gónadas, período esse que pode oscilar entre os 4-20 anos (Mordenti *et al.*, 2013) e é, sobretudo, influenciado pela área geográfica.

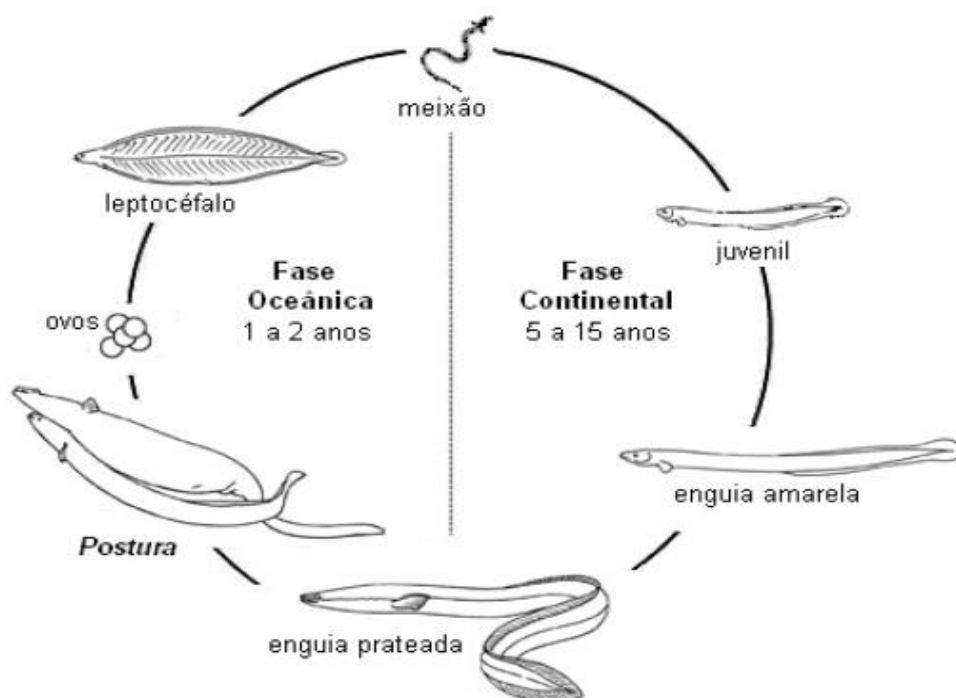


Figura 9 – Ciclo de vida da enguia-europeia, *Anguilla anguilla*. (Fonte: Domingos, 2010)

Ao fim deste período de crescimento, as enguias voltam a passar por uma metamorfose, tornando a sofrer transformações fisiológicas e morfológicas - prateação - deixando de se chamar enguias amarelas e passando a ser designadas por enguias prateadas. Este processo ocorre no início da maturação sexual e neste momento as enguias encetam a migração em direção ao Mar dos Sargaços, onde se pensa que após a desova acabem por morrer (Ginneken & Maes, 2006).

II. Estágio na FindFresh, S.A.

1. A Empresa

A FindFresh, S.A., é a primeira empresa de aquacultura em Portugal destinada à produção intensiva de enguias, nomeadamente, enguia europeia, *Anguilla anguilla*, em sistema de recirculação de água (RAS) direcionada para a fase de engorda.

Esta empresa foi fundada em 2016 e localiza-se no centro de Portugal, mais propriamente, na freguesia de Bom Sucesso, (40.277944, -8.784433), concelho da Figueira da Foz e tem como objetivo uma produção anual máxima de 500 toneladas.



Figura 10 – Vista aérea da empresa FindFresh, S.A. (Fonte: Empresa).

Esta empresa surgiu a partir de um projeto com bastante potencial e que, em parte, ambiciona inovar a produção nacional em aquacultura. O principal objetivo da FindFresh, S.A. passa por colmatar as necessidades nutricionais que se fazem sentir, tanto a nível do mercado nacional como internacional.

Desde 2001, tem-se verificado um aumento da importação e, dado, o paralelo, aumento da legislação relativamente à atividade piscatória devido à sobre-exploração que se faz sentir cada vez mais sobre este recurso, o declínio dos stocks selvagens da enguia-europeia tem vindo a intensificar-se substancialmente (FindFresh, S.A., 2008). A FindFresh, S.A. surge como uma alternativa, sustentável, a esta carência.

2. Objetivos

O principal objetivo do estágio curricular consistiu, fundamentalmente, em ganhar experiência teórica e prática na área da aquacultura.

3. Estrutura da empresa

A área de produção da empresa encontra-se dividida em 4 módulos distintos, nomeadamente, módulo das enguias de vidro (GE), módulo de pré-crescimento (PGO), módulo de crescimento (GO) e módulo de depuração (PU). Esta divisão está inteiramente relacionada com as diferentes fases do ciclo de produção. Desta forma, sempre que há receção de um novo lote de juvenis de enguia, estes são colocados no módulo de produção designado de enguias de vidro (GE), que funciona como uma quarentena. Ao fim de alguns meses e após atingirem um determinado peso (entre 5 a 10g), os peixes são classificados e transferidos para a unidade seguinte, área do pré-crescimento (PGO) onde permanecem até atingirem cerca de 30g. Posteriormente são transferidos para a unidade de crescimento (GO) onde irão permanecer até atingirem o tamanho de comercialização, que pode oscilar consoante o mercado que se pretenda atingir.

Após o peixe atingir o tamanho estipulado para a sua comercialização é transferido para a área de depuração ou de jejum, designada de *purging* (PU) onde permanece cerca de 2-3 dias antes da expedição de modo a reduzir o *off-flavour* associado à produção.

3.1. Módulo de enguias de vidro (GE)

A área de produção designada de enguias de vidro destina-se à fase inicial do ciclo de produção e funciona como uma quarentena.

As enguias de vidro chegam à piscicultura com cerca de 0,3g de peso médio e permanecem nesta área até atingirem proximamente 5 a 10g de peso médio, momento em que são transferidas para o módulo do pré-crescimento.

Esta secção é constituída por 6 unidades (GE1, GE2, GE3, GE4, GE5 e GE6) sendo que cada uma delas é composta por 8 tanques de fibra de vidro com dimensões de 2,2m x 2,2m, um volume de 2,8m³ e uma área de superfície de 4,4m² (Figura 11).

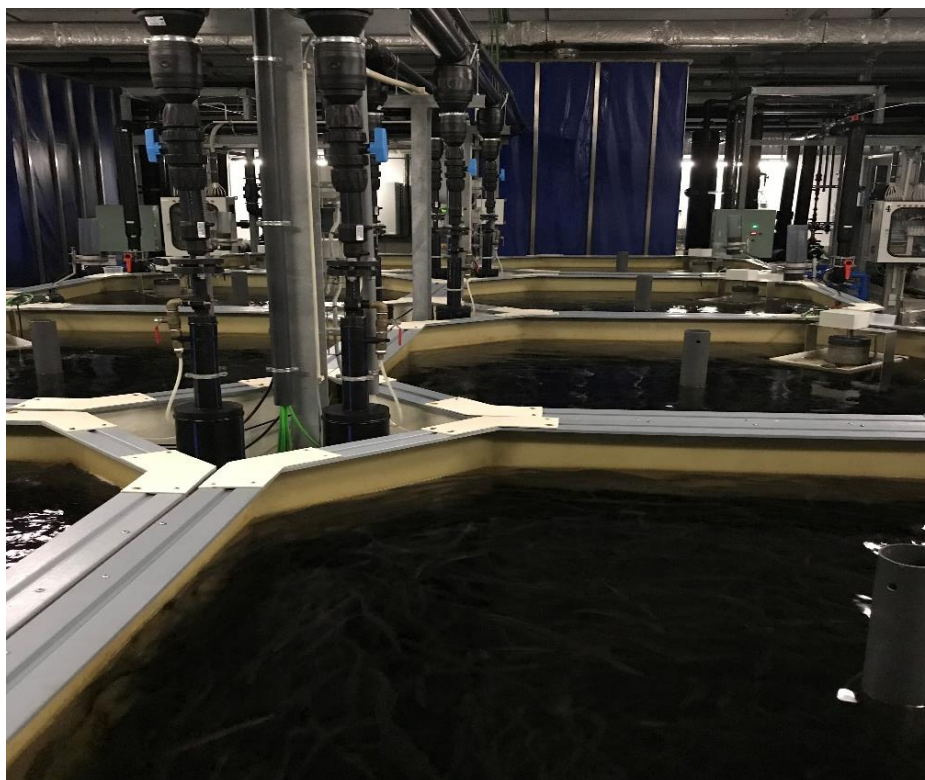


Figura 11 - Módulo de enguias-de-vidro (GE) (Fonte: Empresa).

As enguias, em qualquer uma das fases do seu ciclo de produção, são peixes que apresentam comportamento bentónico nos momentos em que se encontram menos ativos ou até mesmo em repouso. Por esta razão, a área de superfície dos tanques, desempenha um papel muito mais importante que o volume dos mesmos. Desta forma, se as enguias não tiverem uma área de superfície adequada à densidade máxima de cada tanque, ao estratificarem o fundo irão dispor-se em várias camadas que ficarão sobrepostas umas às outras, criando zonas hipóxicas.

As unidades pertencentes ao módulo de enguias de vidro são uma das áreas mais sensíveis e delicadas da empresa. Desta forma, é imprescindível que existam determinados cuidados e particular atenção com as enguias de vidro, pois, para além de serem frágeis e se encontrarem expostas a elevados níveis de stress provocados pelo manuseamento e transporte, todos os juvenis de enguia produzidos em aquacultura são de proveniência selvagem (Butts *et al.*, 2014), de forma que, podem transportar consigo diversos agentes patogénicos, o que pode levar a elevadas taxas de mortalidade.

Estes fatores exigem que exista uma acrescida atenção e cuidado visual, não só pelas razões mencionadas acima, mas também pelo facto de que se os primeiros sinais clínicos

externos forem detetados atempadamente é possível evitar o aumento das taxas de mortalidade como também evitar o desperdício de inúmeros recursos, a contaminação e a deterioração da água.

No módulo de enguias de vidro, a primeira alimentação exógena que é fornecida ao meixão (enguia de vidro) é ova de bacalhau (EFSA, 2008). Para facilitar o fornecimento deste alimento e evitar que este circule livremente pelo tanque, existe em cada tanque um flutuador que serve precisamente para colocar a ova, e mais tarde, esse mesmo flutuador irá funcionar como uma área de descanso.

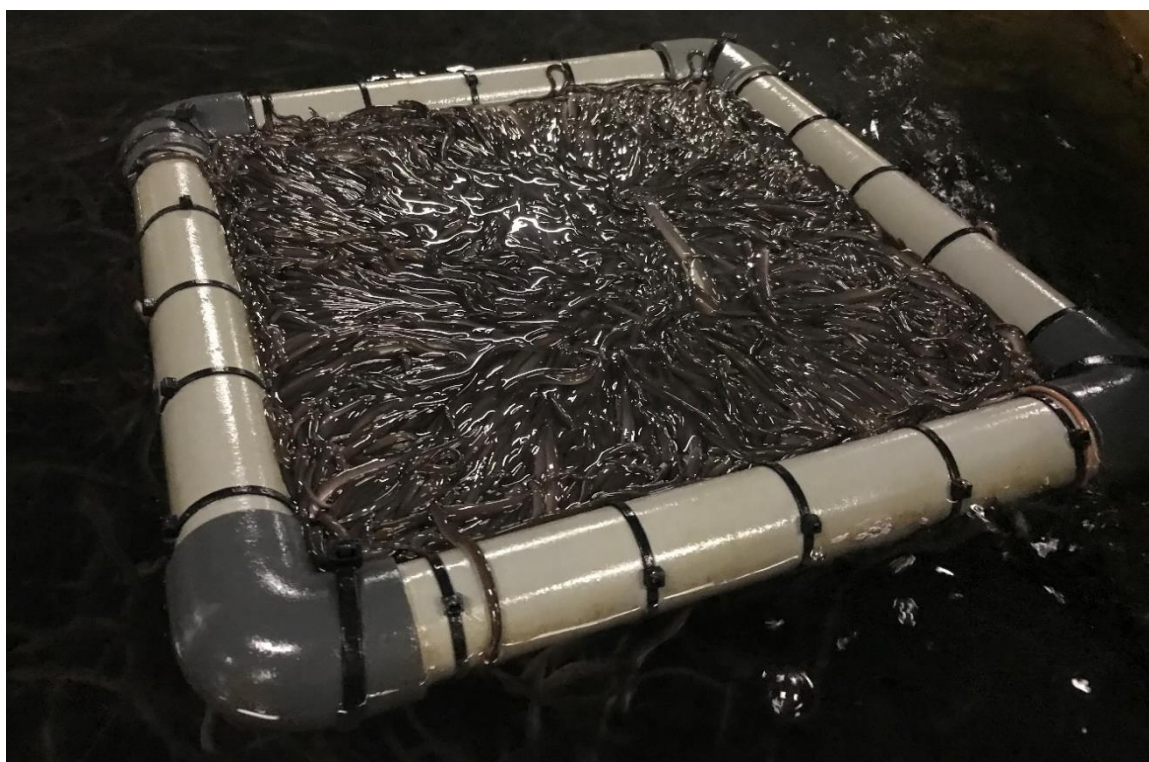


Figura 12 – Flutuador para alimentação e posteriormente para área de repouso (Fonte: Empresa)

Mais tarde, ao fim de sensivelmente, 2 semanas e após todas as enguias adquirirem pigmentação, começa a ser feito o desmame com a adição de alimento inerte à ova de bacalhau. No fim do período de desmame, a alimentação passa a ser feita exclusivamente com alimento inerte, e é fornecida através de alimentadores automáticos que se encontram programados para ligar e desligar a determinada hora, de forma a otimizar o processo de alimentação e de forma a evitar gastos desnecessários de ração.

Particularmente nesta área de produção, a adição de sal é um procedimento regular agindo como um desparasitante, o qual atua sobretudo a nível da pele e das brânquias promovendo assim o controlo de ectoparasitas. O nível de salinidade recomendado é de 5g/L de água.

As unidades que constituem este módulo são exatamente iguais entre elas e todas possuem um sistema de filtração de água independente, o que permite que o tratamento da água possa ser efetuado individualmente. Desta forma, é possível a receção de vários lotes de juvenis em simultâneo, sem que exista qualquer interação entre eles, evitando assim a possível disseminação de patologias e promovendo a biossegurança.

A filtração da água desta área é composta por um filtro mecânico, nomeadamente um filtro de tambor, um filtro biológico, do tipo *Trickle filter*, que consiste num filtro de chuveiro, por um filtro químico composto pela adição de ozono e por fim, por radiação UV.

A malha utilizada no filtro de tambor é de 40 μ m e tem o propósito específico de remover os ovos de parasitas, os quais têm dimensões superiores, impedindo que se disseminem para a água utilizada para o cultivo da espécie.

Na saída de água dos tanques, existe uma *brush machine* (Figura 13) que contem um pré-filtro com uma malha apropriada ao tamanho das enguias presentes nos tanques. Este pré-filtro permite que a maioria dos sedimentos que se encontram depositados no fundo, tais como, matéria orgânica saiam do tanque, impedindo apenas a saída de sedimentos de maiores dimensões, como por exemplo, enguias mortas. A função da *brush machine* (Figura 13) é evitar que a malha colmate, encontrando-se ativa 24h por dia.

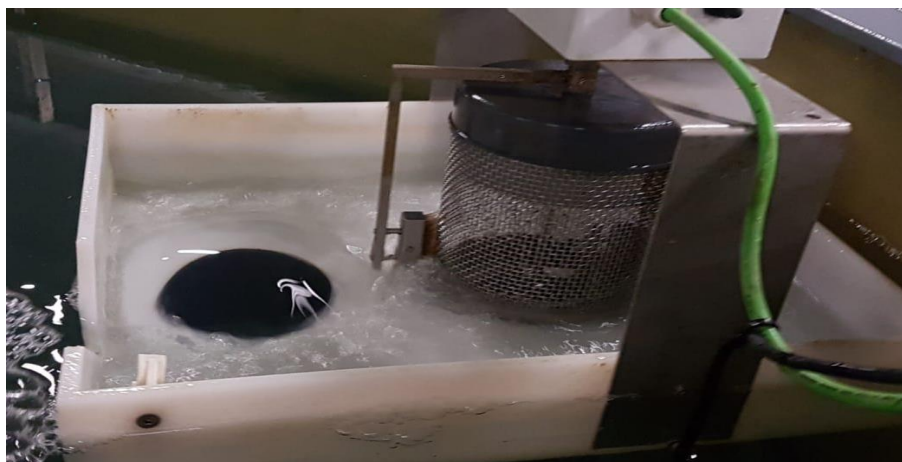


Figura 13 - Sistema de saída de água do tanque com auxílio de uma brush machine. (Fonte: Empresa)

3.2. Módulo pré-crescimento (PGO)

Com aproximadamente 10g de peso médio os juvenis são transferidos para esta área de pré-crescimento, local onde irão permanecer até atingirem sensivelmente 30g de peso médio.

Nesta fase a alimentação, passa a ser efetuada através de um alimentador com um pêndulo, alimentação por demanda, permitindo que as enguias se alimentem sempre que sentirem necessidade.

Este módulo é composto por 21 tanques de fibra de vidro com dimensões de 3,4m x 3,4m, um volume de 10,9m³ e uma área de superfície de 10,4m².

O sistema de filtração da área de pré-crescimento é único para a tratar a água utilizada nos 21 tanques, pelo que as dimensões são significativamente maiores quando comparado com os sistemas de filtração do módulo de enguias de vidro. Nesta área, a filtração mecânica é feita através de dois filtros de tapete, sendo que ambos possuem, à semelhança dos filtros de tambor na unidade enguias de vidro, uma malha de 40 micra para impedir a passagem dos ovos de parasitas. O filtro biológico é constituído por discos, Pi3, com ação semelhante às bio-bolas.

No módulo da pré-engorda, a entrada de água nos tanques não é feita exatamente toda da mesma forma. Alguns dos tanques desta unidade possuem um sistema de entrada de água diferente que consiste num tubo com vários furos que irá provocar um fluxo laminar ao invés de um fluxo turbulento. A necessidade de alterar a forma como é realizada a entrada da água nos tanques passa, essencialmente, por otimizar a limpeza dos mesmos e por homogeneizar a dissolução do oxigénio (O₂) de forma mais eficiente.

3.3. Módulo de crescimento (GO)

O módulo de crescimento corresponde à última área de produção da empresa que se destina ao crescimento da enguia.

A transferência do módulo de pré-crescimento para o módulo de crescimento ocorre quando as enguias atingem cerca de 30g de peso médio. Após esta mudança, as enguias irão permanecer nesta zona de produção até atingirem o tamanho comercial, 150g, ou o pretendido pelo comprador, variando consoante o mercado que se pretenda abastecer.

O módulo de crescimento está dividido em duas unidades, nomeadamente, o GO1 e o GO2. Cada uma destas unidades é composta por 21 tanques, ou seja, um total de 42 tanques com dimensões de 5,8m x 5,8m com uma área de superfície de 30m².

À semelhança do módulo anterior, a alimentação do módulo de crescimento é realizada através de um pêndulo, alimentação por demanda, permitindo que as enguias se alimentem quando necessitem.

Quanto à filtração da água, existem duas divisões exatamente iguais à unidade de filtração do módulo anterior, mudando apenas a quantidade e dimensão dos equipamentos. A filtração mecânica é assegurada por 3 filtros de tapete destinados à remoção da matéria sólida, a biológica através de material filtrante igual do módulo de pré-crescimento e é ainda utilizado ozono para desinfecção da água e destruição por oxidação de possíveis agentes patogénicos.

4. Sistema de Recirculação de Água (RAS)

Ao longo dos últimos anos, a rápida expansão e a intensificação da produção aquícola têm vindo a despertar uma preocupação acrescida no que diz respeito às considerações ambientais (Zhang *et al.*, 2011). Como consequência, o desenvolvimento de práticas aquícolas mais sustentáveis e eficientes passou a ser uma necessidade.

No final da década de 80, surgem os sistemas de recirculação de água (RAS) em aquacultura de forma a minimizar e, eventualmente, colmatar as dificuldades mais óbvias que se faziam sentir até então, tais como, a destruição de ecossistemas aquáticos, diminuição da biodiversidade local (Zhang *et al.*, 2011), propagação de doenças (Thien *et al.*, 2009) e poluição dos cursos de água superficiais e subterrâneos provocada pela descarga de efluentes não tratados (Rijn, 2013).

Em aquacultura, a energia e a água são dois dos recursos que mais necessitam de uma correta gestão, considerando que são a linha base para o desenvolvimento desta indústria.

A recirculação de água em aquacultura consiste, fundamentalmente, na reutilização da água de produção.

Devido à complexidade do sistema, a técnica baseia-se na utilização de filtros mecânicos, químicos, biológicos, podendo ainda incluir tratamento com radiação ultravioleta (UV). A filtração mecânica consiste na remoção de resíduos sólidos e por norma são utilizados filtros de tambor, areia, entre outros. A filtração química é realizada para que se possa purificar a água, por exemplo, através da utilização de ozono (O₃), entre outros. Por fim, existe a filtração biológica para que se possa realizar o ciclo de nitrificação da água, diminuindo a carga orgânica do sistema.

As vantagens do uso de sistemas de recirculação de água (RAS) em aquacultura são inúmeras. Uma das principais vantagens é o maior controlo que existe relativamente a agentes patogénicos, permitindo que a sua incidência seja significativamente menor, outra é o controlo rigoroso da temperatura da água, permitindo produzir peixe o ano inteiro com a máxima performance, o que não se verifica em sistemas abertos.

A utilização destes sistemas possibilita, além do controlo quase total do ambiente interno da unidade de produção a nível de parâmetros da água, como também influencia substancialmente a qualidade da água (Zhang *et al.*, 2011; Mota *et al.*, 2015). Além destas vantagens, a quantidade de água necessária para renovações é relativamente baixa, uma vez que apenas existem perdas por evaporação e limpeza, possibilitando a reutilização de cerca de 80% da água de cultivo. Este fator possibilita a implementação de sistemas RAS mesmo em locais onde o abastecimento de água é reduzido.

Todos estes aspetos, traduzem-se num aumento da eficiência de utilização de alimento, assim como numa otimização dos restantes recursos envolvidos na produção de peixe, cujas condições de cultivo não dependam do meio ambiente.

Devido à sustentabilidade destes sistemas, torna-se cada vez mais comum a sua utilização.

O abastecimento de água da empresa é feito através de 2 furos de captação de água que se encontram a 180m de profundidade. Toda a água passa por uma série de processos antes de entrar na área de produção. Os tratamentos a que a água é submetida são diversos. Inicialmente é injetada, na água captada, uma pequena quantidade de hipoclorito de sódio que irá auxiliar no processo de desferrização que se segue. Seguindo para os filtros de desferrização, o ferro presente na água será oxidado originando um precipitado, de seguida, segue para dois reservatórios com cerca de 800m³ cada um, seguindo para os filtros de areia que irão reter os sólidos em suspensão e o precipitado que se formou no processo anterior. Após este processo a água é armazenada num *buffer*, um mini reservatório e imediatamente antes de entrar dentro das instalações passa pelo tratamento com radiação ultravioleta (UV).



*Figura 14 – Área de tratamento da água (RAS) de cultivo do módulo de pré-crescimento
(Fonte: Empresa).*

5. Rotinas diárias

5.1. Recolha e registo de mortos

A recolha dos mortos é uma das rotinas diárias realizadas com maior importância. Contempla a primeira rotina da manhã, onde se efetua uma ronda a todos os tanques, com a remoção dos indivíduos mortos, contabilização e registo.

A contabilização da mortalidade é uma rotina bi-diária, ao início e ao final do mesmo, no entanto, é necessário de meia em meia hora efetuar uma vistoria a todos os tanques para que, caso existam, peixes mortos ou com algum sinal anormal estes sejam retirados imediatamente do tanque.

Após a morte, é essencial diminuir o tempo de permanência dos indivíduos mortos na água, a fim de evitar que o risco de contaminação aumente. Caso contrário, o risco do desenvolvimento de agentes patogénicos oportunistas aumenta substancialmente.

Ao longo da realização desta rotina, faz-se também uma observação ao nível de água em cada tanque assim como do fluxo de água de forma a garantir uma correta oxigenação.

5.2. Monitorização dos parâmetros da água

A qualidade da água, para qualquer fim, é de extrema importância, visto que é um dos suportes de existência de vida.

A monitorização dos parâmetros de qualidade da água desempenha um papel fulcral em sistemas aquáticos. Em sistemas de recirculação de água (RAS), esta monitorização, requer um cuidado ainda mais restrito, não só pela salubridade do sistema de produção como também pelos efluentes que são descartados (Spiliotopoulou *et al.*, 2018).

Fatores como, remoção inadequada de substâncias particuladas, aumento da concentração de amónia (NH_4^+) ou nitritos (NO_2^-) devido a uma nitrificação insuficiente e uma diminuição dos níveis de O_2 , entre outros, prejudicam o bem-estar e debilitam potencialmente a performance dos peixes. Tais condições, além de promoverem uma diminuição do consumo de ração e conseqüentemente uma diminuição das taxas de crescimento, levam ainda a uma diminuição da capacidade de resistência a possíveis infeções e em casos mais extremos, podem mesmo conduzir a aumentos súbitos de mortalidade (Spiliotopoulou *et al.*, 2018).

Para um controlo rigoroso, na FindFresh, S.A., são realizadas diariamente análises aos diferentes produtos resultantes do ciclo do azoto, nomeadamente, à amónia, aos nitritos e aos nitratos (Figura 15). Sendo o principal produto de excreção que resulta do catabolismo das proteínas e também da decomposição das proteínas presentes nos restos de alimentos e fezes, a amónia é altamente tóxica para os peixes, tendo de ser, idealmente, eliminada na mesma proporção em que é produzida. Para que esta possa ser eliminada é necessário garantir a eficácia e eficiência do biofiltro. A amónia será utilizada como fonte de energia pela ação das bactérias nitrificantes, sendo oxidada ao longo do processo formando nitritos como subproduto (Pedersen *et al.*, 2012). Contudo, os nitritos, tal como a amónia, representam um perigo para a saúde dos peixes, sendo necessário eliminá-los do sistema através de outra nitrificação, fazendo os nitritos passarem a nitratos, minimizando o problema uma vez que os peixes suportam concentrações mais elevadas deste composto.

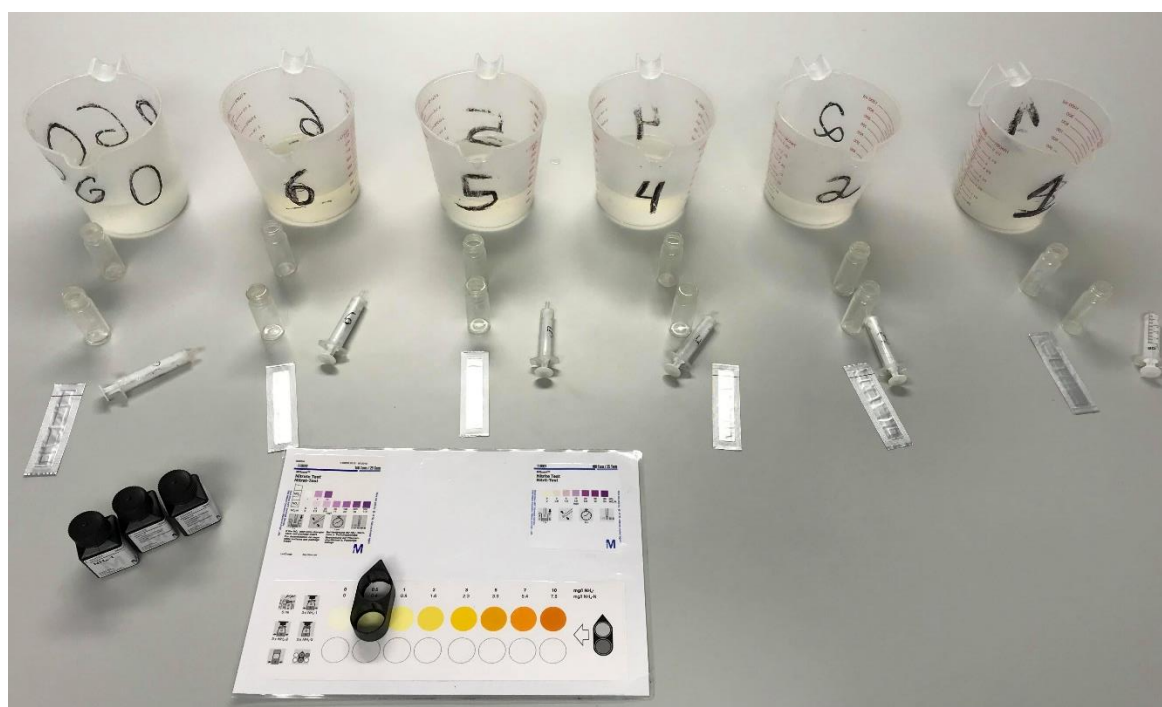


Figura 15 – Testes rápidos à amônia, nitritos e nitratos (Fonte: Empresa).

Para uma monitorização mais meticulosa, cada tanque possui uma sonda de O_2 e temperatura, enquanto cada *sump* possui uma sonda de pH e temperatura e uma sonda redox.

As sondas redox servem para controlar a quantidade de ozono, O_3 , através da medição da oxidação-redução. Contudo, não dispensa a análise diária aos valores de O_3 , pois uma subida significativa na quantidade de O_3 presente na água deixa de trazer benefícios, como eficácia na eliminação de agentes patogénicos, oxidação de moléculas complexas a moléculas mais pequenas e até na cor e turbidez da água (Good *et al.*, 2011)

Além destas, a empresa dispõe ainda de uma sonda portátil multi-paramétrica sendo possível medir salinidade, pH, temperatura e O_2 dissolvido.

A temperatura da água, além de todos os parâmetros já mencionados acima, também desempenha um papel bastante importante, uma vez que os peixes são ectotérmicos, ou seja, regulam a sua temperatura corporal em função da temperatura da água onde se encontram (Zhang *et al.*, 2011). Assim sendo, quase todas as atividades fisiológicas se encontram intimamente relacionadas com a temperatura, dado que à medida que esta aumenta, o metabolismo dos peixes aumenta também, influenciando o seu crescimento, movimento e alimentação, entre outros (Fivelstad, 2013).

A oscilação da temperatura da água pode ainda influenciar na qualidade da mesma, dado que essa variação vai alterar parâmetros como o pH, a solubilidade de gases na água, nomeadamente, dióxido de carbono, CO₂ e O₂, entre outros.

Em sistemas de recirculação de água (RAS), com injeção de O₂ puro e uma taxa de renovação de água reduzida, a concentração de CO₂ que é libertado durante o processo de respiração e na filtração biológica tende a acumular-se com maior facilidade do que aquela com que se elimina. Paralelamente a isto, o aumento da densidade do stock por m³ obriga a que o nível de O₂ injetado seja superior, o que conseqüentemente irá aumentar os níveis de dióxido de carbono.

Na FindFresh, S.A., além de todos os equipamentos referenciados acima, existe ainda uma sonda para a medição de CO₂ dada a sua influência na qualidade da água e salubridade do peixe. A exposição crónica a concentrações de CO₂ está associada a um crescimento e um fator de condição reduzido e também a nefrocalcinose (Good *et al.*, 2010).

Níveis de CO₂ elevados afetam diretamente a performance do peixe, assim como, o nível do pH (Good *et al.*, 2010), entre outros parâmetros físico-químicos. O aumento da concentração de CO₂ resulta num aumento da concentração do ião hidrogénio (H⁺) na água. O aumento da concentração de H⁺ leva à diminuição do pH.

Prevenir e evitar oscilações abruptas ao nível do pH é crucial para o controlo de fatores como a solubilização de metais pesados, como por exemplo, o alumínio, dado que tem um efeito tóxico sobre o peixe. Em aquacultura, o nível de pH recomendado varia entre os 6.5 e os 9 para a maioria das espécies, no entanto as enguias preferem um pH entre 5 e 6. Para que o pH se mantenha nesta gama de valor, e não baixe demasiado, visto existir tendência natural para a acidificação, a FindFresh, S.A., utiliza hidróxido de sódio, NaOH. Este processo é regulado através de uma bomba doseadora que injeta NaOH sempre que necessário até que se atinga a estabilidade de pH pretendida.

5.3. Alimentação

Na determinação do sucesso ou insucesso desta indústria, um dos parâmetros que mais impacto pode causar é, sem dúvida, a alimentação. A enguia-europeia, como todas as outras espécies, apresentam requisitos nutricionais específicos, de forma que, toda a alimentação que lhes é fornecida tem de cumprir determinados critérios.

A alimentação é uma rotina realizada duas vezes ao dia, de madrugada e ao final da tarde, independentemente, da fase do ciclo de produção em questão. Esta rotina é executada, sempre após a realização das análises à água, pois parâmetros como a amónia podem estar excepcionalmente elevados, não fazendo sentido alimentar antes de diminuir a concentração da mesma.

Inicialmente, as enguias de vidro são alimentadas com ova de bacalhau durante cerca de 2 semanas, momento este em que começam a adquirir a sua pigmentação corporal. Seguidamente, inicia-se o desmame com a adição de alimento inerte (alimento composto) ao alimento natural, sendo que o intervalo de tempo pode variar entre 2 a 3 semanas. Após o término do desmame do alimento natural para o alimento inerte, o peixe passa a ser alimentado exclusivamente com este último.

Ao longo de todo o ciclo de vida da enguia, os requisitos nutricionais variam, no entanto, em qualquer uma das diferentes fases deste ciclo, a linha de alimentação fornecida à enguia oscila dentro das seguintes exigências: níveis de proteína elevados, ácidos gordos, vitaminas, micronutrientes e perfis de aminoácidos equilibrados.

Uma alimentação adequada e correta constitui inúmeras vantagens para a produção. Maximizar e otimizar o desempenho e rentabilidade dos processos referentes à produção é crucial, para isto, fatores como taxas de crescimento elevadas, baixas taxas de conversão alimentar, excelente palatabilidade, elevadas taxas de sobrevivência

Ao longo das diferentes fases do seu ciclo de vida, na FindFresh, S.A., as enguias europeias são alimentadas com *pellets* de diferentes granulometrias, podendo esta gama de tamanhos variar de fornecedor para fornecedor, sendo que este aumento de tamanho acompanha sempre as alterações registadas a nível nutricional. A FindFresh, S.A. é abastecida por dois fornecedores distintos, a Biomar e a Skretting, variando a granulometria de acordo com a dimensão das enguias.

O tamanho do *pellet* ingerido inicialmente pelas enguias é de 0,5 mm, passando rapidamente para o de 0,8 mm. À medida que vão aumentando de peso, a sua anatomia corporal acompanha a mudança, permitindo atualizar o tamanho do *pellet* indicado para o peso e tamanho da boca em questão. Ao longo do processo, as enguias irão ingerir *pellets* de tamanhos variáveis, passando ainda pelos 1,0mm, 1,3mm, 1,8mm, 2,0mm e por fim, 3,0mm. A quantidade de alimento administrada é previamente calculada e adaptada de acordo com a densidade de stock em cada tanque, entre outros critérios, tais como, a taxa de conversão alimentar, a qual aumenta à medida que o peixe cresce.

Tabela I - Composição analítica da ração Skretting Perle Eel Proactive de acordo com as diferentes granulometrias fornecidas à enguia.

	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cinzas (%)	Fibras (%)	Total P (%)	Energia Digestível (MJ/Kg)
0.5 mm	56	21	11	0,5	1,4	20,3
0.7 mm	54	24	11	0,5	1,4	20,7
1.0 mm	53	22	11	0,5	1,5	20,9
1.3 mm	49	25	10	0,3	1,5	21,1
1.8 mm	47	26	10	0,4	1,4	21,2
2.0 mm	48	28	7.2	0,5	1	22,0

Tabela II - Composição analítica da ração Biomar DAN-EX de acordo com as diferentes granulometrias fornecidas à enguia.

	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cinzas (%)	Fibras (%)	Total P (%)	Energia Digestível (MJ/Kg)
0.5 mm	56	17	11,2	0,1	1,4	19,2
0.8 mm	52	23	10,6	0,1	1,4	20,1
1.1 mm	50	26	10,1	0,3	1,3	20,8
1.3 mm	50	26	10,1	0,3	1,3	20,8
1.5 mm	48	26	10,6	0,4	1,4	20,7
2.0 mm	48	27	10,6	0,2	1,4	21,1

5.4. Calibração de peixe

A variabilidade de tamanhos é comum entre muitas espécies de peixes da mesma idade. Esta heterogeneidade no crescimento dos peixes pode ser induzida por fatores ambientais ou genéticos (Hirt-Chabbert, *et al.*, 2014).

A calibração de peixe é realizada para mitigar essa diferença que se verifica ao longo do ciclo de produto de inúmeras espécies (Hirt-Chabbert *et al.*, 2014).

A calibração ou triagem é realizada a fim de separar e seguidamente agrupar os peixes por diferentes tamanhos e/ou pesos. Esta prática é muito comum em aquacultura uma vez que esta discrepância que se verifica relativamente ao crescimento dos peixes dentro do

mesmo tanque representa uma grande falha, a longo prazo, para os produtores (Kelly & Heikes, 2013).

A realização desta prática além de otimizar a produção das espécies, fazendo com que a variabilidade dos tamanhos diminua, o que melhora a eficiência de conversão alimentar (Kelly & Heikes, 2013).

Numa piscicultura, esta prática, quando executada com a devida regularidade e aliada a amostragens periódicas permite ainda um controle mais rigoroso quanto à biomassa presente, uma vez que permite saber o peso médio e o peso total de cada tanque.

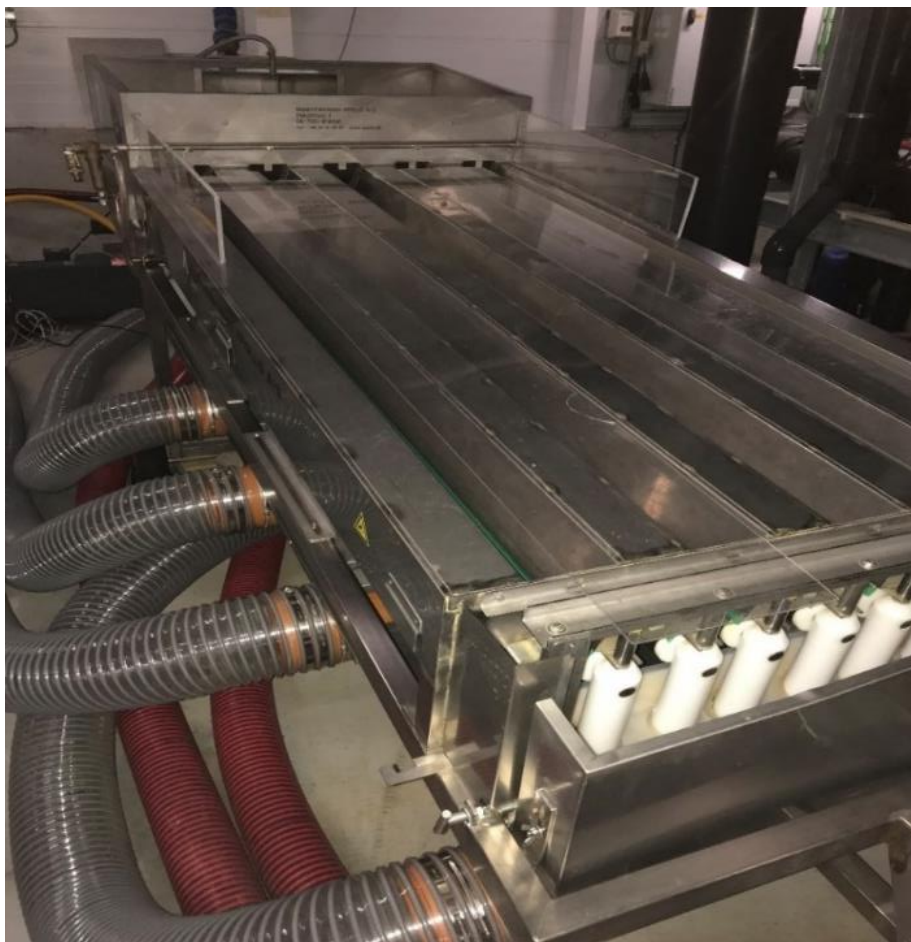


Figura 16 – Máquina para calibração de enguias (Fonte: Empresa)

Entre as muitas espécies de peixes cultivadas, as enguias caracterizam-se por terem uma das maiores variações nas taxas de crescimento individuais. Estudos indicam que, nas enguias, o desenvolvimento de hierarquias e comportamentos agressivos dentro de indivíduos do mesmo tanque são um fator bem estabelecido (Hirt-Chabbert *et al.*, 2014).

Nas enguias, estudos apontam para efeitos benéficos quanto à classificação de indivíduos mais pequenos. Ao minimizar-se o stress imposto pelos indivíduos maiores, verifica-se uma diminuição no canibalismo e espera-se um maior consumo de ração por parte dos indivíduos mais pequenos que conseqüentemente irá resultar numa maior taxa de crescimento e produção total de biomassa (Hirt-Chabbert *et al.*, 2014).

Na FindFresh, S.A., as triagens são realizadas de 5 em 5 semanas, como o auxílio de uma máquina desenhada especialmente para a classificação de enguias (Figura 16). As amostragens são feitas em simultâneo com a triagem e consistem em pesar, no mínimo, 4 vezes, 50 indivíduos selecionados aleatoriamente e anotar o respetivo peso. Esta combinação de processos é de extrema importância, uma vez que, todos os valores obtidos serão os utilizados para qualquer cálculo que seja necessário efetuar relativamente a cada tanque, seja para índices de crescimento, administração de ração, análises da mortalidade, etc.

5.5. Depuração e expedição

Todos os organismos produzidos em aquacultura contêm compostos orgânicos produzidos como metabólitos secundários pela microbiota, nomeadamente, a geosmina e o 2-metilisborneol, também designado por MIB (Schram *et al.*, 2017).

A presença destes compostos nos peixes provoca os *off-flavour*, ou seja, um sabor desagradável que é vulgarmente rejeitado por parte do consumidor. Esta característica indesejada, pode, por vezes, resultar em perdas económicas para os produtores (Schram *et al.*, 2016).

Na tentativa de se evitarem estas perdas, procede-se a uma depuração que consiste em colocar os peixes num tanque em que o sistema de água seja aberto onde se perdente o que peixe fique purificado (Schram *et al.*, 2016).

Na FindFresh, S.A., este é um processo regular e que se antecede a todas as expedições de peixe. Por norma, as enguias são mantidas no mínimo 48h e no máximo 72h em depuração em tanques com circulação aberta, para que todos os sabores característicos gerados ao longo do ciclo de produção possam diminuir a sua intensidade ou mesmo desaparecer.

III. Trabalho experimental

1. Introdução

1.1. Qualidade nutricional e organolética

Um dos aspetos mais significantes no mercado para o consumidor, relativamente ao pescado que é produzido em cativeiro, é a perceção que existe quanto à sua qualidade (Grigorakis, 2017).

Implícito à palavra qualidade do produto estão uma série de características, tais como, a sua disponibilidade, as suas propriedades sensoriais, a sua aparência, o seu preço e por último, mas não menos importante, a sua frescura (Grigorakis, 2017).

A frescura do pescado possui diversos parâmetros que irão determinar a condição do mesmo, como por exemplo, fatores físicos, níveis de energia, lípidos e proteínas, etc (Saavedra *et al.*, 2017). Todos estes princípios são severamente afetados pela composição química do pescado, que pode ser alterada através de fatores ambientais (temperatura, salinidade), características intrínsecas (espécie, idade, sexo) e nutrição (composição da dieta) (O'Neill *et al.*, 2015).

O conjunto de critérios mencionados acima, tanto a nível organolético como nutricional, encontram-se inteiramente relacionados com a condição do peixe e, conseqüentemente, com a forma como o consumidor irá aceitá-los (Grigorakis, 2017).

Existem inúmeros benefícios para os organismos cultivados em cativeiro associados à sua nutrição e alimentação. As dietas são não só benéficas para um crescimento adequado e uma maior capacidade de resposta por parte do sistema imunitário, como também conferem uma maior tolerância a fatores abióticos. Contudo, para que se verifiquem estes benefícios é essencial que exista a administração adequada e correta das dietas (Butts *et al.*, 2015) e que a mesma atenda a todos os requisitos nutricionais de cada espécie (Zhang *et al.*, 2018).

A administração de alimento que não preencha os requisitos nutricionais exigidos pela espécie, para além de comprometer todos os benefícios anteriormente descritos, vai aumentar a suscetibilidade a possíveis doenças infecciosas e poderá ainda incitar o aparecimento de sintomas externos, ou até mesmo provocar alterações comportamentais erráticas (Zhang *et al.*, 2018)

Nos últimos anos, a nutrição tem vindo a destacar-se com um desenvolvimento acrescido quanto à formulação de novas dietas que promovam a saúde dos peixes assim como um maior crescimento.

Dietas completas são compostas por todos os nutrientes essenciais, nomeadamente, proteínas, gorduras, hidratos de carbono, vitaminas e minerais, sendo que a quantidade de cada um destes nutrientes varia de espécie para espécie, podendo oscilar dentro de uma determinada gama de valores (Tabela III) e de acordo com a fase do ciclo de vida em questão.

Tabela III - Variação da % de cada nutriente constituinte das dietas fornecidas em aquacultura, adaptado de Kuhn, (2017).

<i>Nutriente</i>	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinzas (%)	Hidratos de Carbono (%)	Humidade (%)	Total P (%)
	18-50	10-25	<8.5	15-20	<10	<1,5

A proteína é um dos constituintes da ração com maior relevância (Abou Zied *et al.*, 2013). Além de ser o constituinte mais dispendioso, a proteína é um nutriente essencial que necessita de ser fornecido em quantidades suficientes de forma a assegurar processos vitais, tais como, a renovação celular (Sanz *et al.*, 2000).

As proteínas são formadas através de ligações entre aminoácidos e embora estes sejam inúmeros, apenas 20 são comuns, sendo que 10 deles são considerados aminoácidos essenciais e indispensáveis, uma vez que não podem ser sintetizados pelos peixes. Os aminoácidos com maior grau de importância, que devem de ser fornecidos através da alimentação são: metionina, arginina, treonina, triptofano, histidina, isoleucina, lisina, leucina, valina e fenilalanina (Forster, 2011).

Em comparação a outros animais aquáticos, a exigência de proteína relatada para a enguia japonesa, *Anguilla japonica*, e para a enguia europeia, *Anguilla anguilla* é relativamente alta, nomeadamente 44,5% para a enguia japonesa e entre 30% a 48% para a enguia europeia. No entanto, devido à falta de mais estudos relacionados com a nutrição da enguia europeia, *Anguilla anguilla*, os valores quantitativos referentes à exigência de aminoácidos para a enguia japonesa, *Anguilla japonica*, são vulgarmente utilizados para a formulação de ração da enguia europeia assim como da enguia americana, *Anguilla rostrata* (Tibbetts *et al.*, 2000)

Em peixes mais pequenos, os requerimentos de proteína são mais elevados com tendência a diminuir à medida que os peixes crescem e, por norma, em sistemas de recirculação de água, os requerimentos de proteína também são superiores em comparação com outros sistemas de produção. No entanto, fatores como a temperatura e qualidade da água assim como taxas de alimentação dos peixes e composição genética dos mesmos representa uma influência enorme na variação da necessidade deste nutriente (Craig, 2017).

Este nutriente, quando níveis de lípidos e hidratos de carbono se encontram presentes nas dietas na porção adequada é utilizado para o crescimento. Quando isto não se verifica, o preço da proteína encarece e esta pode deixar de ser utilizada para crescimento e passar a ser utilizada nos processos básicos do suporte de vida (Craig, 2017).

Desta forma, os lípidos desempenham outro papel bastante importante no que diz respeito à nutrição de organismos aquáticos (Sujatha *et al.*, 2013).

Os lípidos, também conhecidos como gorduras, são nutrientes de alta energia, sendo incorporados nas dietas com o intuito de se poupar na quantidade de proteína utilizada na formulação das mesmas. Estudos indicaram que a enguia americana, *Anguilla rostrata*, enguia japonesa, *Anguilla japonica*, e enguia europeia, *Anguilla anguilla*, utilizam eficientemente os lípidos como fonte de energia (Tibbetts *et al.*, 2000).

Ao longo dos últimos anos, as tendências que têm surgido, como por exemplo, o aumento do nível de lípidos utilizado nas dietas a fim de reduzirem os elevados custos da ração, especialmente da proteína, tem provocado um incremento de problemas, sobretudo ao nível da deposição excessiva de gordura no fígado que poderá resultar em impactos negativos tanto ao nível de saúde dos indivíduos como da qualidade dos mesmos (Craig, 2017).

Este nutriente representa cerca de 15% no total das dietas, no entanto, para as enguias, este valor é um pouco mais elevado e fornecem ainda ácidos gordos essenciais que representam um papel fulcral na saúde humana (Tocher, 2015).

Os lípidos do pescado são compostos por ácidos gordos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) e polinsaturados (PUFA), sendo que o perfil e a quantidade de cada ácido gordo no pescado tende a variar consideravelmente de espécie para espécie (Nunes *et al.*, 2011).

Os benefícios nutricionais do peixe devem-se em grande parte ao seu excelente perfil de ácidos gordos, particularmente os ácidos gordos polinsaturados para a saúde humana (Usydus *et al.*, 2011).

Ao longo dos últimos anos, a atenção tem-se focado na importância dos ácidos gordos polinsaturados, especialmente, nos ômega 3 (n-3), nomeadamente, no ácido eicosapentaenóico (20:5n-3, EPA) e no ácido docosahexaenóico (22:6n-3, DHA) (Usyudus *et al.*, 2011), pois, segundo inúmeros autores, a toma de suplementos que contenham 1g de EPA/DHA reduz o risco de morte por acidente cardiovascular em pessoas cuja incidência de problemas cardíacos seja elevada (Masood *et al.*, 2005) e ajudam ainda na prevenção de doenças (Sujatha *et al.*, 2013).

Os hidratos de carbono também designados como açúcares, são utilizados na formulação das dietas de forma a se reduzir o custo de produção das mesmas. Este nutriente apesar de ser o constituinte mais barato não é um dos mais essenciais (Hidalgo *et al.*, 1993).

Em organismos aquáticos, os hidratos de carbono são armazenados na forma de glicogénio e podem ser utilizados para satisfazer necessidades energéticas. No entanto, comparativamente com outros organismos aquáticos, os peixes possuem uma capacidade reduzida para realizar a extração de energia a partir dos hidratos de carbono, não usando de forma muito eficiente esta fonte de energia (Craig, 2017).

As vitaminas são outros dos nutrientes imprescindíveis na formulação das rações, uma vez que estes compostos orgânicos não são sintetizados pelos peixes, mas desempenham um papel importante no apoio ao crescimento e salubridade dos mesmos (Shahkar *et al.*, 2015).

As vitaminas encontram-se divididas em 2 grupos, podendo ser solúveis em água, hidrossolúveis, ou solúveis em gordura, lipossolúveis.

A vitamina B e C, entre outras, encontram-se incluídas no grupo das vitaminas hidrossolúveis e trazem vantagens para os indivíduos que as consomem não só devido ao seu potencial antioxidante, mas também porque melhoram o seu sistema imunológico (Shahkar *et al.*, 2015).

Quanto às vitaminas lipossolúveis, estas são representadas pela vitamina A, D e E, entre outras. Além dos benefícios aparentes devido à capacidade antioxidante fornecida pela vitamina E, esta e a vitamina A apresentam capacidade para reduzir o stress oxidativo dos animais (Shahkar *et al.*, 2017).

Quando quantidades inadequadas de vitaminas são administradas, o sintoma mais vulgar é o crescimento reduzido, no entanto, por exemplo, deficiência de ácido ascórbico e ácido fólico resultam em escoliose (Craig, 2017).

Outro dos nutrientes necessários na dieta são os minerais. Estes podem ser macro minerais, tais como, cálcio, sódio, cloreto, potássio, cloro, enxofre, fósforo e magnésio, ou micro minerais, nomeadamente, ferro, cobre, cromo, iodo, manganês, zinco e selênio (Craig, 2017).

Quanto aos macro minerais, estes desempenham funções, como por exemplo, regulação do equilíbrio osmótico e auxílio na formação e integridade óssea, e os micro minerais, em pequenas quantidades auxiliam os sistemas enzimáticos e hormonais (Craig, 2017).

2. Objetivos

Este estudo contempla a realização da análise bioquímica às enguias produzidas na FindFresh, S.A., assim como enguias selvagens e enguias provenientes de outra piscicultura, onde se pretende caracterizar o teor de proteína, de gordura total, de humidade, de cinzas, de hidratos de carbono e o perfil de ácidos gordos de cada um dos grupos.

Este estudo permite à FindFresh, S.A. compreender em que nível se enquadra o seu produto, comparativamente ao exemplo padrão, enguia selvagem e à concorrência de outra piscicultura.

3. Materiais e Métodos

3.1. Amostragem

As enguias utilizadas na execução deste estudo são provenientes de três origens distintas. Além das enguias provenientes da FindFresh, S.A., foram adquiridas enguias de outra aquacultura e do meio selvagem.

Para a realização do estudo, foram criados 2 grupos, nomeadamente o Grupo 1 que engloba os peixes de menores dimensões e o Grupo 2 que engloba os de maiores dimensões.

O Grupo 1 compreende as enguias proveniente da FindFresh, S.A. (n=17) designadas de Aqua C com $47,4 \pm 18,0$ g de peso médio e $29,9 \pm 3,5$ cm de comprimento médio e as enguias provenientes de outra aquacultura designadas de Aqua A (n=20) com $40,3 \pm 15,7$ g de peso médio e $28,6 \pm 3,5$ cm de comprimento.

O Grupo 2 inclui também enguias originárias da FindFresh, S.A., nomeadas de Aqua B, (n=20) com $112,7 \pm 14,4$ g de peso médio e $39,0 \pm 1,7$ cm de comprimento médio e ainda

enguias selvagens, nomeadas de Selvagem, (n=9) com 284,9±75,1 g de peso médio e 56,9±4,4 cm de comprimento médio.

Todos os animais foram abatidos através de um golpe entre o opérculo e a barbatana peitoral e para todas as análises bioquímicas realizadas, foi extraído músculo da mesma zona em todos os indivíduos, cerca de 1cm depois do ânus, sendo a zona com maior quantidade de músculo, livre de vísceras.

3.2. Caracterização bioquímica

3.2.1. Teor de Proteína Bruta

O teor da proteína bruta (PB) foi determinado através do método de Kjeldahl (NP 2030:1996). Este procedimento baseia-se na digestão da amostra, aproximadamente 1g, através do seu aquecimento a 400°C com ácido sulfúrico e com a presença de um catalisador para acelerar a oxidação da matéria. Após concluída esta etapa, inicia-se a destilação da amostra com hidróxido de sódio a 40% resultando amónia. A solução que resulta desta destilação é recolhida para uma solução de ácido bórico 4%. Por fim, esta última é titulada com ácido clorídrico 0,1M. Para análise do teor de proteína foram efetuadas replicas em triplicado.

A determinação do teor de proteína bruta é calculada multiplicando o teor de azoto por um fator convencional:

$$\% \text{ Proteína} = \frac{[(Va - Vb) \times [HCl] \times 6,25 \times 0,014]}{m} \times 100$$

Sendo que:

Va – Corresponde ao volume do titulante usado para titular a amostra (mL)

Vb – Corresponde ao volume do titulante usado para titular o branco (mL)

m – Corresponde à massa da amostra usada (g)

3.2.2. Teor de Gordura total

A determinação do teor de gordura total foi efetuada através do protocolo da NP 1992:1974. Esta determinação baseia-se no tratamento da amostra com uma solução de ácido clorídrico de forma a degradar a mostra libertando a fração lipídica da mesma. Procedede-se à filtração e consecutiva secagem da matéria gorda retida no filtro e

seguidamente efetua-se a extração da matéria gorda através de um solvente apolar, neste caso, éter de petróleo. Após esta fase, procede-se à eliminação do solvente por evaporação e por fim, à secagem e pesagem do extrato. A análise deste parâmetro foi executada em triplicado.

A determinação do teor de matéria gorda livre, expresso em gramas por 100g da amostra é calculado através da seguinte fórmula:

$$\% \text{ Gordura Total} = (m2 - m1) \times \frac{100}{m}$$

Sendo que:

m – Corresponde à massa utilizada da amostra (g)

m1- Corresponde à massa do balão de extração (g)

m2 – Corresponde à massa do balão de extração com o extrato após secagem (g)

3.2.3. Teor de Humidade

O teor de humidade foi determinado com recurso a um analisador de humidade automático (Mettler Toledo HB43 Halogen, Suíça). A análise ao teor de humidade consiste na evaporação de toda a água presente na amostra. A análise foi executada com aproximadamente 2g de amostra e em duplicado.

3.2.4. Teor de Cinzas

O teor de cinzas foi determinado por gravimetria, segundo a NP 2032:1988. O processo tem como base a inceneração das amostras na mufla a 525°C durante 8 horas. Para a determinação do teor de cinzas foram utilizadas aproximadamente 5g da amostra em triplicado.

A quantificação do teor de cinzas total foi calculada com base na seguinte fórmula:

$$\text{Teor de cinzas (\%)} = \frac{m3 - m1}{m2 - m1} \times 100$$

Sendo que:

m1 – Corresponde à massa inicial do cadinho

m2 – Corresponde à massa do cadinho com a amostra inicial

m3 – corresponde à massa do cadinho e da cinza (g) após incineração.

3.2.5. Teor de Hidratos de Carbono

O teor de hidratos de carbono foi calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Hidratos de carbono (\%)} = 100 - \%Proteína - \%Gordura - \%humidade - \%Cinzas$$

3.2.6. Perfil de Lípidos

Para a quantificação dos ácidos gordos, efetuou-se a extração total de lípidos através de uma adaptação do método de Bligh & Dyer (1959), um método de extração rápido a frio e de purificação.

Cerca de 15 mg de gordura bruta resultante da extração descrita acima foram extraídos e utilizados para a quantificação do perfil lipídico. A estes 15 mg de gordura foram adicionados 5mL de reagente de metilação (20 ml metanol: 1 ml cloreto de acetilo) e seguidamente foram aquecidos a 80°C durante 1hora. Seguidamente, adicionou-se 1mL de água MiliQ e 2mL de n-heptano e colocou-se a centrifugar durante 5 min a 1500rpm. Terminado este processo recolheu-se o sobrenadante para os vials. Por fim, os vials são colocados no TraceGC ultra onde serão analisados através de uma cromatografia gasosa (GC).

3.3. Análise estatística

Com o objetivo de comparar os parâmetros nutricionais (nomeadamente, proteína, gordura total e cinzas) de enguias provenientes de três origens distintas (FindFresh, S.A., outra aquacultura e selvagens) realizou-se o teste paramétrico de *t-student*. Todos os pressupostos (nomeadamente, normalidade dos dados e homogeneidade de variâncias) foram devidamente validados. Os resultados são expressos na forma de média \pm desvio-padrão (DP). As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas ao nível de significância de 5% (ou seja, sempre que *p-value* <0,05). Todos os cálculos inerentes à análise estatística foram efetuados com recurso ao software IBM SPSS Statistics 24.

4. Resultados

4.1. Teor de Proteína, Gordura, Cinzas, Humidade e Hidratos de Carbono

Apresentam-se na Tabela IV e Tabela V os valores de média e desvio-padrão, para o grupo 1 (Aqua A e Aqua C) e para o grupo 2 (Aqua B e Selvagem), respetivamente, dos valores obtidos nas análises bioquímicas efetuadas, nomeadamente, teor de proteína, gordura, cinzas, humidade e hidratos de carbono.

Tabela IV – Teor de proteína, gordura, cinzas, humidade e hidratos de carbono (g/100g) presentes no músculo das enguias do grupo 1, com os respetivos valores de média e desvio-padrão.

GRUPO 1	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinzas (%)	Humidade (%)	Hidratos de Carbono (%)
<i>Aqua A</i>	16,29±0,46	25,27±11,70	1,91±0,34 *	54,46±1,73	8,37±2,18
<i>Aqua C</i>	16,14±0,77	19,15±5,51	0,83±0,05*	55,16±1,16	5,81±0,47

*Legenda: * indicam diferenças significativas, para $p < 0,05$ (teste t-student)*

Quanto ao grupo 1, para a Aqua A, os valores obtidos para o teor de proteína (%) foram de 16,29±0,46, enquanto para a Aqua C, os valores obtidos foram 16,14±0,77. Para o teor de gordura total (%), a Aqua A apresentou 25,27±11,70 e a Aqua C apresentou 19,15±5,51. Relativamente, às cinzas, humidade e hidratos de carbono os valores obtidos para a Aqua A foram, respetivamente, 1,91±0,34, 54,46±1,73 e 8,37±2,18, enquanto para a Aqua C, os valores foram, respetivamente, 0,83±0,05, 55,16±1,16 e 5,81±0,47.

Tabela V – Teor de proteína, gordura, cinzas, humidade e hidratos de carbono (g/100g) presentes no músculo das enguias do grupo 2, com os respetivos valores de média e desvio-padrão.

GRUPO 2	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinzas (%)	Humidade (%)	Hidratos de Carbono (%)
<i>Aqua B</i>	14,78±0,64*	24,17±10,60	1,66±0,21	51,28±0,05	14,21±0,55
<i>Selvagem (S)</i>	16,78±0,25*	17,43±3,04	2,21±0,44	55,81±4,4	8,82±5,37

*Legenda: * indicam diferenças significativas, para $p < 0,05$ (teste t-student)*

Quanto ao grupo 2, para o teor de proteína (%), a Aqua B apresentou 14,78±0,64 e as Selvagem apresentaram 16,78±0,25. Para o teor de gordura (%), os valores para a Aqua B e para as Selvagem foram, respetivamente, 24,17±10,60 e 17,43±3,04. Para a Aqua B, os valores obtidos para o teor de cinzas, humidade e hidratos de carbono foram,

1,66±0,21, 51,28±0,05 e 14,21±0,55, respetivamente enquanto para as Selvagem os valores foram, 2,21±0,44, 55,81±4,4 e 8,82±5,37, respetivamente.

4.2. Perfil de lípidos

A tabela VI apresenta o teor de ácidos gordos presentes no músculo (g/100g) para as enguias estudadas no grupo 1.

Como é visível, em ambas as amostras, Aqua A e Aqua C, o grupo de ácidos gordos presentes em maior quantidade são os ácidos gordos monoinsaturados, apresentando, respetivamente, 10,07 g/100g de músculo e 8,10 g/100g de músculo, verificando-se que a Aqua A possui um valor superior comparativamente à Aqua C.

O grupo de ácidos gordos com menor quantidade são os ω6, tanto para Aqua A como para Aqua C, com os seguintes valores, 1,69 g/100g de músculo e 1,64 g/100g de músculo. Verifica-se que este valor é relativamente próximo quanto à quantidade de ω6, no entanto, a Aqua A apresenta um valor superior comparativamente à Aqua C.

Além disso, a Aqua A apresenta, em relação à Aqua C, valores superiores tanto nos grupos de ácidos gordos monoinsaturados, como nos restantes grupos de ácidos gordos analisados, nomeadamente, nos ácidos gordos saturados, polinsaturados, incluindo os ω3 e ω6.

Tabela VI – Teor de ácidos gordos no músculo (g/100g) das enguias do grupo 1, com os respetivos valores de média e desvio-padrão.

GRUPO 1	g/100g músculo	
	Aqua A	Aqua C
<i>Saturados</i>	6,30±0,08	4,26±0,01
<i>Monoinsaturados</i>	10,07±0,07	8,10±0,05
<i>Polinsaturados</i>	5,73±0,11	4,48±0,06
<i>Ómega 3</i>	4,04±0,15	2,84±0,04
<i>Ómega 6</i>	1,69±0,03	1,64±0,02

A tabela VII apresenta a composição de cada um dos grupos de ácidos gordos identificados na tabela VI, em g/100g de músculo para as enguias do grupo 1.

Relativamente aos ácidos gordos saturados (SFA), o ácido que apresenta maior quantidade é o ácido palmítico, C 16:0, com 4,16 g/100g de músculo para a Aqua A e 2,78 g/100g de músculo para a Aqua C, seguido do ácido mirístico, C 14:0, que apresenta, 1,39 g/100g de músculo para a Aqua A e 0,90 g/100g de músculo para a Aqua C.

No grupo dos ácidos gordos monoinsaturados (MUFA), o ácido que, em ambas as amostras, apresenta maior quantidade é o ácido oleico, C 18:1 n9, sendo que a Aqua A apresenta um valor superior quando comparado com a Aqua C, com 5,79 g/100g de músculo para a Aqua A e 4,83 g/100g de músculo para a Aqua C.

Quanto aos ácidos gordos polinsaturados (PUFA), verificou-se que os ω 3 e os ω 6 da Aqua A apresentam valores superiores quando comparados aos ω 3 e ω 6 da Aqua C.

Relativamente aos ω 6, o ácido que se apresenta em maiores quantidades é o ácido linoleico (C 18:2 n6), com 1,19 g/100g de músculo para a Aqua A e 1,40 g/100g de músculo para a Aqua C, sendo que a Aqua C apresenta um valor superior comparado com a Aqua A.

Quanto ao ácido que se encontra em menores quantidades é o ácido araquidónico, ARA, (C 20:4 n6) é um dos que se encontra em menor quantidade com 0,02 g/100g de músculo para a Aqua A e 0,04g/100g de músculo para a Aqua C.

Para os ácidos gordos polinsaturadas ω 3, verificaram-se algumas diferenças entre as amostras do grupo 1. Para a Aqua A, verificou-se que o ácido presente em maior quantidade é o ácido eicosapentaenóico, EPA - C 20:5 n3, com 1,52 g/100g de músculo, seguido do ácido docosahexanóico, DHA - C 22:6 n3, com 1,35 g/100g de músculo. Para a Aqua C verificou-se o contrário, ou seja, o ácido em maior quantidade é o ácido DHA com 1,08 g/100g de músculo, seguido do EPA com 0,84 g/100g de músculo.

Tabela VII - Composição de ácidos gordos no músculo (g/100g) das enguias do grupo 1, com os respetivos valores de média e desvio-padrão.

GRUPO 1		g/100g músculo	
		Aqua A	Aqua C
SFA	C 14:0	1,39 ± 0,04	0,90 ± 0,03
	C 16:0	4,16 ± 0,06	2,78 ± 0,00
	C 18:0	0,63 ± 0,01	0,47 ± 0,00
	C 22:0	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
	C 24:0	0,01 ± 0,00	0,00 ± 0,00
MUFA	C 16:1 n7	1,70 ± 0,01	1,08 ± 0,01
	C 18:1 n9	5,79 ± 0,24	4,83 ± 0,08
	C 18:1 n7	0,90 ± 0,20	0,62 ± 0,12
	c 20:1 n9	0,97 ± 0,03	1,04 ± 0,06
	C 22:1 n9	0,30 ± 0,02	0,30 ± 0,03

PUFA	Ómega 6 ($\omega 6$)	C 18:2 n6	1,19 \pm 0,00	1,40 \pm 0,03
		C 18:3 n6	0,05 \pm 0,01	0,03 \pm 0,00
		C 20:2 n6	0,33 \pm 0,00	0,05 \pm 0,00
		C 20:3 n6	0,04 \pm 0,01	0,09 \pm 0,00
		ARA - C 20:4 n6	0,02 \pm 0,00	0,04 \pm 0,00
	Ómega 3 ($\omega 3$)	C 18:3 n3	0,22 \pm 0,01	0,32 \pm 0,01
		C 18:4 n3	0,12 \pm 0,01	0,09 \pm 0,01
		C 20:4 n3	0,21 \pm 0,01	0,16 \pm 0,00
		EPA - C 20:5 n3	1,52 \pm 0,09	0,84 \pm 0,02
		C 22:5 n3	0,52 \pm 0,01	0,30 \pm 0,00
		DHA - C 22:6 n3	1,35 \pm 0,04	1,08 \pm 0,01

A tabela VIII apresenta o teor de ácidos gordos presentes no músculo (g/100g) para as enguias estudadas no grupo 2. Em ambas as amostras, Aqua B e Selvagem, os ácidos gordos monoinsaturados são o grupo de ácidos gordos presente em maior quantidade.

Verifica-se ainda que para a Aqua B este valor é superior, sendo de 11,17 g/100g de músculo enquanto que para as Selvagens é de apenas 7,90 g/100g de músculo.

O grupo de ácidos gordos com menor quantidade são os $\omega 6$, que apresenta 1,67 g/100g de músculo para a Aqua B e 0,43 g/100g de músculo para as Selvagem, sendo que estas últimas apresentam um valor inferior quando comparadas com as da Aqua B.

Relativamente aos restantes grupos, nomeadamente, nos ácidos gordos saturados, polinsaturados, incluindo os $\omega 3$ e $\omega 6$ verifica-se que a Aqua B, comparativamente com as Selvagens, possui valores superiores.

Tabela VIII – Teor de ácidos gordos no músculo (g/100g) das enguias do grupo 2, com os respetivos valores de média e desvio-padrão.

GRUPO 2	g/100g músculo	
	Aqua B	Selvagem
<i>Saturados</i>	5,50 \pm 0,00	4,67 \pm 0,11
<i>Monoinsaturados</i>	11,17 \pm 0,00	7,90 \pm 0,10
<i>Polinsaturados</i>	4,61 \pm 0,04	2,76 \pm 0,17
<i>Ómega 3</i>	2,94 \pm 0,01	2,33 \pm 0,02
<i>Ómega 6</i>	1,67 \pm ,03	0,43 \pm 0,14

A tabela IX apresenta a composição de cada um dos grupos de ácidos gordos identificados na tabela VIII, em g/100g de músculo para as enguias do grupo 2.

Relativamente aos ácidos gordos saturados, em ambas as amostras, Aqua B e Selvagem, o ácido gordo presente em maior quantidade é o C16:0 em 3,61 g/100g de músculo e 3,21g/100g de músculo, respetivamente, sendo que a Aqua B apresenta um valor mais elevado quando comparado com as Selvagem. Seguidamente, para a Aqua B, C14:0 foi o segundo ácido identificado em maior quantidade com 1,17g/100g de músculo e para as Selvagem foi o C18:0 com 0,70g/100g de músculo.

Para o grupo dos ácidos gordos monoinsaturados, o ácido presente em maior quantidade foi o ácido oleico, C18:1 n9, tanto para a Aqua B como para as Selvagem, sendo que a Aqua B apresentou um valor superior relativamente as Selvagem com 6,08 g/100g de músculo e 5,47 g/100g de músculo, respetivamente. O segundo ácido em maior quantidade, para Aqua B foi o C20:1 n9 com 1,67 g/100g de músculo e para as Selvagem foi o ácido palmitoleico, C16:1 n7, com 1,19 g/100g de músculo.

Quanto aos ácidos gordos polinsaturados (PUFA), tanto os ω 3 como os ω 6 provenientes da Aqua B obtiveram valores ligeiramente superiores quando comparados com os ω 3 e ω 6 das Selvagem.

Para os ω 6, em ambas as amostras, o ácido que obteve valores superiores, foi o ácido linoleico, C18:2 n6. Aqua B apresentou 1,48 g/100g de músculo, enquanto que as Selvagem apresentaram um valor inferior com apenas 0,18 g/100g de músculo. O ω 6 presente em menor quantidade, para as enguias da Aqua B foi o ARA (C 20:4 n6) com apenas 0,02 g/100g de músculo verificando-se que apesar de ser um dos ácidos que também se encontra em menor quantidade nas Selvagem possui um valor ligeiramente superior comparado com as da Aqua B, com 0,05 g/100g de músculo.

Relativamente aos ω 3, registaram-se algumas diferenças. Para a Aqua B, verificou-se que o ácido em maior quantidade é o DHA com 1,16 g/100g de músculo seguido do EPA com 0,87 g/100g de músculo, enquanto nas Selvagem registou-se o contrário. Para além de ambos os ácidos, EPA e DHA, se encontrarem em quantidades relativamente menores, o ácido que apresenta maior quantidade é o EPA com 0,59 g/100g de músculo, enquanto que o DHA apenas possui 0,03 g/100g de músculo.

Tabela IX - Composição de ácidos gordos no músculo (g/100g) das enguias do grupo 2, com os respectivos valores de média e desvio-padrão.

GRUPO 2		g/100g músculo		
		Aqua B	Selvagem	
SFA	C 14:0	1,17 ± 0,01	0,57 ± 0,01	
	C 16:0	3,61 ± 0,00	3,21 ± 0,13	
	C 18:0	0,59 ± 0,00	0,70 ± 0,03	
	C 22:0	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,01	
	C 24:0	0,01 ± 0,00	0,00 ± 0,00	
MUFA	C 16:1 n7	1,33 ± 0,01	1,19 ± 0,02	
	C 18:1 n9	6,08 ± 0,14	5,47 ± 0,15	
	C 18:1 n7	0,86 ± 0,10	0,71 ± 0,27	
	C 20:1 n9	1,67 ± 0,03	0,15 ± 0,00	
	C 22:1 n9	0,79 ± 0,01	0,00 ± 0,00	
PUFA	Ómega 6 (ω6)	C 18:2 n6	1,48 ± 0,03	0,18 ± 0,02
		C 18:3 n6	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,00
		C 20:2 n6	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
		C 20:3 n6	0,07 ± 0,02	0,03 ± 0,00
		ARA - C 20:4 n6	0,02 ± 0,00	0,05 ± 0,00
	Ómega 3 (ω3)	C 18:3 n3	0,33 ± 0,01	0,09 ± 0,01
		C 18:4 n3	0,10 ± 0,00	0,04 ± 0,00
		C 20:4 n3	0,19 ± 0,00	0,10 ± 0,01
		EPA - C 20:5 n3	0,87 ± 0,02	0,59 ± 0,00
		DHA - C 22:6 n3	1,16 ± 0,00	0,03 ± 0,02

5. Discussão

As enguias analisadas das três proveniências distintas, FindFresh, S.A., aquacultura desconhecida e Selvagem, apresentam algumas diferenças entre elas relativamente à sua composição nutricional.

A utilização de proteína nas dietas depende da sua disponibilidade e da sua qualidade, uma vez que inúmeros fatores dependem de tais critérios, tais como, crescimento, manutenção, reprodução, entre outros, para que estes sejam assegurados da devida forma (Higueira *et al.*, 1999).

De acordo com os resultados obtidos relativamente ao grupo 1, para Aqua A e Aqua C, quanto ao teor de proteína, gordura e cinzas, pode afirmar-se que estes valores se encontram relativamente próximos quando comparadas as amostras.

Ambas amostras analisadas no grupo 1 são provenientes de aquacultura, desta forma, é expectável que os valores dos seus parâmetros nutricionais fossem semelhantes. Contudo, é importante referir que apesar dos resultados obtidos, também é expectável que existissem diferenças mínimas, dado que as dietas administradas às enguias de proveniência de aquacultura, Aqua A e Aqua C, podem não ser as mesmas, fator este que irá provocar imediatamente uma discrepância de resultados.

Quanto ao grupo 2, para Aqua B e para as Selvagem, os resultados obtidos neste estudo, estão de acordo com os obtidos anteriormente no estudo de Luzzana *et al.* (2003) obteve valores semelhantes aos obtidos neste trabalho, tanto ao nível do teor de proteína, gordura, cinzas como de humidade para enguias produzidas numa aquacultura em Itália com um peso médio semelhante ao analisado neste estudo.

Para além de Luzzana *et al.* (2003), Oku *et al.* (2009) obteve resultados para as enguias selvagens que também se encontram em concordância com o esperado, ou seja, valores superiores para teor de proteína para as enguias selvagens quando comparados com as de aquacultura e valores de teor de gordura superiores para as enguias produzidas em cativeiro quando comparadas com as enguias selvagens.

Em aquacultura, a maioria dos peixes têm uma dieta muito rica em lípidos de forma a otimizar as taxas de crescimento, o que leva a que a sua composição corporal tenda a ter um maior teor lipídico que as espécies selvagens (Ribeiro, 2011).

Os lípidos são importantes fontes de energia e de ácidos gordos essenciais que são necessários para o crescimento e desenvolvimento normais (Chou *et al.*, 2001).

Ao longo dos últimos anos, os lípidos presentes no músculo do pescado tem recebido cada vez mais atenção, sobretudo no que diz respeito ao teor de ácidos gordos polinsaturados. Vários estudos defendem que estes ácidos gordos polinsaturados de cadeia longa são componentes essenciais das membranas celulares e contribuem para a saúde ocular, neural e cardiovascular humana (Williams *et al.*, 2017).

A composição dos ácidos gordos nos diferentes tecidos do peixe varia em resposta à dieta que lhes é fornecida (Støttrup *et al.*, 2012).

No pescado, os ácidos gordos saturados mais representativos são o ácido palmítico (C16:0), o ácido mirístico (C14:0) e o ácido esteárico (C18:0). Segundo Butts *et al.*, 2015, o ácido palmítico é a fonte predominante de energia metabólica, o que pode estar

relacionado com a utilização deste ácido gordo para a obtenção de energia. Neste estudo, verificou-se que os ácidos gordos saturados presentes em maiores quantidades são os esperados, com particular realce para os valores obtidos para as enguias produzidas em aquacultura, nomeadamente, para as enguias do grupo 1 (Aqua A e Aqua C) e para as do grupo 2 (Aqua B). Caballero *et al.* (2002) obteve resultados semelhantes para truta arco-íris.

Quanto aos ácidos gordos monoinsaturados (MUFA), os mais predominantes no pescado são o ácido oleico (C18:1 n9) e o ácido palmitoleico (C16:1 n7), refletindo o perfil do alimento que lhes é fornecido na alimentação é importante referir que são os ácidos gordos mais dominantes em pescado de aquacultura (Ribeiro, 2011).

No caso dos ácidos gordos polinsaturados ω 3, os mais importantes são o ácido eicosapentenoico (20:5 n3 ou EPA) e o ácido docosahexenoico (22:6 n3 ou DHA).

O ácido alfa-linolénico (ALA ou C18:3 n3) é o ácido responsável pela produção de EPA e DHA, no entanto, os organismos sintetizam estes ácidos em pequenas quantidades sendo necessário fornecer estes ácidos, EPA e DHA, também na alimentação (Covington, 2004). Nos ácidos gordos polinsaturados ω 6, domina o ácido linoleico (18:2 n6 ou LA), sendo o ácido responsável por sintetizar o ARA.

A relação ω 3: ω 6 idealmente deve ser de 3:1, devido ao efeito anti-inflamatório que os ω 3 possuem face aos ω 6. Neste estudo verifica-se uma maior quantidade de ω 3 face a ω 6 o que se deve fundamentalmente à presença em maior quantidade dos ácidos EPA e DHA, que apesar de serem sintetizados através dos ácidos gordos essenciais também são administradas nas rações através de ingredientes como óleo e farinha de peixe.

Estudos anteriores relativos a nutrição e alimentação de peixes destacam a necessidade de se incluírem nas dietas elevados níveis de ácidos gordos polinsaturados, especialmente EPA e DHA, para que se atinjam níveis ótimos de desenvolvimento e crescimento (Yildiz, 2008).

De acordo com os resultados obtidos, pode concluir-se que, tanto no grupo 1 como no grupo 2, para as enguias produzidas em aquacultura (Aqua A, Aqua C e Aqua B) os principais ácidos constituintes dos ω 3 e ω 6, nomeadamente, EPA, DHA e LA encontram-se em quantidades superiores enquanto as Selvagens apresentam quantidades muito reduzidas destes três ácidos.

No entanto, segundo Butts *et al.* (2015), estudos realizados com diferentes dietas e com níveis diferentes de EPA, DHA e ARA para a enguia-europeia, *Anguilla anguilla*, referem que diferentes condições de cultivo, entre elas, a alimentação provocam

diferenças a nível da composição do lipídica do músculo, o mesmo se verificou neste estudo, onde as amostras analisadas do grupo 1, nomeadamente Aqua A e Aqua C, apresentam valores diferentes para os ácidos gordos EPA, DHA e ARA apesar de ambas serem pescado de aquacultura.

Por outro lado, as enguias de proveniência Selvagem apresentam valores ligeiramente superiores para o ARA (C20:4 n6) comparativamente com os valores obtidos para as enguias provenientes de aquacultura. Støttrup *et al.* (2012) obteve resultados semelhantes aos obtidos neste estudo relativamente à quantidade de ARA, mas também de EPA e DHA, ou seja, Støttrup *et al.* (2012), além de ter obtido níveis de ARA superiores para as enguias Selvagens obteve níveis superiores de EPA e DHA nas enguias de aquacultura.

Segundo Støttrup *et al.* (2012), na Dinamarca, as dietas comerciais para enguias normalmente contêm óleo de plantas e elevadas percentagens de óleo de peixe originando elevados níveis de EPA e DHA na composição lipídica do pescado, mas pobre em ARA.

6. Conclusões

Tal como pretendido, de acordo com os resultados obtidos neste estudo, foi possível criar um perfil nutricional para cada uma das enguias das três proveniências.

Comparando as enguias provenientes de outra aquacultura, Aqua A, com as enguias provenientes da FindFresh, S.A., Aqua C, conclui-se que as características nutricionais de ambas apresentam bastantes semelhanças. Desta forma, os resultados obtidos sugerem, tal como seria esperado, que a alimentação de ambas pode ser semelhante.

Quanto às enguias Selvagem e às enguias provenientes da FindFresh, S.A., Aqua B, pode concluir-se que estes valores se encontram em concordância com a literatura, sendo previsível que as enguias de aquacultura apresentassem um valor superior de gordura e as Selvagem um valor superior de proteína, devido à sua alimentação.

Em suma, quanto ao perfil de ácidos gordos, os resultados sugerem que valores das enguias de proveniência de aquacultura apresentam valores mais elevados dos ácidos gordos mais importantes para a nutrição e saúde humana, apresentando uma vantagem relativamente às Selvagem, uma vez que estas possuem valores inferiores dos mesmos.

Num estudo futuro, algumas questões deverão ser melhoradas, de forma a obter resultados mais concretos e fidedignos, tais como, um maior número de indivíduos de forma a possibilitar a realização de uma análise estatística a todos os componentes em

estudo, e por último, seria interessante obter indivíduos das três origens analisadas neste estudo mas com tamanho semelhantes entre si para os dois tamanhos analisados.

IV. Referências

- Abou Zied, R. M. Allam, S.M. Sadek, M. F. A. 2013. Effect of fish meal type and its percentage in diet on growth performance, feed utilization and body chemical composition of european eel (*Anguilla anguilla*). Egyptian Journal of Nutrition and Feeds. 16 (1): 181-187.
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2018). Relatório do Estado do Ambiente – Produção em Aquicultura. Acedido em: 5 de julho de 2018, no Web site da Agência Portuguesa do Ambiente: <https://rea.apambiente.pt/content/produ%C3%A7%C3%A3o-em-aquicultura>
- Beurden, S. J. V., Voorbergen-Laarman, M. A., Roozenburg I., Boerlage, A. S., Haenen, O. L. M., Engelsma, M. Y. 2011. Development and validation of a two-step real-time RT-PCR for the detection of eel virus European X in European eel, *Anguilla anguilla*. Journal of Virological Methods. 171: 352-359.
- Bevacqua, D., Melià, P., Gatto, M., Leo, G. A. (2015). A global viability assessment of the European eel. Global Change Biology. 21: 3323-3335.
- Biase, A. D., Lokman, P. M., Govoni, N., Casalini, A., Emmanuele, P., Parmeggiani, A., Mordenti, O. 2017. Co-treatment with androgens during artificial induction of maturation in female eel, *Anguilla anguilla*: Effects on egg production and early development. Aquaculture. 479: 508-515.
- Bligh, E. G., Dyer, W. J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology. Vol. 37. N°8.
- Bouilliant, M., Tomkiewicz, J., Lauesen, P., Kegel, B. D., Adriaens, D. 2015. Musculoskeletal anatomy and feeding performance of pre-feeding engyodontic larvae of the European eel (*Anguilla anguilla*). Journal of Anatomy. 227: 325-340.
- Butts, I. A. E., Baeza, R., Stottrup, J. G., Krüger-Johnsen, M., Jacobsen, C., Pérez, L., Asturiano, J. F. Tomkiewicz, J. 2015. Impact of dietary fatty acids on muscle composition, liver lipids, milt composition and sperm performance in European eel. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A. 183:87-96.
- Butts, I.A.E., Sørensen, S. R., Politis, S.N., Pitcher, T. E., Tomkiewicz. (2014). Standardization of fertilization protocols for the European eel, *Anguilla anguilla*. Aquaculture. 426-427: 9-13.
- Covington, M.B., 2004. Omega-3 Fatty acids. American Academy of Family Physicians. 70:133-140.
- Craig, S. 2017. Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. Acedido em: 04.09.2018, em: https://pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/FST/fst-269/FST-269.pdf
- Esteve, C., Alcaide, E., Ureña, R. 2012. The effect of metals on condition and pathologies of European eel (*Anguilla anguilla*): *In situ* and laboratory experiments. Aquatic Toxicology. 109: 176-184.
- FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp.
- FAO. 2018 The state of World Fisheries and Aquaculture 2018. Meeting the sustainable development goals. Rome.
- FindFresh, S.A. (2008). Estudo de Impacto Ambiental da Aquicultura e do Viveiro Vegetal da FindFresh, S.A. Acedido em: 14 de maio de 2018 em: <http://siaia.apambiente.pt/AIADOC/AIA1832/RNT1832.pdf>
- Fishery and Aquaculture Country Profiles. Portugal. (2017). Country Profile Fact Sheets. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome. [Cited 9 July 2018]. <http://www.fao.org/fishery/>
- Fivelstad, S. 2013. Long-term carbon dioxide experiments with salmonids. Aquacultural Engineering. 53: 40-48.
- Forster, I. P. 2011. FOOD ACQUISITION AND DIGESTION | Dietary Requirements of Fish Under Culture Conditions. Encyclopedia of Fish Physiology. 1617-1622.

- Ginneken, V. J. T. Maes, G. E. 2006. The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its lifecycle, evolution and reproduction: a literature review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 15:367-398.
- Good, C., Davidson, J., Welsh, C., Snekvik, K., Summerfelt, S. 2010. The effects of carbon dioxide on performance and histopathology of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in water recirculation aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*. 42: 51-56
- Good, C., Davidson, J., Welsh, C., Snekvik, K., Summerfelt, S. 2011. The effects of ozonation on performance, health and welfare of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in low-exchange water recirculation aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*. 44:97-102.
- Grigorakis, K. 2017. Fillet proximate composition, lipid quality, yields, and organoleptic quality of Mediterranean-farmed marine fish: A review with emphasis on new species. *Critical reviews in food science and nutrition*. 14: 2956-2969
- Hidalgo, M. C., Sanz, A., Gallego, M. G., Suarez, M. D. Higueira, M. 1993. Feeding of the european eel *Anguilla anguilla* I. influence of dietary carbohydrate level. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 1:165-169.
- Hirt-Chabbert, J., Sabetian, A., Young, O. 2014. Effect of size grading on the growth performance of shortfin eel (*Anguilla australis*) during its yellow stage. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 48:3: 385-393.
- ICES. 2015. Report of the Workshop of a Planning Group on the Monitoring of Eel Quality under the subject "Development of standardized and harmonized protocols for the estimation of eel quality" (WKPGMEQ), 20–22 January 2015, Brussels, Belgium. ICES CM 2014/SSGEF:14. 274 pp.
- Jacoby, D., Gollock, M. 2014. *Anguilla anguilla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T60344A45833138. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T60344A45833138.en>. Downloaded on 26 October 2017
- Jakob, E. 2009. Monitoring of parasite and virus infections of the European eel, *Anguilla anguilla*, in northern Germany. *Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät - Christian-Albrechts-Universität, Kiel*, 134pp.
- Kelly, A. M., Heikes, D. 2013. *Sorting and Grading Warmwater Fish*. Southern Regional Aquaculture Center. 391.
- Kirkegaard, E. (ed.). 2010. *European Eel and Aquaculture*. DTU Aqua Report No 229-2010. National Institute of Aquatic Resources, Technical University of Denmark, 19 p.
- Kumar, G., Menanteau-Ledouble, S., Saleh, M., El-Matbouli, M. 2015. *Yersinia ruckeryi*, the causative agent of enteric redmouth disease in fish. *Veterinary Research*. 46:103-113.
- Masood, A., Stark, K. D., Salem, N. 2005. A simplified and efficient method for the analysis of fatty acid methyl esters suitable for large clinical studies. *Journal of Lipid Research*. 46: 2299-2305
- Monteiro, R. M. C. 2015. *A enguia-europeia no Rio Mondego: estrutura populacional, taxa de prateação e fuga de reprodutores*. Tese de Mestrado em Ecologia Marinha. Departamento de Biologia Animal. Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa, Lisboa. 76 pp.
- Mordenti, O., Casalini, A., Mandelli, M., Di Biase, A. (2014). A closed recirculating aquaculture system for artificial seed production of the European eel (*Anguilla anguilla*): Technology development for spontaneous spawning and eggs incubation. *Aquaculture Engineering*. 58: 88-94.
- Mordenti, O., Di Biase, A., Bastone, G., Sirri, R., Zaccaroni, A., Parmeggiani, A. (2013). Controlled reproduction in the wild European eel (*Anguilla anguilla*): two populations compared. *Aquaculture Internacional*. 21: 1045-1063.
- Mota, V. C., Limbu, P., Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verreth, J. A. J. 2015. The effect of nearly closed RAS on the feed intake and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), African catfish (*Clarias gariepinus*) and European eel (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture Engineering*. 68: 1-5.
- Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C. M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Monney, H., Troell, M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*. 405: 1017-1024

- Nielsen, T., Prouzet, P. (2008). Capture-based aquaculture of the wild European eel (*Anguilla anguilla*). In A. Lovatelli and P.F. Holthus (eds). Capture-based aquaculture. Global overview. FAO Fisheries Technical Paper. No. 508. Rome, FAO. pp. 141–168.
- Norma Portuguesa. 1992:1974. Pescado. Determinação do teor de gordura. Especificação do processo.
- Norma Portuguesa. 2030:1996. Alimentos para animais. Determinação de teor de proteína bruta.
- Novais, C., Campos, J., Freitas, A. R., Barros M., Silveira, E., Coque, T. M., Antunes, P., Peixe, L. 2018. Water supply and feed as sources of antimicrobial-resistant *Enterococcus* spp. in aquacultures of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Portugal. Science of the Total Environment. 625: 1102-1112.
- Nunes, M. L., Bandarra, M. N., Batista, I. (2011). Health benefits associated with seafood consumption. In: Alasalvar, C., Shahidi, F., Miyashita, K., Wanasundara, U. (Eds), Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications, Wiley Blackwell, UK, pp 369 – 376
- O'Neill, B., Roux, A. L., Hoffman L. C. 2015. Comparative study of the nutritional composition of wild versus farmed yellowtail (*Seriola lalandi*). Aquaculture. 448: 169-175.
- Pannetier, P., Caron, A., Campbell, P.G. C., Pierron, F., Baudrimont, M., Couture, P. 2016. A comparison of metal concentrations in the tissues of yellow American eel (*Anguilla rostrata*) and European eel (*Anguilla anguilla*). Science of the Total Environment. 569-570: 1435-1445.
- Pedersen, L. F., Pedersen, P. B. (2012). Hydrogen peroxide application to a comercial recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering*, 46: 40-46.
- Pedersen, M. I., Jepsen, N., Rasmussen, G. (2017). Survival and growth compare between wild and farmed eel stocked in freshwater ponds. Fisheries Research. 194: 112-116.
- Pérez, L., Peñaranda, D.S., Dufour, S., Baloché, S., Palstra, A.P., Van Den Thillart, G.E.E.J.M., Asturiano, J.F. (2011). Influence of temperature regime on endocrine parameters and vitellogenesis during experimental maturation of European eel (*Anguilla anguilla*) females. General and Comparative Endocrinology. 174: 51-59
- Plano de Gestão da Enguia 2009-2012. (2010). Resposta do Estado Português ao Regulamento (CE) nº 1100/2007, de 18 de setembro.
- Ribeiro, B. C. 2011. Desenvolvimento de produtos reestruturados de corvina (*Argyrosomus regius*) de aquacultura. Tese de mestrado em Engenharia Alimentar – Qualidade e Segurança Alimentar. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 113pp.
- Rijn, J. V. 2013. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture Engineering*. 53: 49-56
- Rodríguez-Díaz, L., Gómez-Gesteira, M. (2017). Can lagrangian models reproduce the migration time of European eel obtained from otolith analysis? *Journal of Sea Research*. 130: 17-23
- Saavedra, M., Pereira, T., Carvalho, L. M., Pousão-Ferreira, P., Grade, A., Teixeira, B., Quental-Ferreira, H., Mendes, R., Bandarra, N., Gonçalves, A. 2017. Wild and Farmed Meagre, *Argyrosomus regius*: A Nutritional, Sensory and Histological Assessment of Quality Differences. *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Sanz, A., Gallego, M. G., Higuera, M. D. L. 2000. Protein nutrition in fish: protein/energy ratio and alternative protein sources to fish meal. *Journal of Physiology and Biochemistry*. 56 (3): 275-282.
- Schram, E., Kooten, T.V., Heul, J. W., Schrama, J. W., Verreth, J. A. J., Murk, A. J. (2017). Geosmin depuration from European eel (*Anguilla anguilla*) is not affected by the water renewal rate of depuration tanks. *Aquaculture Research*. 1-10.
- Schram, E., Schrama, J., Kusters, K., Kwadijk, C., Palstra, A. (2016). Effects of exercise and temperature on geosmin excretion by European eel (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture*. 451: 390-395.
- Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission on Animal Welfare Aspects of Husbandry Systems for Farmed European Eel. (2008). The EFSA Journal, 809: 1-18

- Shahkar, E. Hamidoghli, A. Yun, H., Kim, D. J., Bai, S. C. 2017. Effects of dietary vitamin E on hematology, tissue α -tocopherol concentration and non-specific immune response of Japanese eel, *Anguilla japonica*. Aquaculture.
- Shahkar, E., Yun, H., Kim, D. J., Kim, S. K. Lee, B. I. Bai, S. C. 2015. Effects of dietary vitamin C levels on tissue ascorbic acid concentration, hematology, non-specific immune response and gonad histology in broodstock Japanese eel, *Anguilla japonica*. Aquaculture.
- Spiliotopoulou A., Tirado, P. R., Chhetri, R. K., Kaarsholm, K. M. S., Martin, R., Pedersen, P. B., Pedersen, L. F., Andersen, H. R. 2018. Ozonation control and effects of ozone on water quality in recirculating aquaculture systems. Water Research. 133: 289-298.
- Støttrup, J. G., Jacobsen, C., Tomkiewicz, J., Jarlbaek, H. 2012. Modification of essential fatty acid composition in broodstock of cultured European eel *Anguilla anguilla* L. Aquaculture Nutrition. 19 (2), 172–185
- Teixeira, D. M. A. C. 2016. Sistemas de produção de peixes e bivalves em aquacultura: crescimento e indicadores de qualidade. Tese de mestrado integrado em Medicina Veterinária. Departamento de medicina veterinária. Escola de Ciências e Tecnologia – Universidade de Évora, Évora. 120pp.
- Thien, C. P., Dalsgaard, A., Nhan, N. T., Olsen, A., Murrell, K. D. 2009. Prevalence of zoonotic trematode parasite in fish fry and juveniles in fish farms of the Mekong Delta, Vietnam. Aquaculture. 295: 1-5.
- Tibbetts, S. M., Lall, S.P., Anderson, D.M. 2000. Dietary protein requirement of juvenile American eel (*Anguilla rostrata*) fed practical diets. Aquaculture. 186:145-155.
- Tocher, D. R. 2015. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective. Aquaculture. 449: 94-107.
- Usydus, Z., Szlinder-Richert, J., Adamczyk M., Szatkowska, U. (2011). Marine and farmed fish in the Polish market: Comparison of the nutritional value. Food Chemistry. 126: 78-84
- Williams, M. C. W., Murphy, E. W., McCarty, H. B., Snyder, B. D., Schrank, C. S., McCann, P. J., Crimmins, B. S. 2017. Variation in the essential fatty acids EPA and DHA in fillets of fish from the Great Lakes region. Journal of Great Lakes Research. 43: 150-160.
- Yildiz, M. 2008. Fatty acid composition of some commercial marine fish feeds available in turkey. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 32 (3):151-158.
- Zhang, J., Zhao, N., Sharawy, Z., Li, Y., Ma, J., Lou, Y. 2018. Effects of dietary lipids and protein levels on growth and physiological metabolism of *Pelteobagrus fulvidraco* larvae under recirculating aquaculture system (RAS). Aquaculture. 495: 458-464.
- Zhang, S. Y., Li, G., Wu, H. B., Liu, X. G., Yao, Y. H., Tao, L., Liu, H. 2011. An integrated recirculating aquaculture system (RAS) for land-based fish farming: The effects on water quality and fish production. Aquaculture Engineering. 45: 93-102
- Sujatha, K., Joice, A. A., Senthilkumar, P. 2013. Total protein and lipid content in edible tissues of fishes from Kasimodu fish landing centre, Chennai, Tamilnadu. European Journal of Experimental Biology. 3(5):252-257.
- Chou, R. -L. Su, M. -S., Chen, H. -Y. 2001. Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture. 193:81-89.
- Higueira, M. D. L., Akharbach, H., Hidalgo, M. C., Peragón, J., Lupiáñez, J. A., García-Gallego, M. 1999. Liver and white muscle protein turnover rates in the European eel (*Anguilla anguilla*): effects of dietary protein quality. Aquaculture. 179: 203-216.

V. ANEXOS

Tabela X – Teor de ácidos gordos presentes na gordura total (g/100g) das enguias do grupo 1, com os respectivos valores de média e desvio-padrão.

GRUPO 1	g/100g gordura	
	Aqua A	Aqua C
<i>Saturados</i>	27,69 ± 0,34	24,70 ± 0,04
<i>Monoinsaturados</i>	44,27 ± 0,33	46,97 ± 0,29
<i>Polinsaturados</i>	25,20 ± 0,50	25,98 ± 0,35
<i>Ómega 3</i>	17,77 ± 0,65	16,48 ± 0,21
<i>Ómega 6</i>	7,42 ± 0,15	9,49 ± 0,14

Tabela XI - Composição de ácidos gordos na gordura total (g/100g) das enguias do grupo 1, com os respectivos valores de média e desvio-padrão

	GRUPO 1	g/100g gordura		
		Aqua A	Aqua C	
SFA	C 14:0	6,09 ± 0,16	5,24 ± 0,17	
	C 16:0	18,27 ± 0,26	16,15 ± 0,03	
	C 18:0	2,76 ± 0,05	2,75 ± 0,02	
	C 22:0	0,05 ± 0,03	0,03 ± 0,04	
	C 24:0	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,01	
MUFA	C 16:1 n7	7,49 ± 0,03	6,27 ± 0,03	
	C 18:1 n9	25,47 ± 1,04	28,01 ± 0,48	
	C 18:1 n7	3,96 ± 0,90	3,62 ± 0,68	
	C 20:1 n9	4,26 ± 0,15	6,05 ± 0,33	
	C 22:1 n9	1,31 ± 0,80	1,74 ± 0,15	
PUFA	Ómega 6	C 18:2 n6	5,23 ± 0,00	8,11 ± 0,18
		C 18:3 n6	0,23 ± 0,03	0,16 ± 0,01
		C 20:2 n6	1,45 ± 0,01	0,27 ± 0,01
		C 20:3 n6	0,16 ± 0,06	0,50 ± 0,01
		ARA - C 20:4 n6	0,08 ± 0,01	0,22 ± 0,01
	Ómega 3	C 18:3 n3	0,98 ± 0,03	1,84 ± 0,08
		C 18:4 n3	0,52 ± 0,03	0,53 ± 0,04
		C 20:4 n3	0,93 ± 0,03	0,91 ± 0,02
		EPA - C 20:5 n3	6,70 ± 0,40	4,88 ± 0,11
		C 22:5 n3	2,30 ± 0,05	1,72 ± 0,01
	DHA - C 22:6 n3	5,95 ± 0,16	6,27 ± 0,06	

Tabela XII - Teor de ácidos gordos presentes na gordura total (g/100g) das enguias do grupo 2, com os respetivos valores de média e desvio-padrão

GRUPO 2	g/100g gordura	
	Aqua B	Selvagem
<i>Saturados</i>	25,27 ± 0,00	29,75 ± 0,71
<i>Monoinsaturados</i>	51,36 ± 0,00	50,34 ± 0,64
<i>Polinsaturados</i>	21,19 ± 0,16	17,61 ± 1,06
<i>Ómega 3</i>	13,51 ± 0,03	14,88 ± 0,15
<i>Ómega 6</i>	0,82 ± 0,03	2,73 ± 0,90

Tabela XIII - Composição de ácidos gordos na gordura total (g/100g) das enguias do grupo 2, com os respetivos valores de média e desvio-padrão

GRUPO 2	g/100g gordura			
	Aqua B	Selvagem		
SFA	C 14:0	5,39 ± 0,04	3,63 ± 0,05	
	C 16:0	16,59 ± 0,01	20,46 ± 0,83	
	C 18:0	2,73 ± 0,02	4,49 ± 0,17	
	C 22:0	0,02 ± 0,02	0,03 ± 0,04	
	C 24:0	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,01	
MUFA	C 16:1 n7	6,12 ± 0,03	7,62 ± 0,12	
	C 18:1 n9	27,95 ± 0,62	34,84 ± 1,16	
	C 18:1 n7	3,97 ± 0,48	4,50 ± 1,75	
	C 20:1 n9	7,69 ± 0,15	0,98 ± 0,01	
	C 22:1 n9	3,61 ± 0,06	0,00 ± 0,00	
PUFA	Ómega 6	C 18:2 n6	6,81 ± 0,15	1,13 ± 0,13
		C 18:3 n6	0,13 ± 0,04	0,13 ± 0,01
		C 20:2 n6	0,14 ± 0,04	0,20 ± 0,04
		C 20:3 n6	0,33 ± 0,08	0,19 ± 0,02
		ARA - C 20:4 n6	0,09 ± 0,01	0,31 ± 0,01
	Ómega 3	C 18:3 n3	1,52 ± 0,06	0,60 ± 0,07
		C 18:4 n3	0,46 ± 0,01	0,26 ± 0,02
		C 20:4 n3	0,88 ± 0,01	0,66 ± 0,04
		EPA - C 20:5 n3	4,01 ± 0,11	3,75 ± 0,02
		C 22:5 n3	1,30 ± 0,00	2,50 ± 0,12
	DHA - C 22:6 n3	5,32 ± 0,00	5,29 ± 0,40	

