

## **RELATÓRIO SOBRE A UNIDADE CURRICULAR**

---

### **Tratamento de Águas Residuais em Aquacultura**

---

Maria Margarida da Cruz Godinho Ribau Teixeira

Relatório Pedagógico de uma disciplina a que se refere a alínea b) do artigo 5º do Decreto-Lei nº 239/2007, de 19 de junho, apresentado à Universidade do Algarve no âmbito de Provas de Agregação.

Janeiro de 2023



## Índice

Preâmbulo	
1	Introdução ..... 1
2	Enquadramento e Estrutura da UC ..... 4
3	Objetivos de aprendizagem ..... 5
4	Competências de aprendizagem ..... 6
5	Conteúdos Programáticos ..... 8
5.1	Módulo 1: Qualidade da água e balanços mássicos..... 8
5.1.1	<i>Objetivos</i> ..... 8
5.1.2	<i>Conteúdos programáticos</i> ..... 8
5.1.3	<i>Exercícios práticos de aplicação</i> ..... 9
5.1.4	<i>Referências Bibliográficas</i> ..... 10
5.2	Módulo 2: Processos de tratamento de águas residuais ..... 10
5.2.1	<i>Objetivos</i> ..... 10
5.2.2	<i>Conteúdos programáticos</i> ..... 10
5.2.3	<i>Exercícios práticos de aplicação</i> ..... 11
5.2.4	<i>Referências Bibliográficas</i> ..... 13
6	Metodologias de ensino ..... 14
7	Avaliação ..... 15

## **Preâmbulo**

---

O relatório pedagógico aqui apresentado refere-se à unidade curricular intitulada “Tratamento de efluentes em aquacultura” apresentado no âmbito de Provas Públicas de Agregação na Universidade do Algarve segundo o Decreto-Lei (DL) nº 239/2007, de 19 de junho. O artigo 5º, alínea b), do referido DL explicita que as provas de agregação são constituídas “pela apresentação, apreciação e discussão de um relatório sobre uma unidade curricular, grupo de unidades curriculares, ou ciclo de estudos, no âmbito do ramo do conhecimento ou especialidade em que são prestadas as provas”.

## 1 Introdução

---

A aquacultura tem registado um crescimento acelerado associado às necessidades de alimentação da população e ao declínio mundial dos mananciais de recursos biológicos aquáticos (Naylor et al., 2000). À medida que a população humana continua a aumentar, a potencial relevância da produção aquícola como fonte de proteína também aumenta. Prevê-se que o contributo da aquacultura para o consumo humano aumente de 55% (média no período 2019-2021) para 59% em 2031 (OECD, 2022).

Os sistemas de aquacultura em tanques de produção geram águas residuais contendo grande quantidade de azoto (N) e fósforo (P) inorgânicos e material orgânico (Yang et al., 2017; Dauda et al., 2019). Em regimes de aquacultura intensivos, com recurso exclusivo a alimentação artificial (ex.: rações, alimento vivo) e densidade superior de organismos, apenas uma pequena proporção do alimento fornecido é convertido em biomassa (ca. 4,0-27,4%, Dauda et al., 2019). A acumulação de alimento e o elevado número de organismos nos tanques origina a deterioração da qualidade da água (Huang et al., 2016), com efeitos negativos na saúde e produtividade de algumas espécies cultivadas (Hu et al., 2014).

Outra preocupação ambiental importante em relação à aquacultura intensiva é a descarga de águas residuais em ecossistemas aquáticos naturais, sem tratamento prévio. Estas águas residuais contaminam a coluna de água e o sedimento, com potenciais impactes negativos nos ecossistemas recetores (ex.: proliferações nocivas de algas). Este problema agrava-se aquando da drenagem completa da água do tanque de cultivo, normalmente realizada no final de cada ciclo de produção da aquacultura (Yang et al., 2017). Tal prática pode alterar rapidamente a concentração de nutrientes e matéria orgânica no ambiente recetor, aumentando o risco de eutrofização do sistema (Hlavác et al., 2014).

Desta forma, há necessidade de instalar sistemas de tratamento águas residuais de aquacultura, usando métodos físicos, químicos e biológicos, com vista à melhoria da qualidade da água e produtividade nos tanques de aquacultura e da água descarregada

no ambiente recetor. A estratégia para a aquacultura portuguesa, entre 2021-2030, prevê, no objetivo “Adaptações às alterações climáticas e atenuação dos seus efeitos”, a otimização das unidades de produção aquícola através da implementação de sistemas de recirculação de água (RAS) (DGRM, 2022). Estes sistemas têm como vantagens a redução do consumo de água e uma melhor qualidade da água (e, portanto, um menor volume de água usado e de águas residuais produzidas), o maior controlo dos parâmetros ambientais (temperatura, oxigénio dissolvido, fotoperíodo e turvação da água), e o isolamento do stock produzido (eliminando a ameaça de fuga do peixe produzido para o ambiente) (DGRM, 2022).

A unidade curricular (UC) Tratamento de Águas Residuais em Aquacultura foca-se nas soluções tecnológicas relacionadas com o tratamento destas águas residuais. Assim, esta unidade curricular tem como principal objetivo fornecer conhecimento sobre o tratamento da água, que permita aos estudantes o entendimento das bases das soluções existentes para fazer face às alterações da qualidade e poluição da água em aquaculturas.

A UC Tratamento de Águas Residuais em Aquacultura integra-se no curso de Mestrado em Aquacultura e Pescas. Contudo, pode ser oferecida em outros cursos de mestrado na área de ciências ou engenharia do ambiente, ou áreas afins.

Os conhecimentos adquiridos nesta unidade curricular poderão também ser aplicados pelos estudantes que prossigam para programas de doutoramento, designadamente o Doutoramento em Ciências do Mar, da Terra e do Ambiente ou Ciências Biotecnológicas, ambos da Universidade do Algarve.

### ***Referências Bibliográficas***

Dauda, A.B., Ajadi, A., Tola-Fabunmi, A.S., Akinwole, A.O. (2019). Waste production in aquaculture: sources, components and managements in different culture systems. *Aquaculture and Fisheries* 4:81–88. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.10.002>.

DGRM (2022). Plano Estratégico para a Aquicultura Portuguesa 2021-2030. Direcção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos (DGRM). Na internet em: [https://mar2020.blob.core.windows.net/mar2020/2022/10/PT\\_PEA\\_2021\\_2030.pdf](https://mar2020.blob.core.windows.net/mar2020/2022/10/PT_PEA_2021_2030.pdf), acedido a 23/1/2023.

Hlaváč, D., Adámek, Z., Hartman, P., Másílko, J. (2014). Effects of supplementary feeding in carp ponds on discharge water quality: a Review. *Aquacult Int* 22:299–320. <https://doi.org/10.1007/s10499-013-9718-6>.

Hu, Z., Lee, J.W., Chandran, K., Kim, S., Sharma, K., Khanal, S.K. (2014). Influence of carbohydrate addition on nitrogen transformations and greenhouse gas emissions of intensive aquaculture system. *Science of Total Environment* 470–471:193–200. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.050>.

Huang, S.L., Wu, M., Zang, C.J., Du, S.L., Domagalski, J., Gajewska, M., Gao, F., Lin, C., Guo, Y., Liu, B.Y., Wang, S.M., Luo, Y., Szymkiewicz, A., Szymkiewicz, R. (2016). Dynamics of algae growth and nutrients in experimental enclosures culturing bighead carp and common carp: phosphorus dynamics. *International Journal of Sediment Research* 31:173–180. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2016.01.003>.

OECD (2022). OECD-FAO agricultural outlook 2022-2031, OECD agriculture statistics (database). Na internet em <https://www.oecd.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook-19991142.htm>, acedido a 04/01/2023.

Naylor, R., Goldburg, R., Primavera, J., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., Troell, M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405:1017–1024. <https://doi.org/10.1038/35016500>.

Yang, P., Lai, D.Y.F., Jin, B.S., Bastviken, D., Tan, L., Tong, C. (2017). Dynamics of dissolved nutrients in the aquaculture shrimp ponds of the min river estuary, China: concentrations, fluxes and environmental loads. *Sci. Total. Environ.* 603–604, 256–267. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.074>.

## **2 Enquadramento e estrutura da UC**

A UC Tratamento de Águas Residuais em Aquacultura faz parte do Mestrado em Aquacultura, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve. Integra-se no 1º ano (2º semestre) do curso e é uma UC opcional classificada na área científica de Tecnologia. A UC é lecionada em inglês pelo que pode também ser oferecida a outros cursos de mestrado da faculdade, por exemplo Mestrado em Biologia Marinha. Esta UC não apresenta requisitos obrigatórios para a sua frequência, mas é conveniente que os estudantes possuam formação base prévia nas áreas da matemática e da química.

A UC possui 3 ECTS, correspondendo a 78 h de trabalho total do estudante, sendo 30 h presenciais e as restantes (48 h) de estudo autónomo. Estes valores resultam da aplicação do Regulamento nº 131/2021, de 10 de fevereiro, publicado no Diário da República nº 28, 2ª série, relativo ao Regulamento de Aplicação do Sistema de Créditos aos Ciclos de Estudo da Universidade do Algarve, que define 26 h de trabalho por unidade de crédito e a percentagem máxima de horas presenciais para os diferentes ciclos de estudo. As horas presenciais distribuem-se por 30 h teórico-práticas (TP).

### 3 Objetivos de aprendizagem

A UC Tratamento de Águas Residuais em Aquacultura tem como principais objetivos:

- entender os parâmetros e critérios definidores de qualidade da água em aquaculturas;
- definir as necessidades de tratamento das águas residuais em aquaculturas;
- conhecer e entender os diferentes processos de tratamento de águas residuais em aquacultura e as sequências de tratamento destas águas residuais;
- entender as opções de tratamento *versus* qualidade da água;
- analisar estudos de caso de esquemas de tratamento que representem diferentes situações reais de tratamento de águas residuais de aquacultura;
- promover o desenvolvimento de aptidões transversais dos estudantes, incluindo a autonomia, assertividade, trabalho em equipa, capacidade analítica, raciocínio, pensamento crítico e comunicação oral.

#### **4 Competências de aprendizagem**

Após a conclusão da UC Tratamento de Águas Residuais em Aquacultura, os estudantes deverão ser capazes de:

- reconhecer/descrever/explicar o impacto da produção aquícola na qualidade da água nas instalações de aquacultura e no ambiente natural recetor das águas residuais resultantes;
- identificar as necessidades de tratamento de águas residuais resultantes de aquaculturas;
- descrever e compreender os processos e conceitos fundamentais de tratamento destas águas residuais;
- delinear esquemas de tratamento de águas residuais adequados para diferentes tipos de aquaculturas, associados a diferentes tipos/níveis de contaminação da água;
- trabalhar em equipa e comunicar as competências adquiridas para públicos-alvo diversificados.

Em resumo, os estudantes deverão entender que a atividade de uma aquacultura gera águas residuais que poderão ser prejudiciais para o ambiente ou para a própria instalação, dependendo do tipo de aquacultura. Assim, deverão desenvolver sensibilidade para os parâmetros de qualidade das águas e relacioná-los com o impacto no ambiente e/ou no funcionamento da própria aquacultura, para relacionarem com as opções de tratamento das águas residuais. No tratamento das águas, os estudantes deverão compreender e conhecer os diferentes processos de tratamento de águas residuais e entender diferentes esquemas de tratamento dessas águas. Desta forma, os estudantes deverão ser capazes de interpretar e analisar dados relevantes relativos ao funcionamento de uma aquacultura e ao tratamento de águas residuais, permitindo o desenvolvimento de raciocínio crítico sobre o tema da unidade curricular.

Os estudantes deverão também demonstrar capacidade de exposição dos conteúdos lecionados na unidade curricular para diferentes públicos e em diferentes contextos socioeconómicos, por forma transmitir conhecimento especializado. Finalmente, os estudantes deverão adquirir capacidade de estudo autónomo que lhes permita continuar a aprendizagem nesta temática ao longo do seu futuro profissional, caso o entendam.

## **5 Conteúdos Programáticos**

A unidade curricular está organizada em dois módulos, designadamente:

- Módulo 1: Qualidade da água e balanços mássicos
- Módulo 2: Processos de tratamento de águas.

### **5.1 Módulo 1: Qualidade da água e balanços mássicos**

#### **5.1.1 Objetivos**

Introduzir a importância da qualidade da água numa aquacultura e a necessidade de monitorização. Conhecer os parâmetros normalmente monitorizados numa aquacultura. Compreender a relação entre o metabolismo dos organismos aquáticos e a qualidade da água. Relacionar a qualidade e o tratamento da água em aquaculturas.

#### **5.1.2 Conteúdos programáticos**

##### **1 – Introdução**

- 1.1 Classificação dos sistemas de produção em aquaculturas
- 1.2 Componentes técnicos do sistema de aquacultura
- 1.3 Fontes e fluxo de água
- 1.3 Qualidade da água na entrada e saída do sistema de aquacultura
  - 1.3.1 Temperatura
  - 1.3.2 Oxigénio dissolvido e dióxido de carbono
  - 1.3.3 Matéria orgânica, sólidos em suspensão e turvação
  - 1.3.4 Nutrientes inorgânicos dissolvidos
  - 1.3.5 pH e alcalinidade

##### **2 – Metabolismo dos peixes e necessidade de tratamento da água em aquacultura**

- 3 – Modelos teóricos para construção de sistemas de aquacultura com recirculação de água: fluxos de massa no sistema
  - 3.1 Conceitos chave
  - 3.2 Objetivos de delineamento em função da qualidade da água
  - 3.3 Efeitos da fase do ciclo de vida, densidade e atividade dos organismos cultivados
  - 3.4 Estudos de casos

### **5.1.3 Exercícios práticos de aplicação**

Análise de parâmetros de qualidade da água para aquaculturas:

#### **1. Análise de estudos de caso: qualidade da água**

Objetivo: Sensibilizar para a importância da qualidade da água em aquaculturas.

Documentos base para consulta: São fornecidos aos estudantes dados sobre a qualidade da água em diferentes sistemas de aquacultura (oxigênio dissolvido, amônia, metais pesados, pH).

Estratégia: Os estudantes têm de interpretar os dados fornecidos e discutir a adequabilidade da qualidade da água para o cultivo de diferentes espécies marinhas.

#### **2. Análise de estudos de caso: qualidade de águas residuais**

Objetivo: Conhecer a qualidade das águas residuais de aquaculturas.

Documentos base para consulta: São fornecidos aos estudantes exemplos de águas residuais de aquaculturas, ex.: Castine, et al. (2013); Kurniawan et al. (2021).

Estratégia: Os estudantes têm de interpretar os dados fornecidos e discutir as necessidades de tratamento da água face a utilizações futuras.

#### **3. Delineamento do caudal hidráulico: um exemplo**

Objetivo: Estimar o caudal que garanta as necessidades de qualidade da água em sistemas aquacultura.

Exemplos de exercícios:

Considere uma aquacultura com uma capacidade de produção de 500 t de tilápia azul por ano, com um tamanho de peixe de 750 g, inteiro. Calcule o caudal necessário para cada parâmetro de qualidade da água e, em seguida, identifique o parâmetro de controle para um caudal de recirculação de 100%, para a taxa de alimentação do tanque de produção de 170 kg de ração/dia com 38% de proteína. Calcule o caudal necessário, em estado estacionário, para manter os seguintes níveis de qualidade da água: 2 mg/L azoto amoniacal total (TAN), 25 mg/L sólidos suspensos total (TSS), 5 mg/L O<sub>2</sub> e 40 mg/L CO<sub>2</sub>. Assuma as seguintes eficiências para os processos de tratamento: 35% para TAN e TSS, 90% para O<sub>2</sub> e 70% para CO<sub>2</sub>. Considere ainda que a temperatura da água do tanque foi ajustada para 28 °C e a concentração de saturação de O<sub>2</sub> no dispositivo de tratamento é 18,1 mg/L.

Estratégia: Os estudantes têm de resolver, em aula, estes exercícios.

Este módulo inclui ainda algumas aulas exclusivamente destinadas à orientação dos trabalhos a desenvolver pelos estudantes (1 a 2 h).

#### **5.1.4 Referências Bibliográficas**

Bone, J., Clavelle, T., Ferreira, J.G., Grant, J., Ladner, I., Immink, A., Stoner, J. (2018). Best Practices for Aquaculture Management. Guidance for implementing the ecosystem approach in Indonesia and beyond. Conservation International, Sustainable Fisheries Partnership, University of California Santa Barbara. <https://sustainablefish.org/wp-content/uploads/2021/09/Aquaculture-Best-Practices-Guide-Nov-9-web-1.pdf>.

Castine, S.A., McKinnon, A.D., Paul, N.P., Trott, L.A., de Nys, R. (2013). Wastewater treatment for land-based aquaculture: improvements and value-adding alternatives in model systems from Australia. *Aquaculture Environment Interactions* 4:285–300. <https://doi.org/10.3354/aei00088>.

Kurniawan, S.B., Rozaimah, A.S.R.S., Imron, M.F., Ahmad, A., Said, N.S.M., Rahim, N.F.M., Alnawajha, M.M., Hasan, H.A., Othman, A.R., Purwanti, I.F. (2021). Potential of valuable materials recovery from aquaculture wastewater: An introduction to resource reclamation. *Aquaculture Research* 52:2954–2962. <https://doi.org/10.1111/are.15180>.

Timmons, M.B. (s.d.). Mass Balances, Loading Rates, and Fish Growth. Cornell University. Na internet em:

<https://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA7/RecircWorkshop/Workshop%20PP%20%20&%20Misc%20Papers%20Adobe%202006/3%20Engineering%20Design/Loading%20%20Growth.pdf>, acessado a 04/01/2023.

Timmons, M.B., Guerdal, T., Vinci, B.J. (2018). *Recirculating Aquaculture*. 4<sup>th</sup> edition. Ithaca Publishing Company LLC, New York. ISBN 978-0-9712646-7-0.

## **5.2 Módulo 2: Processos de tratamento de águas residuais**

### **5.2.1 Objetivos**

Conhecer os princípios e os fundamentos dos processos de tratamento de águas residuais em sistemas de aquacultura com recirculação de água. Relacionar a qualidade da água com as necessidades de tratamento de água e definir esquemas de tratamento. Compreender as bases para o dimensionamento de cada processo de tratamento.

### **5.2.2 Conteúdos programáticos**

1 – Componentes de um sistema de aquacultura convencional, com recirculação de água

1.1 Delineamento do sistema

## 1.2 Taxa de recirculação de água

## 2 – Processos de tratamento

### 2.1 CONTROLO DE GASES

- 2.1.1 Gases dissolvidos
- 2.1.2 Bases da transferência de gases
- 2.1.3 Arejamento e oxigenação
- 2.1.4 Desgaseificação
- 2.1.5 Estudos de caso

### 2.2 REMOÇÃO DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO

- 2.2.1 Balanço de sólidos em suspensão
- 2.2.2 Decantação
- 2.2.3 Filtração
- 2.2.4 Flotação
- 2.2.5 Eliminação de lamas
- 2.2.6 Estudos de caso

### 2.3 REMOÇÃO DE NUTRIENTES INORGÂNICOS DISSOLVIDOS

- 2.3.1 Nitrificação
- 2.3.2 Desnitrificação
- 2.3.3 Remoção de fósforo
- 2.3.4 Biofiltração e design de biofiltros
- 2.3.5 Estudos de caso

### 2.4 DESINFEÇÃO

- 2.4.1 Fatores que afetam a desinfecção
- 2.4.2 Grau de inativação/remoção
- 2.4.2 Radiação ultravioleta
- 2.4.3 Ozonização
- 2.4.4 Estudos de caso

### 2.5 AJUSTE DE PH

## 3 – Sistemas de fluxo contínuo *versus* sistemas com recirculação de água

### **5.2.3 Exercícios práticos de aplicação**

Cálculos para as bases de dimensionamento dos processos de tratamento. Esquemas de tratamento de águas residuais:

#### 1. Cálculos para as bases de dimensionamento

Objetivo: Sensibilização e compreensão das bases de dimensionamento.

Exemplos de exercícios:

- Suponha que há uma queda de água de 30 cm entre dois tanques com um simples açude separando-as. A temperatura da água é 10 °C e a concentração de oxigénio é 10,67 mg/L.

Se a carga de peixes no tanque a montante for tal que a concentração de oxigênio dissolvido diminua para 5,0 mg/L, determine a concentração de oxigênio que deixa o primeiro tanque. Uma queda de 30 cm sobre um açude simples tem 9,3% de eficiência. Se esta água for enviada para outro tanque através de outra queda (açude), qual será a nova concentração de oxigênio dissolvido na água?

- Suponha que um arejador transfere oxigênio a 2,0 kg/kWh sob condições padrão. Determine a taxa real de transferência de oxigênio (RT) num local com uma temperatura da água de 10 °C, pressão barométrica de 760 mm Hg e o oxigênio dissolvido da água a ser arejada de 5,0 mg/L.
- Um caudal de 1000 L/min de água com sólidos suspensos vai ser tratado com auxílio de um decantador. Determine o tempo de retenção hidráulica do decantador para esse caudal de água. O volume do tanque é de 35 m<sup>3</sup>. Calcule ainda o comprimento da bacia de sedimentação e a área da seção transversal da bacia, considerando uma velocidade média da água de 1 m/min.
- Numa aquacultura, o consumo de ração é de 100 kg/dia. A excreção de TAN foi estimada em 30-40 g por kg de ração. A temperatura da água é de 20 °C e o pH é de 7. A taxa de nitrificação é de 1,0 g NH<sub>4</sub><sup>+</sup> por m<sup>2</sup> por dia, a 20 °C. Calcule a área do biofiltro.
- Calcule o caudal para que um sistema de desinfecção por UV permita fornecer uma dose mínima letal de 100 mWs/cm<sup>2</sup> num volume de água de 1000 L.
- Calcule o pH e a alcalinidade de uma água que contém 100 mg/L de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e 0,5 mg/L de CO<sub>2</sub>.

Estratégia: Os estudantes têm de resolver, em aula, estes exercícios.

## 2. Esquemas de tratamento em águas residuais

Objetivo: Compreender os diversos esquemas de tratamento versus qualidade da água.

Documentos base para consulta: São fornecidos aos estudantes esquemas de tratamento de águas residuais em aquacultura.

Estratégia: Os estudantes têm de discutir diversos esquemas de tratamento de água e relacioná-los com as necessidades de qualidade da água.

Este módulo inclui ainda uma visita de estudo para visualização de alguns processos de tratamento de águas residuais de aquacultura (entre 2 a 3 h, dependendo do local). O acompanhamento dos trabalhos a realizar pelos alunos efetua-se durante as aulas ou após o seu término, sempre que solicitado pelos estudantes.

#### **5.2.4 Referências Bibliográficas**

Odd-Ivar Lekang (2013). Aquaculture engineering. Second Edition. Wile-Blackwell, John Wiley & Sons, Ltd. UK. ISBN978-0-470-67085-9.

Soderberg, R.W. (2017). Aquaculture technology. CRC Press, Taylor & Francis Group. USA. ISBN: 978-1-4987-9884-6.

Timmons, M.B., Guerdal, T., Vinci, B.J. (2018). Recirculating Aquaculture. 4<sup>th</sup> edition. Ithaca Publishing Company LLC, New York. ISBN 978-0-9712646-7-0.

Wheaton, F. (1999). Part II Aquaculture Engineering. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Volume II Animal Production & Aquacultural Engineering. (<http://www.cigr.org/Resources/handbook.php>).

## **6 Metodologias de ensino**

As atividades letivas de contato decorrem, de forma concentrada, em três semanas, iniciando na primeira semana do semestre. Posteriormente, há períodos para apoio ao desenvolvimento do trabalho individual. A UC inclui aulas teórico-práticas, uma saída de campo (entre 2 a 3 horas), sessões de acompanhamento dos trabalhos de grupo (ca. 1 a 2 horas), e uma sessão de 2 horas para apresentação e discussão oral dos trabalhos em grupo. As aulas estão integradas em dois módulos temáticos: (1) qualidade da água e balanços mássicos (10 horas); e (2) processos de tratamento de águas (20 horas). Todas as aulas têm uma explicação teórica, expositiva e participativa, e aplicações práticas dos conceitos explanados. As aulas são baseadas em estudos de caso de aquaculturas e que se vão desenrolando com o desenvolvimento dos conteúdos programáticos. Estes estudos de caso abordam aquaculturas com diferentes opções e soluções de tratamento para as necessidades de água e tratamento de águas residuais de aquaculturas. A componente prática dirige-se à resolução de questões específicas que surgem com o desenrolar dos estudos de caso e com a lecionação dos fundamentos teóricos. Os estudantes são envolvidos através da discussão dos estudos de caso e das opções de tratamento ou através da resolução de exercícios práticos.

A unidade curricular inclui ainda 48 horas de trabalho autónomo, independente. Neste período, os estudantes deverão aprofundar o estudo das matérias lecionadas, realizar os trabalhos propostos e preparar a apresentação oral.

O material de apoio ao ensino (ex.: sumários, documentos de apoio às aulas teóricas, estudos de caso) é disponibilizado aos estudantes através da tutoria eletrónica à medida que os assuntos são abordados.

Para além dos períodos letivos de contato direto com os estudantes, qualquer dúvida relacionada com conteúdos, desenvolvimento dos trabalhos propostos ou funcionamento da UC pode ser esclarecida presencialmente, requerendo-se para tal a marcação prévia por e-mail.

## **7 Avaliação**

A avaliação da unidade curricular inclui: (a) um trabalho em grupo obrigatório (35% da avaliação da UC); e (b) um trabalho individual ou exame final (65% da avaliação da UC).

a) O trabalho de grupo (35%), integrado no módulo 1 da UC, tem por objetivo desenvolver a capacidade de análise crítica, face a uma opção de tratamento definida à priori, e o trabalho em equipa. Assim, são propostas situações em estudo que envolvam processos de tratamento de águas residuais de aquaculturas, tendo os estudantes que apresentar, criticar e enquadrar em termos de sustentabilidade da aquacultura. Pretende-se que os estudantes sejam capazes de apresentar o trabalho na forma escrita, mas também na oral. Os trabalhos são desenvolvidos em grupo (número recomendado de estudantes por grupo: 3; número máximo: 4) e entregues dois dias antes da data de apresentação oral;

b) O trabalho individual (65%), integrado no módulo 2 da UC, tem por objetivo colocar os estudantes numa situação real, de necessidade de tratamento de águas residuais. Pretende-se que os estudantes sejam capazes de desenhar e apresentar uma solução de tratamento para essas águas residuais. Os trabalhos são individuais e cada estudante tem de encontrar um estudo de caso de uma aquacultura com necessidade de tratamento das águas residuais produzidas pelo seu funcionamento, escolher um parâmetro chave indicador de qualidade da água e efetuar os cálculos preliminares necessários ao desenho da solução proposta. O trabalho tem de ser apresentado na forma escrita e entregue na última semana do semestre. Sempre que solicitado pelos estudantes são combinados períodos para apoio ao desenvolvimento deste trabalho, após o término das aulas.

Os critérios de avaliação dos dois trabalhos são disponibilizados, na tutoria eletrónica, no início de cada semestre letivo (ver Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1.** Critérios de avaliação do trabalho em grupo

	<b>Peso (%)</b>
1. Trabalho escrito (70%):	
1.1 Clareza dos objetivos	5
1.2 Caracterização do estudo de caso	15
1.3 Discussão/análise crítica das opções de tratamento e enquadramento na sustentabilidade	35
1.4 Estrutura (formato, linguagem técnica, referências)	15
2. Apresentação oral (30%):	
2.1 Capacidade de apresentar o problema e a solução	10
2.2 Capacidade de discussão e argumentação	20

**Tabela 2.** Critérios de avaliação do trabalho individual

	<b>Peso (%)</b>
1. Clareza dos objetivos	5
2. Caracterização do estudo de caso, discussão das tecnologias de tratamento existentes na aquacultura e apresentação de dados do sistema	20
3. Escolha de um processo de tratamento para remoção de um poluente/contaminante alvo e cálculos preliminares de dimensionamento e remoção	30
4. Discussão dos resultados obtidos	30
5. Estrutura (formato, linguagem técnica, referências)	15

O exame final incide sobre todos os conteúdos programáticos lecionados, com questões de cálculo, descritivas e de interpretação. A aprovação na UC exige a realização de todos os momentos de avaliação selecionados (trabalho em grupo; trabalho individual ou exame) com uma classificação superior a 9,5 valores. A avaliação final da unidade curricular é a média ponderada entre a nota do trabalho individual ou exame final (65%) e a nota do trabalho de grupo (35%). A admissão a exame exige a realização do trabalho de grupo, com avaliação superior a 9,5 valores.