

**Avaliação do comportamento e preferência de habitat do
achigã (*Micropterus salmoides*, Lacépède 1802) em
albufeiras de características mediterrânicas com recurso à
telemetria acústica**

António Maria Salgado de Tovar Faro

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Gestão e Conservação de Recursos Naturais

Orientadores: Doutor Carlos Manuel Alexandre
 Prof. Doutor Pedro Raposo de Almeida

Júri:

Presidente:

Doutora Maria Teresa Marques Ferreira, Professor catedrático do(a) Instituto
Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Vogais:

Doutor Filipe Manuel Vidas Ribeiro, Investigador de Pós-doutoramento do(a) MARE –
Centro de Ciências do Mar e do Ambiente

Doutor Carlos Manuel Engeitado Alexandre, Investigador de Pós-doutoramento do(a)
MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente

Agradecimentos

Chegada a fase de conclusão da minha dissertação de mestrado, existem alguns reconhecimentos que não podem deixar de ser feitos.

Desde já um especial agradecimento ao Doutor Carlos Manuel Alexandre, meu orientador, por ter orientado a minha dissertação, pelo incansável apoio e orientação, e por todos os conhecimentos e ensinamentos transmitidos durante a realização da mesma. Mas também pela ajuda prestada no trabalho de campo desenvolvido nesta dissertação.

Um agradecimento especial ao Professor Doutor Pedro Raposo de Almeida, meu orientador, pelo voto de confiança e pela oportunidade que me foi dada, ao poder contribuir e participar neste projeto, mas também por ter aceitado orientar a minha dissertação e toda a ajuda e ensinamentos prestados ao longo da sua realização.

Ao João Pedro Marques, à Filipa Silva, à Esmeralda Pereira e à Filipa Belo, assim como toda a equipa do MARE, queria agradecer por toda a ajuda prestada, tanto no trabalho de campo como no tratamento e análise dos dados.

Um agradecimento muito importante também ao MARE - Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, e ao seu Diretor, o Professor Doutor João Carlos Marques, pelo acolhimento e disponibilização de todos os meios necessários à realização deste trabalho.

À minha família, Mãe, Pai, Irmã e Avó por todo o apoio e ensinamentos que me proporcionaram ao longo da vida assim como durante a realização deste trabalho.

Um agradecimento também para todos os meus amigos que de alguma forma me apoiaram e ajudaram, em especial ao Francisco e ao Tomás.

Para terminar, salienta-se que esta dissertação de mestrado foi desenvolvida no âmbito do projeto GAMEFISH - Gestão e Promoção da Pesca Recreativa em Albufeiras da Região Mediterrânica (ALT20-03-0145-FEDER-000016) que tem como entidade promotora a Universidade de Évora, em parceria com o MARE - Centro de Ciências do Mar e do Ambiente (MARE-UÉ) e com o ICAAM – Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, é cofinanciado pela União Europeia através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional, e enquadrado no ALENTEJO 2020 (Programa Operacional Regional do Alentejo).

Resumo

O achigã (*Micropterus salmoides* Lacépède, 1802) atualmente encontra-se distribuído mundialmente, no entanto, na região mediterrânica, onde é uma espécie não-indígena, encontra-se ainda pouco estudada. Este trabalho realizou-se numa albufeira alentejana, clima tipicamente mediterrânico, a albufeira das Nascentes. O principal objetivo deste trabalho foi a análise do comportamento e da preferência de habitat pelo achigã durante o período de verão. A biotelemetria acústica de posicionamento tridimensional foi a técnica utilizada neste estudo, tendo sido marcados 9 achigãs com transmissores acústicos. A eficiência de deteção do sistema instalado na albufeira, composta por 6 recetores, foi aferida através de um procedimento de teste, tendo-se verificado valores elevados para este parâmetro, na ordem dos 95,5%. Neste estudo foram utilizadas três análises estatísticas, uma em base SIG, a *Kernel Density Estimation* (KDE), uma PERMANOVA no programa PRIMER 6 & PERMANOVA+, e uma regressão linear no programa EXCEL, que permitiram avaliar o padrão de movimentos dos animais ao longo da albufeira, através de variáveis como *home range*, proporção de área utilizada e a relação entre a profundidade ocupada pelos indivíduos e a temperatura da água. Verificou-se que há uma tendência para durante o dia os achigãs apresentarem em média maiores áreas de *core range* (Valores médios: Dia 3ha; Noite 2,5ha) e maiores áreas de *home range* (Valores médios: Dia 11,8ha; Noite 10ha), embora estas diferenças não se tenham revelado estatisticamente significativas. Observou-se também uma relação significativa negativa entre a temperatura e a profundidade, ou seja, em períodos de menor temperatura da água, os peixes tendem a ocupar zonas mais fundas da albufeira. A informação obtida neste trabalho, relativamente ao comportamento dos achigãs é considerada muito relevante no contexto da gestão da espécie e destas massas de água, mais especificamente para a promoção da pesca recreativa na região mediterrânica.

Palavra-Chave: *Micropterus salmoides*; biotelemetria acústica; comportamento; albufeiras mediterrânicas; pesca recreativa.

Behaviour and habitat use of largemouth bass (*Micropterus salmoides*, Lacépède 1802) in Mediterranean reservoirs, using acoustic telemetry

Abstract

The largemouth bass (*Micropterus salmoides* Lacépède, 1802) is currently distributed worldwide. However, in the Mediterranean region, where it is considered a non-indigenous species, the knowledge about it is still very scarce. The main objective of this work was to analyze the behaviour and habitat use of the largemouth bass during the summer season, in an Alentejo region reservoir, named Nascentes (Mediterranean climate). The technique used in this study was a biotelemetry acoustic system for tridimensional positioning, which involved the deployment in the reservoir of an array of six fixed acoustic receivers and nine largemouth basses tagged with acoustic transmitters. The detection efficiency of the acoustic system was measured through a test procedure which revealed high values for this parameter (95%). Three statistical analyzes were used in this study, one based on GIS, Kernel Density Estimation (KDE), on the second a PERMANOVA on PRIMER 6 & PERMANOVA+ software, and the last one was a linear regression on EXCEL. These analyzes allowed the evaluation of the animals movement patterns in the reservoir, through variables as home range and proportion of area used, in addition to the analyzes of the relationship between depth use by the fish and water temperature. During daytime the largemouth bass showed a tendency to have a larger core range (Day 3ha; Night 2.5ha) and also to have a larger home range (Day 11.8ha; Night 10ha). Although, differences observed were not statistically significant. It was also observed the existence of a significant negative correlation between temperature and depth, meaning that during low temperature hours, largemouth basses tend to occupy deeper areas. The information obtained in this work is considered very important for the management of the target species and associated reservoirs, more specifically regarding the management and promotion of recreational fishing in the Mediterranean region.

Keywords: *Micropterus salmoides*; acoustic biotelemetry; behaviour; Mediterranean reservoirs; recreational fishing.

Índice

Agradecimentos	I
Resumo.....	II
Abstract.....	III
Índice de Tabelas.....	V
Índice de Figuras.....	VI
Lista de abreviaturas	IX
1 Introdução.....	1
1.1 O achigã	4
1.1.1 Origem e história.....	4
1.1.2 Habitat.....	6
1.1.3 <i>Home range</i> e uso do habitat.....	7
1.1.4 Morfologia	8
1.1.5 Alimentação	9
1.1.6 Reprodução.....	9
1.2 Objetivos	10
2 Materiais e métodos.....	12
2.1 Área de estudo	12
2.2 Trabalho de campo	13
2.2.1 Levantamento batimétrico na albufeira-alvo	13
2.2.2 Colocação e teste do sistema de detecção acústica de posicionamento tridimensional	16
2.2.3 Captura, marcação e monitorização da espécie-alvo.....	23
2.3 Análise de dados.....	28
2.3.1 Aferição da eficiência de detecção do sistema VPS	28
2.3.2 Aferição do erro de posicionamento do sistema VPS	29
2.3.3 Análise do comportamento e preferência de habitat	29
3 Resultados.....	34
3.1 Eficiência de detecção da rede de monitorização automática.....	34
3.2 Erro de posicionamento da rede de monitorização automática.....	35
3.3 Comportamento e preferência de habitat	36
3.3.1 <i>Kernel Density Estimation</i> (KDE)	37
3.3.2 Análise SIMPER e PERMANOVA	46
3.3.3 Regressão linear e análise ANOVA.....	47
4 Discussão	51
5 Conclusões.....	56
6 Referências Bibliográficas	58
7 Anexos	63
7.1 Anexo I	64
7.2 Anexo II	67

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Código de identificação, coordenadas e profundidade (m) do local de colocação dos recetores e marcas de referência utilizados no âmbito do sistema VPS implementado neste estudo.....	20
Tabela 2 – Informação descritiva dos achigãs monitorizados no âmbito deste estudo na albufeira das Nascentes	27
(Eq. nº 1) $ED = \text{nº de sinais recebidos no recetor mais próximo} / \text{nº de sinais emitidos pelo transmissor de teste}$	28
Tabela 3 – Horas do nascer-do-Sol e do pôr-do-Sol ao longo do período de estudo, para o concelho do Crato, consideradas para a separação das posições estimadas dos achigãs, entre os períodos de dia e de noite	32
Tabela 4 – Tabela síntese das variáveis comportamentais consideradas neste estudo, obtidas através dos mapas KDE com <i>percent volume contours</i> de 95 % (<i>home range</i>) e 50 % (<i>core range</i>)	46
Tabela 5 – Tabela de resultados SIMPER para o grupo Dia e para o grupo Noite do fator PERÍODO.....	46
Tabela 6 – Tabela de resultados PERMANOVA aos fatores PEIXE e PERÍODO para os seis achigãs em análise.....	47
Tabela 7 – Comparação de resultados obtidos em diferentes estudos.....	53
Tabela 8 – Tabela resultante do procedimento de teste ao sistema VPS	64

Índice de Figuras

Figura 1 – Distribuição mundial do achigã (<i>M. salmoides</i>).....	5
Figura 2 – Localização da área de estudo: Albufeira das Nascentes, situada no concelho do Crato.	13
Figura 3 – Sonda Lowrance Hook-4 T455 utilizada para o levantamento batimétrico efetuado na albufeira das Nascentes.	14
Figura 4 – Transdutores da sonda Lowrance Hook-4 T455 acoplados à prancha utilizada no procedimento de levantamento batimétrico.	14
Figura 5 – Mapa representativo dos transectos realizados ao longo da albufeira das Nascentes para obter o respetivo levantamento batimétrico.	15
Figura 6 – Mapa ilustrativo da batimetria identificada ao longo da albufeira das Nascentes.	16
Figura 7 – Componentes do sistema VPS – <i>Vemco Positioning System</i> utilizado no presente estudo: 7a) Recetor acústico <i>Vemco</i> VR2tx; 7b) Transmissor <i>Vemco</i> V9P-69 kHz.	18
Figura 8 – Estrutura de ancoragem desenvolvida para fixação dos recetores VEMCO VR2tx: 8a) poita e corrente (2m); 8b) cabo principal (3m), recetor VEMCO VR2tx e boia.	19
Figura 9 – Marca de referência V9 (9a) e respetiva estrutura de ancoragem (9b) utilizados no âmbito da implementação do sistema de deteção acústica tridimensional – <i>Vemco Positioning System</i> na albufeira-alvo.	20
Figura 10 – Localização dos recetores e das marcas de referência colocados na albufeira das Nascentes.	21
Figura 11 – <i>Fishnet</i> 50xx50 criada sobre o mapa da albufeira das Nascentes para definir os pontos onde foi deixado o transmissor de teste durante o procedimento.	22
Figura 12 – Procedimento de captura com rede de emalhar multi-panos, realizado no âmbito deste estudo.	23
Figura 13 – Pormenor do procedimento de marcação dos achigãs na albufeira das Nascentes: incisão na zona ventral para inserção do transmissor acústico V9P na cavidade intra-peritoneal.	24
Figura 14 – Pormenor do procedimento de marcação dos achigãs na albufeira das Nascentes: Sutura da incisão efetuada para a implementação do transmissor.	25
Figura 15 – Achigã marcado com T-bar na base da barbatana dorsal para identificação por parte dos pescadores recreativos que eventualmente os viessem a capturar.	25
Figura 16 – Representação gráfica da análise <i>Universal Kriging</i> que ilustra a ED dos recetores acústicos instalados no interior da albufeira das Nascentes, elaborada através da interpolação dos 71 pontos onde foi realizado o procedimento de teste.	34
Figura 17 – Representação gráfica da análise <i>Universal Kriging</i> que ilustra o EP do sistema de deteção de posicionamento tridimensional instalado no interior da albufeira das	

Nascentes, elaborada através da interpolação dos 71 pontos onde foi realizado o procedimento de teste.....	36
Figura 18 – Mapas representativos da <i>Kernel Density Estimation</i> , com <i>percent volume contours</i> de 95% - <i>home range</i> (linha azul) e 50% - <i>core range</i> (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas.....	39
Figura 18 (continuação) – Mapas representativos da <i>Kernel Density Estimation</i> , com <i>percent volume contours</i> de 95% - <i>home range</i> (linha azul) e 50% - <i>core range</i> (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas.....	40
Figura 18 (continuação) – Mapas representativos da <i>Kernel Density Estimation</i> , com <i>percent volume contours</i> de 95% - <i>home range</i> (linha azul) e 50% - <i>core range</i> (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas.....	41
Figura 18 (continuação) – Mapas representativos da <i>Kernel Density Estimation</i> , com <i>percent volume contours</i> de 95% - <i>home range</i> (linha azul) e 50% - <i>core range</i> (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas.....	42
Figura 18 (continuação) – Mapas representativos da <i>Kernel Density Estimation</i> , com <i>percent volume contours</i> de 95% - <i>home range</i> (linha azul) e 50% - <i>core range</i> (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas.....	43
Figura 18 (continuação) – Mapas representativos da <i>Kernel Density Estimation</i> , com <i>percent volume contours</i> de 95% - <i>home range</i> (linha azul) e 50% - <i>core range</i> (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas.....	44
Figura 18 (continuação) – Mapas representativos da <i>Kernel Density Estimation</i> , com <i>percent volume contours</i> de 95% - <i>home range</i> (linha azul) e 50% - <i>core range</i> (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas.....	45
Figura 19 – Relação entre a temperatura da água na albufeira das Nascentes e a profundidade ocupada pelos achigãs testados ao longo do período de estudo. A equação representa a linha de tendência graficada a amarelo.	48
Figura 19 (continuação) – Relação entre a temperatura da água na albufeira das Nascentes e a profundidade ocupada pelos achigãs testados ao longo do período de estudo. A equação representa a linha de tendência graficada a amarelo.	49
Figura 19 (continuação) – Relação entre a temperatura da água na albufeira das Nascentes e a profundidade ocupada pelos achigãs testados ao longo do período de estudo. A equação representa a linha de tendência graficada a amarelo.	50
Figura 20 – Localizações do indivíduo Ach1 durante o período de Dia.....	67
Figura 21 – Localizações do indivíduo Ach1 durante o período de Noite.....	67
Figura 22 – Localizações do indivíduo Ach2 durante o período de Dia.....	68
Figura 23 – Localizações do indivíduo Ach2 durante o período de Noite.....	68
Figura 24 – Localizações do indivíduo Ach4 durante o período de Dia.....	69

Figura 25 – Localizações do indivíduo Ach4 durante o período de Noite.....	69
Figura 26 – Localizações do indivíduo Ach5 durante o período de Dia.....	70
Figura 27 – Localizações do indivíduo Ach5 durante o período de Noite.....	70
Figura 28 – Localizações do indivíduo Ach6 durante o período de Dia.....	71
Figura 29 – Localizações do indivíduo Ach6 durante o período de Noite.....	71
Figura 30 – Localizações do indivíduo Ach8 durante o período de Dia.....	72
Figura 31 – Localizações do indivíduo Ach8 durante o período de Noite.....	72

Lista de abreviaturas

ED: Eficiência de detecção

EP: Erro de posicionamento

GME: *Geospatial Modelling Environment*

HPE: *Horizontal Position Error estimate*

KDE: *Kernel Density Estimation*

VPS: *Vemco Positioning System*

1 Introdução

A Terra tem a maioria da sua superfície coberta por água, que está distribuída em diferentes reservatórios naturais: oceanos, subsolo (lençóis freáticos), atmosfera, rios e lagos. Contudo, apesar de a água ser o elemento mais abundante no nosso planeta, apenas uma pequena percentagem desta água é água doce, cerca de 2,5 %. Do total da água doce presente na Terra, grande parte está congelada (cerca de 68,7 %) ou em lençóis freáticos inacessíveis (29,9 %), restando apenas 0,26 % disponível em lagos, reservatórios e rios (Shiklomanov, 1998).

Apesar da pequena quantidade de água doce existente no nosso planeta, os ecossistemas dulciaquícolas representam importantes *hotspots* de biodiversidade, englobando cerca de 125 000 espécies de animais de água doce, representando cerca de 9,5% de todas as espécies de animais no planeta (Cooke *et al.*, 2013).

Além da elevada riqueza em biodiversidade, estes ecossistemas também são de extrema importância para o Homem e as suas atividades, estando por isso sujeitos a diversas ameaças e pressões de origem antrópica, o que geralmente leva à perda de biodiversidade e à destruição destes ecossistemas. Uma das principais causas da destruição/alteração destes ecossistemas são as barragens e as respetivas albufeiras, que atualmente bloqueiam cerca de 2/3 da água em todo o mundo (Nilsson e Berggren, 2000). Estas infraestruturas podem ter diversos fins, como o controlo de cheias, a produção de energia hidroelétrica, o abastecimento público, a irrigação, a pesca, o uso recreativo, entre outros. Atualmente, nas regiões áridas e sub-áridas do nosso planeta, a maioria da água utilizada pelo Homem para as suas atividades provém de lagos artificiais, como é o caso das albufeiras associadas às barragens (Fonseca, 2002).

Na maioria destes reservatórios artificiais, tanto nos de grande dimensão assim como nos de pequena dimensão, existe uma prática comum a quase todas elas, a pesca recreativa. Em Portugal continental, a pesca recreativa (lúdica e desportiva) em águas interiores, representa uma atividade com elevada importância, pois envolve um volume considerável de investimentos e negócios. Atualmente, por ano são requeridas uma média de 215 000 licenças de pesca recreativa em água doce existem (ICNF, 2016), o que considerando os seus custos, bem como o investimento feito nas jornadas de pesca e no respetivo equipamento, perfaz um investimento anual de, aproximadamente, 70 milhões de euros, salientando-se que este valor é alcançado sem a existência significativa de programas de gestão e promoção especificamente dirigidos a esta atividade (Almeida *et al.*, 2017).

Visto que se trata de uma atividade com um potencial de exploração elevado para a economia nacional e que o número de pescadores recreativos tem vindo a aumentar nos últimos anos, esta atividade pode e deve ser fomentada, de forma a potenciar e valorizar, o número de praticantes, ao mesmo tempo que se garante a sua sustentabilidade. Para tal, é necessário adquirir um conhecimento aprofundado das espécies que habitam nestes ecossistemas dulciaquícolas, bem como das suas respostas a qualquer tipo de alteração que ocorra neles, seja ela de cariz natural (e.g., fenómenos de eutrofização e mortalidade massiva de peixes) ou antrópico (e.g., alterações e melhoramentos de habitat, ações de remoção seletiva). No âmbito desta necessidade, está a ser desenvolvido um projeto, onde se inclui a presente dissertação de mestrado, que visa o desenvolvimento de um plano de gestão especificamente direcionado para as albufeiras alentejanas de pequena-média dimensão. Este projeto, intitulado “GAMEFISH - Gestão e Promoção da Pesca Recreativa em Albufeiras da Região Mediterrânica” (ALT20-03-0145-FEDER-000016), tem como entidade promotora a Universidade de Évora, em parceria com o MARE - Centro de Ciências do Mar e do Ambiente (MARE-UÉ) e com o ICAAM – Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, é cofinanciado pela União Europeia através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional e enquadrado no ALENTEJO 2020 (Programa Operacional Regional do Alentejo). Este projeto, tem como principais objetivos: (i) o aumento sustentável das espécies/dimensões de peixes mais interessantes para a pesca lúdica; (ii) a redução da ocorrência de mortalidades massivas de peixes em períodos de falta de água; e (iii) a integração das espécies mais interessantes para esta atividade, muitas delas não-indígenas, nos programas de gestão pesqueira.

As albufeiras existentes na região mediterrânica caracterizam-se pela escassez e pouca diversidade de habitat e refúgio para as espécies piscícolas que nelas habitam, influenciando negativamente o seu crescimento e desenvolvimento (Vogele e Rainwater, 1975; Hoff, 1991; Wills *et al.*, 2004), em particular o achigã (*Micropterus salmoides*, Lacépède 1802) e a carpa (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758), que são espécies que despertam grande interesse para pesca recreativa (Marta *et al.*, 2001). De forma a contrariar a escassez e a pouca diversidade de habitat nestes ecossistemas, têm sido desenvolvidos ao longo dos anos, vários projetos que visam o melhoramento do habitat através da colocação de estruturas de agregação piscícola (Tugend *et al.*, 2002; Allen *et al.*, 2014).

O melhoramento do habitat tem como principal objetivo, providenciar abrigo adicional e agregar espécies piscícolas nessas zonas e assim, aumentar as taxas de recrutamento, de sobrevivência e de crescimento, mas também aumentar a taxa de captura por parte dos pescadores (Johnson e Stein, 1979). Vogele e Rainwater (1975) e Hunt *et al.* (2002) verificaram que o achigã apresenta uma boa resposta ao melhoramento do seu

habitat, aumentando assim as suas taxas de recrutamento, de sobrevivência e de crescimento.

Além dos efeitos que estas estruturas têm nas espécies-alvo, as estruturas também podem oferecer refúgio para as espécies presa (Bohnsack e Sutherland 1985; Johnson *et al.*, 1988; Moring e Nicholson 1994). O que conseqüentemente aumentará a abundância de presas nas zonas próximas das estruturas (Wege e Anderson 1979; Aadland 1982; Moring *et al.*, 1989), que por sua vez irá aumentar a abundância e o crescimento dos predadores (Wege e Anderson 1979; Bohnsack 1989; Wills *et al.*, 2004).

A colocação de estruturas de agregação piscícola pode também ser uma importante ferramenta de promoção e gestão da pesca recreativa, tornando mais fácil para os pescadores localizar peixes, aumentar o número de espécimes-troféu e aumentar as taxas de captura de pescado concentrando peixes (Bohnsack, 1989; Bassett, 1994; Tugend *et al.*, 2002; Wills *et al.*, 2004).

Antes da realização de qualquer estudo/ação que vise o melhoramento de habitat, ter o conhecimento do comportamento da espécie-alvo a uma escala fina, antes de qualquer alteração no habitat, é essencial para o sucesso de futuras medidas de gestão, pois só assim se poderá efetivamente confirmar a ocorrência de mudanças comportamentais e, ao mesmo tempo, prever a resposta da espécie ao melhoramento do habitat. Especificamente, nesta dissertação, é esse conhecimento que se pretende adquirir, pois o comportamento e o uso do habitat pelo achigã na região mediterrânica é ainda um tema muito pouco aprofundado, e após a realização desta dissertação, este estudo poderá auxiliar qualquer estudo que se pretenda realizar, no âmbito de eventuais ações de melhoramento de habitat para o achigã que venham a ser desenvolvidas no futuro.

Atualmente existem diversas ferramentas que permitem estudar os animais no seu habitat natural, mas para certas espécies o estudo torna-se um pouco mais complicado, como é o caso das espécies aquáticas, pois a observação visual dos animais não é possível, ou é muito difícil. Assim, nestes casos, um dos métodos mais utilizados é a biotelemetria que consiste na recolha remota de informação de um animal, que foi previamente marcado (Cooke *et al.*, 2004; Cooke, 2008). A informação é enviada através de um sinal emitido por um transmissor para um recetor que tem a capacidade receber, armazenar e interpretar os dados recolhidos, permitindo assim recolher informação fisiológica, comportamental ou ambiental da espécie-alvo (Guller e Ubeyli, 2002). Os transmissores utilizados na biotelemetria, podem também conter diferentes sensores que permitem a recolha de variáveis ambientais, como a profundidade, temperatura da água, pressão, entre outras (Cooke *et al.*, 2004; Cooke, 2008).

Atualmente existem diferentes técnicas de telemetria, como a telemetria acústica, a telemetria rádio e a telemetria com marcas PIT (*Passive Integrated Transponder*).

A telemetria acústica é uma técnica que tem tido uma significativa expansão (Heupel *et al.*, 2006), neste método, a informação é transmitida através de sinais acústicos, em frequências geralmente acima de nossa faixa de audição. O sinal acústico é produzido pela conversão da energia elétrica armazenada na bateria em energia acústica, que é transmitida para o meio aquático através do transmissor (Cooke, 2008), e redirecionada pelo recetor acústico, que é capaz de detetar os sinais emitidos e reconverte a energia acústica em energia elétrica. Este sinal elétrico é então interpretado pela unidade de processamento do recetor e armazenado com um registro de data e hora (Singh *et al.*, 2009).

O sistema de biotelemetria acústica apresenta algumas vantagens comparativamente com outros sistemas de biotelemetria, como é o caso da radiotelemetria. Na radiotelemetria são utilizadas frequências mais altas (30 a 300 MHz), o que provoca uma maior absorção do sinal (Webber, 2009). Outra vantagem é que os sinais acústicos propagam-se melhor em locais com maior salinidade e/ou profundidade, sendo assim, um sistema mais versátil, que permite a sua utilização tanto em ecossistemas marinhos, como em ecossistemas de água doce, sobretudo em zonas de elevada profundidade e ambientes lênticos (Cooke, 2008; Pincock *et al.*, 2010; Koehn, 2012; Donaldson *et al.*, 2014).

Na biotelemetria acústica a monitorização do sinal pode ser feita de duas formas. Uma delas é a monitorização passiva em que o sinal é captado através de uma rede de recetores fixos, outra é a monitorização ativa, em que a deteção dos animais é feita com um recetor hidrofone manual (Koehn, 2012). A monitorização passiva permite monitorizar de forma contínua e automática diversos indivíduos, fornecendo simultaneamente informação posicional com elevado detalhe espacial e temporal, podendo assim estimar a área vital e os padrões de movimentos destes animais (Cooke, 2008; Cooke *et al.*, 2013; Roy *et al.*, 2014).

1.1 O achigã

1.1.1 Origem e história

O achigã, *M. salmoides*, é uma espécie dulciaquícola que pertence à ordem Perciformes e à família Centrarchidae, é uma espécie nativa da América do Norte, mais precisamente do leste da América do Norte e historicamente variou desde o norte do México até ao sul do Canadá e da costa leste até à região central dos Estados Unidos (Hubbs, 1964; Carlander, 1977; Page *et al.*, 1991; Vieira, 1998; Tidwell *et al.*, 2000; Petit, 2001). Contudo, atualmente esta espécie pode ser encontrada em quase todos os continentes

(Robbins e MacCrimmon, 1974; Welcomme, 1988; Lever, 1996; Ellender e Weyl, 2014) como resultado de diversas introduções ocorridas desde o século XX (Figura 1):

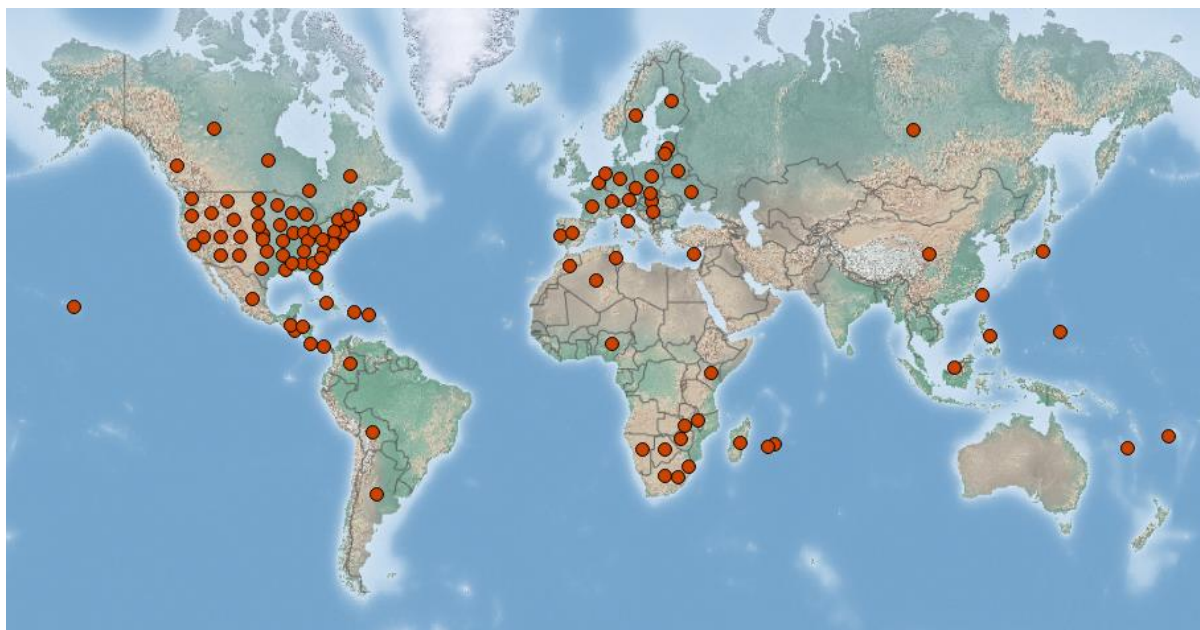


Figura 1 – Distribuição mundial do achigã (*M. salmoides*). Fonte: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/74846>.

A dispersão do achigã para outros continentes, não ocorreu de forma natural, mas sim devido a introduções feitas pelo Homem. As introduções desta espécie em diferentes países tiveram diferentes objetivos, como a pesca recreativa e/ou o controle biológico (Almaça, 1996). Esta espécie desperta um elevado interesse para a pesca recreativa, tendo uma grande reputação a nível mundial enquanto "sport fish" (Burlerson *et al.*, 2001; Marta *et al.*, 2001).

Na Europa, os primeiros exemplares de achigã foram introduzidos em 1883 (Kottelat e Freyhof, 2007). Posteriormente, o achigã foi introduzido em Portugal, mais precisamente em 1898 na Lagoa das Sete Cidades - Açores (Silva, 1992). Apenas nos anos 50 é que se deu a introdução em Portugal continental. Segundo Godinho (1991), o objetivo da introdução do achigã em Portugal continental, foi dinamizar a pesca desportiva no sul de Portugal e o turismo associado a esta atividade. Posteriormente esta espécie foi também utilizada para controlar as populações de gambúsia (*Gambusia holbrooki*, Girard, 1859), outra espécie exótica que foi introduzida para reduzir as populações do mosquito transmissor da malária ao Homem (Almaça, 1996). Em Portugal, o achigã teve uma excelente aclimação (DPAI, 1999), assumindo-se como uma espécie voraz e com uma grande capacidade de adaptação mas que também foi favorecida pela presença e construção de diversos sistemas lânticos artificiais (Sanches e Rodrigues, 2011). Atualmente em Portugal, o achigã pode ser

encontrado em quase todas as albufeiras e rios de caudal menos turbulento e/ou regularizado (Sanches e Rodrigues, 2011).

1.1.2 Habitat

O achigã, como foi referido anteriormente, é uma espécie nativa da América do Norte mas que atualmente encontra-se distribuído por diversos países, e por isso é considerada uma espécie versátil e com boa capacidade de adaptação a novos ambientes (Sanches e Rodrigues, 2011) isto é, tem a capacidade de tolerar uma ampla gama de condições ambientais. De modo geral, o achigã habita meios lênticos ou cursos de água com fraca corrente, boa visibilidade e com uma elevada densidade vegetacional.

A vegetação é considerada um dos componentes do habitat mais importantes para o achigã, esta importância tem sido documentada por vários autores. Uma combinação adequada de vegetação é fundamental (*Florida Fish and Wildlife Conservation Commission*, 2011), pois todo o ciclo de vida do achigã depende da vegetação. Numa fase inicial, enquanto larvas e juvenis, a vegetação proporciona abrigo e proteção contra predadores (Patterson, 1998). Enquanto adulto, o achigã necessita da vegetação para se proteger da luz solar e para se esconder e realizar as suas emboscadas (Iguchi *et al.*, 2004).

Além da vegetação, o achigã pode também recorrer a outras estruturas que lhe conferem abrigo e esconderijo necessário para realizar as suas emboscadas, como fundos com detritos, amontoados de pedras, troncos submersos, galhos, paredões, cais e estruturas artificiais, entre outros objetos (Patterson, 1998), assim como depressões e “cortes” no fundo da massa de água.

Num estudo realizado por Brown *et al.* (2009) é referido que a vegetação aquática densa pode reduzir a predação dos juvenis de achigã e as densidades de presas podem ser maiores. Num outro estudo realizado por Sammons *et al.* (2003), verificou-se que após a remoção da vegetação aquática no Lago Seminole, na Georgia, EUA, o achigã alterou o seu comportamento, deixando de realizar emboscadas, passando a realizar movimentos mais prolongados na procura de alimento, mas também aumentou os seus movimentos diurnos.

No que diz respeito à temperatura da água, segundo Patterson (1998), os achigãs geralmente preferem águas com uma temperatura média de 20°C. Segundo autores como Venables *et al.* (1978) e Stuber *et al.* (1982), o achigã apresenta um crescimento máximo quando a temperatura se situa entre os 24 e os 30°C, sendo que abaixo dos 15°C e acima dos 36°C o achigã cessa o crescimento. Para a desova e incubação, a temperatura ideal é 20-21°C (Clugston, 1964).

Além da vegetação, a qualidade água é também um fator importante para o achigã, estando a ocorrência e abundância desta espécie diretamente relacionada com a presença de poluentes, transparência e cor da água e quantidade de nutrientes e minerais disponíveis. Relativamente à presença de poluentes, segundo Iguchi *et al.* (2004), o achigã apresenta alguma tolerância à turbidez e à poluição, assim como águas salobras (DPAI, 1999). A visibilidade da água é também determinante para o sucesso na captura de presas, pois em águas muito turvas, o sucesso na captura de presas pode diminuir e comprometer a sobrevivência do animal. No entanto, o achigã tem a capacidade de detectar e capturar presas através do som ou pelas vibrações da água, mesmo durante a noite (McHahon e Holanov, 1995; Davis e Lock, 1997).

Relativamente à concentração de oxigénio na água, segundo Burleson *et al.* (2001), o achigã procura águas com uma concentração de oxigénio com pelo menos 4 mg O₂/L de água (T= 23°C), evitando águas com menores concentrações.

Van Landeghem *et al.* (2010) estudou o comportamento dos achigãs quando expostos a algumas situações de *stress*, verificando se existiam alterações fisiológicas. Os achigãs foram sujeitos a variações bruscas de concentrações de oxigénio, hipóxia (2 mg O₂/L de água) e supersaturação (8 mg O₂/L de água). Estes testes indicaram que esta espécie apresenta uma boa resiliência às condições a que for exposta. Mesmo em condições extremas de supersaturação (18 mg O₂/L de água) os achigãs mostraram grande tolerância. Verificou-se também que esta tolerância a condições de hipóxia está dependente da dimensão/idade do indivíduo, pois um achigã com uma dimensão compreendida entre 23 a 500 g é mais tolerante do que um indivíduo de dimensões maiores (1000 a 1300 g).

1.1.3 *Home range* e uso do habitat

O “home range” consiste numa área relativamente circunscrita que um dado indivíduo percorre para obter os recursos necessários à sua sobrevivência e reprodução (Dingle, 1996) e, segundo Chappell (1974), a dimensão do *home range* do achigã pode variar com a dimensão ou com a idade do indivíduo, mas também está dependente da presença, diversidade e proximidade de refúgios. Num estudo realizado por Ahrenstorff *et al.* (2009), foi utilizado telemetria rádio para examinar o papel que o habitat lenhoso tem na definição do “home range” dos achigãs. Estes resultados, mostraram que os achigãs inseridos em habitats com menor densidade de material lenhoso têm maior *home range*, passam mais tempo em águas profundas, são predadores mais seletivos e mostravam menores gastos de energia.

A forma como os achigãs se dispõem e utilizam o habitat disponível, não é sempre igual ao longo do ciclo de vida desta espécie, segundo Bruno e Maugeri (1995), os adultos são geralmente demersais, enquanto os juvenis movem-se em águas superficiais. Ao longo do ano o achigã efetua movimentos ao longo da massa de água, que podem ter diferentes objetivos, a procura de alimento ou em resposta a variações na temperatura. O achigã durante as estações mais quentes do ano é mais ativo, enquanto nas estações mais frias, diminui a sua atividade (Demers *et al.*, 1996).

Hanson *et al.* (2007), com recurso à telemetria acústica, monitorizou 20 achigãs no lago Ontário e verificou diferentes padrões de movimentos sazonal, verificando uma correlação positiva entre os movimentos e a temperatura. Durante o outono e o inverno, a distância que os achigãs percorreram foi significativamente menor, correspondendo a um período em que a temperatura diminuiu. Na primavera, verificou-se um movimento dos animais para águas mais superficiais.

Num outro estudo realizado por Winter (1977), no lago Mary, no estado de Minesota (EUA), contrariando alguns estudos que verificaram que os achigãs passam as horas de maior calor em águas mais profundas, neste caso verificou-se que neste lago (95% do lago apresenta profundidades menores que 3 m) os achigãs passavam as horas de maior calor em águas rasas, cerca de 0,6 m. Estes resultados podem ser explicados pela elevada densidade vegetal que se encontrava junto às margens neste lago e que conferia proteção aos achigãs.

Como foi documentado por vários autores, os achigãs apresentam padrões sazonais de utilização do habitat, no entanto existem também alguns padrões diários de utilização do habitat. Segundo Sammons *et al.* (2003), o achigã movimenta-se para águas mais superficiais à noite para se alimentar, enquanto durante o dia se encontra geralmente em águas mais profundas ou em refúgios. Num outro estudo realizado por Rogers (1998), foi verificado também que os achigãs em dois lagos diferentes, apresentam comportamentos semelhantes, isto é, durante o anoitecer e o amanhecer eram as alturas do dia em que os achigãs apresentavam maior atividade.

1.1.4 Morfologia

No que diz respeito à morfologia do achigã, este é um peixe ósseo, apresenta um esqueleto axial, corpo robusto e fusiforme. Possui uma cabeça de grandes dimensões, correspondendo a cerca de 1/3 do comprimento total do corpo, sem incluir a barbatana caudal (Scott e Crossman, 1973; Bruno e Maugeri, 1995). Sendo uma espécie predador, os olhos também são consideravelmente grandes, assim como a sua boca, que quando aberta

pode atingir o diâmetro do seu corpo (Scott e Crossman, 1973). O maxilar inferior é mais saliente que o superior (Pereira, 1994).

No que diz respeito às dimensões desta espécie, em Portugal os achigãs geralmente não excedem os 60 centímetros e aproximadamente os 3 quilogramas de peso (Pereira, 1994).

1.1.5 Alimentação

Relativamente à alimentação, o achigã é um predador de topo, essencialmente piscívoro e bastante voraz (Sanches e Rodrigues, 2011). A sua alimentação consiste principalmente de invertebrados, quando em idades jovens, mas à medida que a idade e a dimensão aumentam, a alimentação dos achigãs passa a ser dominada por espécimes piscícolas. Isto é, ao longo do seu ciclo de vida, a sua dieta sofre alterações e é bastante variada. Após a maturação, existe uma mudança acentuada na sua dieta, alimentando-se quase exclusivamente de espécies piscícolas (Keast, 1985), mas também insetos, anfíbios (rãs e salamandras), pequenos mamíferos, peixes e lagostins (Tidwell *et al.*, 2000; Prévost, 2002). Em ambientes restritos, onde exista escassez de alimento os achigãs podem tornar-se canibais (Sanches e Rodrigues, 2011).

1.1.6 Reprodução

O achigã é uma espécie ovípara, que se reproduz pela primeira vez entre o primeiro e o quarto ano de vida, não existindo uma idade absoluta associada a este processo, pois a maturidade sexual é mais dependente do comprimento do indivíduo do que exclusivamente da idade (Heidinger, 2000; Prévost, 2002), e deste modo varia conforme as características do habitat em que está inserido. A temperatura é outro fator que também influencia a idade em que o achigã atinge a maturidade sexual. Deste modo, no norte de Portugal (águas mais frias), a maturidade sexual é atingida mais tardiamente, aos três anos de idade sensivelmente (Sanches e Rodrigues, 2011). Enquanto no centro e sul de Portugal, a maturidade sexual, tanto dos machos como das fêmeas, é atingida entre o segundo e o terceiro ano de idade, com 25 a 30 centímetros de comprimento (Ribeiro *et al.*, 2007).

A época de reprodução do achigã, ocorre entre os meses de Março/Abril até Junho (Weber *et al.*, 2007), quando a água atinge cerca de 16/18 °C (Sanches e Rodrigues, 2011). Durante este período, os machos são responsáveis pela construção dos ninhos, que consistem numa pequena depressão circular, construída junto à margem em locais com elevada densidade de vegetação e corrente inexistente ou fraca, providenciando assim

proteção contra predadores e também evitando que os ovos sejam arrastados pela corrente. Geralmente os ninhos encontram-se a uma profundidade compreendida entre os 30 e os 120 centímetros (Patterson, 1998; Geraldles, 1999; Tidwell *et al.*, 2000). Após a construção, os machos permanecem junto aos ninhos, na tentativa de atrair uma fêmea. Após a desova, os ovos serão fecundados e protegidos pelos machos durante cerca de 4 a 5 semanas (Bruno e Maugeri, 1995).

1.2 Objetivos

A revisão bibliográfica realizada no âmbito desta dissertação de mestrado, permitiu verificar que existem diversos estudos focados no achigã e no seu habitat realizados para regiões localizadas na América do Norte, contudo na região mediterrânica, esta espécie e mais concretamente o tema abordado nesta dissertação, é ainda muito pouco aprofundado, existindo assim uma escassez de informação, o que vem reforçar a importância do presente estudo.

O principal objetivo desta dissertação de mestrado está relacionado com o estudo do comportamento e o uso do habitat pelo achigã numa albufeira de características tipicamente mediterrânicas, com recurso a uma técnica de biotelemetria acústica. Mais especificamente pretende-se:

- Adquirir conhecimento sobre o comportamento e uso de habitat desta espécie não-indígena;
- Adquirir conhecimentos que permitam prever a resposta destes animais a futuras medidas de gestão e promoção da pesca recreativa.

De modo a cumprir os objetivos propostos neste estudo, foram definidas as seguintes tarefas: i) Levantamento batimétrico na albufeira-alvo; ii) colocação e teste do sistema de deteção acústica de posicionamento tridimensional; e iii) captura, marcação e monitorização da espécie-alvo.

O conhecimento que se pretende adquirir com este estudo, será relevante em termos científicos, pois permitirá a compreensão do padrão de comportamento e utilização de habitat pelo achigã em albufeiras de características mediterrânicas. Deste modo, será um contributo importante para o conhecimento da bioecologia desta espécie não-indígena. Os resultados deste estudo poderão ser uma ferramenta bastante importante para a gestão e promoção da pesca recreativa dirigida a esta espécie no sul do país, pois será adquirida informação de fina escala sobre a espécie-alvo. Este estudo poderá também ter um importante contributo na previsão da resposta destes animais a futuras medidas de gestão e

promoção da pesca recreativa, nomeadamente a implementação de habitat artificial, pois será conhecido o comportamento desta espécie numa fase prévia a qualquer ação de gestão da espécie ou do seu habitat.

2 Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

A área de estudo selecionada para a realização deste estudo, foi a albufeira das Nascentes (Figura 2), localizada no concelho do Crato, na região do Alto Alentejo [(Coordenadas (Datum WGS84): 7° 41' 36,2" W, 39° 19' 24,3" N)]. Insere-se na bacia hidrográfica do Tejo, apresentando assim características tipicamente mediterrânicas (Rivas-Martínez *et al.*, 2011). Outras características que se destacam nesta albufeira são, a escassez de habitat (influenciando negativamente o crescimento e desenvolvimento das espécies que nelas habitam), a presença de espécies não-indígenas, como o achigã (*M. salmoides*) e a carpa (*C. carpio*) e uma acentuada flutuação hidrológica ao longo do ano.

A albufeira das Nascentes apresenta peculiaridades que justificam a sua escolha para a realização deste trabalho, das quais se destacam:

i) é uma albufeira de pequenas dimensões (cerca de 19 ha) e que apresenta um formato pouco recortado e uniforme, o que permitiu que o estudo abrangesse toda a área da albufeira, enquanto se mantém otimizado o funcionamento e a eficiência do sistema de deteção acústica e posicionamento tridimensional que se pretende utilizar neste estudo;

ii) a albufeira pertence à Câmara Municipal do Crato e é gerida por uma entidade privada, o Clube Amadores de Caça e Pesca Desportiva do Crato, o que permitiu um maior controlo logístico da área de estudo, assim como a recolha de *feedback* sobre o estudo dos principais utilizadores deste espaço, nomeadamente os pescadores recreativos;

iii) amostragens prévias realizadas nesta massa de água, demonstraram a existência de uma população de achigãs com alguma abundância, garantindo à partida uma elevada probabilidade de captura dos indivíduos da espécie-alvo necessários à realização do trabalho.



Figura 2 – Localização da área de estudo: Albufeira das Nascentes, situada no concelho do Crato.

2.2 Trabalho de campo

Para a realização da componente prática deste trabalho, foram realizadas três tarefas distintas, nomeadamente: i) levantamento batimétrico na albufeira-alvo; ii) colocação e teste do sistema de deteção de posicionamento tridimensional; iii) captura, marcação e monitorização da espécie-alvo.

2.2.1 Levantamento batimétrico na albufeira-alvo

A primeira tarefa realizada no âmbito deste estudo, consistiu no levantamento batimétrico da albufeira das Nascentes, cujos principais objetivos estavam relacionados com a definição da melhor localização e disposição do sistema de telemetria acústica que se pretendia utilizar neste estudo, de modo a maximizar os resultados que se viriam a obter, e obter uma caracterização do habitat disponível, sobretudo em termos de profundidade, informação bastante útil para relacionar com os resultados obtidos em termos de posicionamento e comportamento dos achigãs.

O procedimento de levantamento batimétrico foi realizado no dia 6 de abril de 2018, com recurso a uma sonda *Lowrance Hook-4 T455* (Figura 3). Os transdutores da sonda foram acoplados a uma prancha, que se encontrava ligada paralelamente ao barco (Figura 4).



Figura 3 – Sonda *Lowrance Hook-4 T455* utilizada para o levantamento batimétrico efetuado na albufeira das Nascentes.



Figura 4 – Transdutores da sonda *Lowrance Hook-4 T455* acoplados à prancha utilizada no procedimento de levantamento batimétrico.

O procedimento de levantamento batimétrico consistiu em, numa primeira fase, percorrer todo o perímetro da albufeira, de modo a obter a caracterização da zona mais próxima às margens, e de seguida foram realizados diversos transectos ao longo de toda a área da albufeira (Figura 5), na tentativa de abranger o máximo de área possível e assim obter uma caracterização batimétrica bastante detalhada e completa da área de estudo. Todo este processo foi realizado a uma velocidade bastante reduzida (motor ao ralenti), de forma a garantir a estabilidade da prancha e do barco, evitando criar turbulência na água que pudesse adulterar os resultados obtidos.

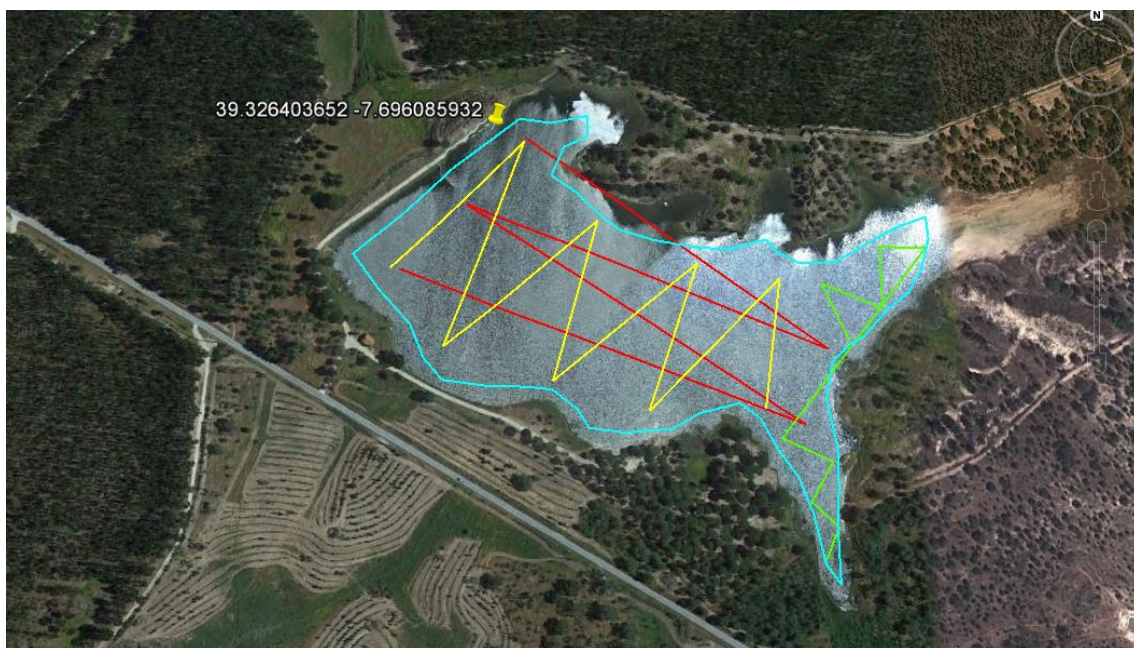


Figura 5 – Mapa representativo dos transectos realizados ao longo da albufeira das Nascentes para obter o respetivo levantamento batimétrico.

Após a realização do levantamento batimétrico, com auxílio de dois programas, o *ReefMaster* do software *WindowsPC* e o *ArcMap* do software *ArcGis 10.3.1®* da *ESRI®*, foi possível obter um mapa da albufeira das Nascentes com a respetiva topografia (Figura 6).

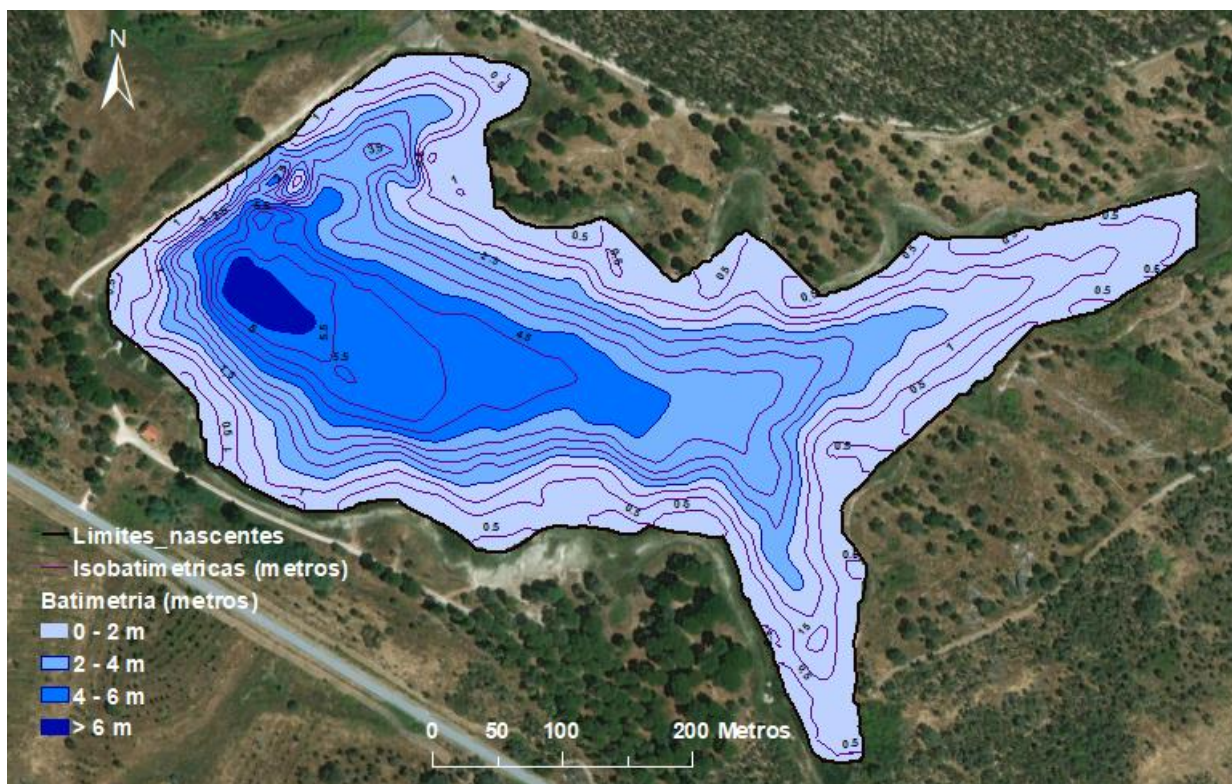


Figura 6 – Mapa ilustrativo da batimetria identificada ao longo da albufeira das Nascentes.

A obtenção do mapa topográfico permitiu assim caraterizar a albufeira em termos de profundidades, verificando-se que a profundidade na albufeira, à data da realização desta avaliação, variava entre os 0 e os 6,5 metros. Para melhor entender e interpretar a topografia da albufeira, as profundidades foram divididas em 4 classes de profundidades: [0 a 2 m]; [2 a 4 m]; [4 a 6 m]; [> 6 m]. A albufeira atinge a sua profundidade máxima, cerca de 6,5 metros, na zona oeste da albufeira, na área representada a azul mais escuro na Figura 6. À medida que nos afastamos da zona mais profunda, a profundidade vai diminuindo gradualmente, até a tingir os valores mínimos na zona mais junto à margem. A profundidade média da albufeira é cerca de 3 metros.

2.2.2 Colocação e teste do sistema de deteção acústica de posicionamento tridimensional

A segunda fase da componente prática deste estudo consistiu na montagem, colocação e teste do sistema de deteção acústica de posicionamento tridimensional, que ocorreu no início do mês de junho de 2018. A telemetria acústica de posicionamento tridimensional é uma ferramenta que hoje em dia é utilizada em estudos que pretendem avaliar o comportamento de fina escala de espécies piscícolas. Tendo em conta os objetivos definidos, o sistema de deteção acústica de posicionamento tridimensional escolhido para a

realização deste estudo foi o *Vemco Positioning System* (VPS), que é habitualmente utilizado em estudos de comportamento de peixes no mar e em água doce (Espinoza *et al.*, 2011). O VPS é constituído por recetores e transmissores acústicos sub-aquáticos, e foi delineado para funcionar com uma matriz de três ou mais recetores, que têm a hora sincronizada em tempo real (Webber, 2009; Roy *et al.*, 2014).

O sinal dos transmissores é emitido por ondas acústicas, que apresentam menor frequência que as ondas rádio e sofrem menor absorção na água, melhorando a qualidade do sinal emitido (Webber, 2009). A informação recolhida é enviada remotamente pelos transmissores para os recetores, onde a informação é captada através de um hidrofone que está incorporado nos recetores, onde a informação fica também armazenada (Cooke, 2008). Os recetores são capazes de monitorizar continuamente e de forma automática a espécie alvo, fornecendo simultaneamente informação posicional com elevado detalhe espacial e temporal de diversos animais, podendo assim estimar a área vital e os padrões de movimentos destes indivíduos (Cooke *et al.*, 2013; Roy *et al.*, 2014), sendo também capaz recolher informações como a temperatura da água, a profundidade, a pressão ou o oxigénio dissolvido (Cooke *et al.*, 2004; Cooke, 2008).

Os recetores acústicos utilizados neste trabalho pertencem ao modelo VR2tx da VEMCO (Figura 7a), que combina um recetor VR2W tradicional com um transmissor V16, o que permite que os recetores comuniquem entre si e se sincronizem automaticamente durante o estudo. Os transmissores incorporados nos recetores têm sensores de temperatura, possibilitando também recolher informação relativa à temperatura da água na albufeira. Relativamente aos transmissores utilizados para a marcação dos indivíduos da espécie-alvo, estes foram o modelo V9P-69 kHz (Figura 7b), têm um peso de cerca de 3,3 g (fora de água) e 2,5 cm de comprimento e emitem um sinal a cada 120 segundos, em média. Estes transmissores V9P contêm sensores de pressão, o que, além da informação relativa à posição, permite também obter informação relativa à profundidade dos animais.



Figura 7 – Componentes do sistema VPS – *Vemco Positioning System* utilizado no presente estudo: 7a) Recetor acústico *Vemco VR2tx*; 7b) Transmissor *Vemco V9P-69 kHz*.

Tendo em conta as dimensões e o formato da albufeira (aproximadamente 19 hectares) e o número de achigãs que se pretendia marcar, foram instalados seis recetores acústicos ao longo desta massa de água, com posições definidas pela informação recolhida através do levantamento batimétrico previamente efetuado, de forma otimizar o funcionamento do sistema (Figura 10). Este número de recetores garante que os animais estejam quase sempre dentro de um triângulo de recetores, permitindo assim estimar uma posição exata do animal.

Para a colocação dos recetores na albufeira, foi necessário construir uma estrutura de fixação e ancoragem, de modo a manter os recetores sempre no mesmo local e em posição vertical. A estrutura desenvolvida para a acoplagem do recetor era composta por: uma base de betão com cerca de 30 kg; uma corrente de aço-inoxidável com 2 m; um cabo principal com 3 m (que dispõe de um local próprio para se acoplar o recetor acústico); e uma boia (Figuras 8a e 8b). Todas as ligações estabelecidas entre as componentes que compõem a estrutura, descritas anteriormente, foram feitas através de mosquetões e manilhas inoxidáveis. A inclusão da corrente na estrutura permite que o sistema de ancoragem montado acompanhe as flutuações do nível da água na albufeiras e, deste modo, se por exemplo o nível da água diminuir, a corrente com o seu peso também desce e assim o cabo onde está o recetor acompanha a descida, mantendo-se sempre esticado e na vertical.



Figura 8 – Estrutura de ancoragem desenvolvida para fixação dos recetores VEMCO VR2tx: 8a) poita e corrente (2m); 8b) cabo principal (3m), recetor VEMCO VR2tx e boia.

Além dos recetores VR2tx, a implementação de um sistema VPS pressupõe também a colocação de marcas de referência na albufeira de estudo (Figura 9a). Estas marcas de referência emitem um sinal a cada 600s (de 10 em 10 minutos), o que permite que os recetores estejam periodicamente a detetar marcas de posição fixa e conhecida e, desta forma, calibrem e corrijam, se necessário, os dados de posicionamento dos restantes transmissores implantados nos peixes. Neste estudo, a colocação destas marcas (2 transmissores acústicos modelo VEMCO V9) foi feita em estruturas semelhantes às dos recetores (Figura 9b), e deixadas em locais estratégicos na albufeira de posição e profundidade conhecidas.



Figura 9 – Marca de referência V9 (9a) e respetiva estrutura de ancoragem (9b) utilizados no âmbito da implementação do sistema de deteção acústica tridimensional – *Vemco Positioning System* na albufeira-alvo.

Todo o processo de colocação dos recetores e das marcas de referência foi feito com o auxílio de uma embarcação. Aquando da colocação, a posição GPS de cada recetor acústico e de cada marca de referência foi registada, assim como a profundidade do local onde foram colocados (Tabela 1 e Figura 10).

Tabela 1 – Código de identificação, coordenadas e profundidade (m) do local de colocação dos recetores e marcas de referência utilizados no âmbito do sistema VPS implementado neste estudo

I.D.	Modelo	Coordenadas (GPS (WGS84))	Profundidade (m)
62748 (St01)	VR2tx	39° 19' 31,5" N 7° 41' 30,5" W	3,1
62750 (St02)	VR2tx	39° 19' 27,7" N 7° 41' 34,6" W	3,5
62746 (St03)	VR2tx	39° 19' 28,7" N 7° 41' 42,1" W	3,2
62749 (St04)	VR2tx	39° 19' 31,5" N 7° 41' 49,3" W	4,1
62751 (St05)	VR2tx	39° 19' 33,5" N 7° 41' 44,2" W	3,3
62747 (St06)	VR2tx	39° 19' 30,9" N 7° 41' 38,4" W	3,5
65014 – (Ref 01)	V9	39° 19' 30,1" N 7° 41' 32,1" W	2,3
65015 – (Ref 02)	V9	39° 19' 32,0" N 7° 41' 45,7" W	6,0

I.D. – código individual; St – Recetor acústico; Ref – marca acústica de referência (V9)



Figura 10 – Localização dos recetores e das marcas de referência colocados na albufeira das Nascentes.

Após a instalação dos recetores VR2tx e das marcas de referências, e previamente à marcação de qualquer peixe, foi necessário realizar um conjunto de testes ao sistema de deteção acústica, nomeadamente em termos de eficiência e alcance de deteção e erro de posicionamento. Este processo foi realizado com um transmissor próprio (VEMCO, modelo V9), que emite um sinal a cada 10 segundos. A escolha da rede de locais ao longo da albufeira estudada, onde seria colocado sequencialmente este transmissor durante a realização dos testes de deteção referidos, foi feita com auxílio do programa ArcMap do *software* ArcGis 10.3.1® da ESRI®, seguindo os seguintes passos: *Data Management Tools* ☞ *Feature Class* ☞ *Create Fishnet*. Através desta operação foi possível criar uma rede de pontos a cada 50x50 m (Figura 11), sobre a imagem que continha o mapa do levantamento batimétrico da albufeira das Nascentes resultante da primeira etapa deste procedimento metodológico. Do mapa resultante deste processo, foram retiradas as coordenadas de todos os vértices da *Fishnet* (cerca de 71 vértices), que coincidiam com a área da albufeira.

Os testes ao sistema VPS foram realizados em 71 locais diferentes ao longo da albufeira. No final foram obtidas deteções apenas para 121 posições distintas, uma vez que nos locais de teste onde a profundidade fosse inferior a 2 m, o transmissor foi deixado durante um minuto em apenas uma posição (a meio da coluna de água); se a profundidade se situasse entre 2 a 4 m, o transmissor foi deixado um minuto em cada uma de duas profundidades (20% e 80% da altura da coluna de água nesse local); e no caso de locais de

teste com profundidade superior a 4 m, o transmissor foi deixado em três posições distintas, durante um minuto, nomeadamente a 20%, 50% e 80% da altura total da coluna de água.



Figura 11 – *Fishnet* 50x50 criada sobre o mapa da albufeira das Nascentes para definir os pontos onde foi deixado o transmissor de teste durante o procedimento.

Durante a realização deste procedimento de teste, foi preenchida uma ficha de campo, onde eram registados os seguintes dados: coordenadas GPS, profundidade total, profundidades em que se realizaram os testes, tempo de deteção em cada ponto e a hora a que se iniciava cada deteção (Anexo 1).

Após a realização destes testes, procedeu-se à recolha dos dados de todos os recetores obtidos neste procedimento, e realizada uma análise, onde se avaliou a eficiência de deteção e o erro de posicionamento associado ao sistema VPS implementado.

A eficiência de deteção (ED), segundo Kessel *et al.* (2014), consiste na relação entre a probabilidade de deteção do sinal e a distância entre o transmissor e o recetor. Ou seja, é a probabilidade de deteção do sinal emitido pelo transmissor (colocado no animal) dentro de uma área coberta por uma rede de recetores.

O erro de posicionamento define-se como a distância (em metros) entre as coordenadas geográficas calculadas pelo sistema VPS durante o *rangetest* e as coordenadas reais (obtidas através da *Fishnet* 50x50 criadas sobre o mapa da albufeira das Nascentes – Figura 11).

2.2.3 Captura, marcação e monitorização da espécie-alvo

A terceira tarefa desenvolvida no âmbito deste estudo esteve relacionada com a captura e a marcação dos exemplares de achigã que seriam o alvo do estudo comportamental previsto nesta tese. Pretendia-se que os indivíduos alvo de marcação tivessem um comprimento total mínimo de 250-300 mm, de forma a garantir um peso total compatível com a implementação do transmissor acústico (é recomendado que o transmissor não exceda os 2% do peso total do animal; Jepsen *et al.*, 2004). Para a captura dos achigãs foi utilizada a pesca à cana com amostra, e como técnicas complementares a pesca elétrica e a pesca com redes de emalhar multi-panos. (Figura 12). No âmbito deste estudo foi capturado, marcado e monitorizado com recurso ao sistema de deteção acústica implementado na albufeira-alvo, um total de nove achigãs (Tabela 2).



Figura 12 – Procedimento de captura com rede de emalhar multi-panos, realizado no âmbito deste estudo.

Após a captura, os animais foram colocados num tanque de água oxigenado, onde recuperavam do *stress* causado pela captura e só depois se procedia à marcação. Para se efetuar a marcação, os animais eram inicialmente colocados numa arca que continha uma solução de anestésico (2-phenoxyethanol), com uma concentração de 0,5 ml/L. Assim que os animais davam sinais de estarem anestesiados, os mesmos eram medidos (± 1 mm – comprimento total) e pesados (± 1 g – peso total) (Tabela 2). De seguida, foram colocados numa mesa cirúrgica em forma de V, o que permitiu posicionar o peixe com o ventre para

cima, de forma a facilitar o procedimento de marcação e reduzir o *stress* associado à manipulação. O transmissor V9P foi implantado na cavidade intra-peritoneal dos achigãs (Figura 13). Seguidamente, procedeu-se à sutura (Figura 14) e desinfeção da incisão com uma solução desinfetante (BETADINE®). Depois de marcados, os achigãs foram deixados a recuperar dentro do tanque oxigenado durante um período de cerca de 1h, sendo posteriormente libertados na albufeira. Todo o material de cirurgia foi previamente esterilizado com álcool a 96º e posteriormente passado por soro fisiológico antes do contacto com os tecidos do animal.



Figura 13 – Pormenor do procedimento de marcação dos achigãs na albufeira das Nascentes: incisão na zona ventral para inserção do transmissor acústico V9P na cavidade intra-peritoneal.



Figura 14 – Pormenor do procedimento de marcação dos achigãs na albufeira das Nascentes: Sutura da incisão efetuada para a implementação do transmissor.

Além da marcação interna com o transmissor V9P, os achigãs foram também marcados externamente e de forma visível com uma etiqueta T-bar (Figura 15), colocada na base barbatana dorsal, o que permite a identificação visual dos animais marcados por parte dos pescadores que eventualmente os viessem a capturar.



Figura 15 – Achigã marcado com T-bar na base da barbatana dorsal para identificação por parte dos pescadores recreativos que eventualmente os viessem a capturar.

A monitorização do comportamento dos achigãs prevista neste estudo, iniciou-se no mês de junho e terminou no fim do mês de setembro de 2018, cerca de três meses (período de verão). Durante este período, toda a informação obtida pelo sistema VPS era constantemente armazenada nos recetores acústicos dispostos na albufeira das Nascentes. Ao longo do estudo, foram realizados *backups* dos dados armazenados, de forma a evitar eventuais perdas de dados, mas também verificar o correto funcionamento do sistema. No fim do período do estudo, os dados armazenados nos recetores foram novamente recolhidos. A recolha dos dados é feita manualmente, primeiro é necessário efetuar mergulho com botija na albufeira, de forma a retirar os recetores que se encontravam acoplados nas estruturas de suporte. Após a recolha dos recetores do interior da albufeira, foi feito um *download* dos dados armazenados em cada recetor para um computador. Após a recolha dos dados, estes foram enviados para a empresa fabricante do sistema de posicionamento e deteção acústica utilizado - a *VEMCO*, que é responsável por uma primeira análise dos dados, fornecendo um relatório final com as respetivas posições estimadas para cada achigã.

Tabela 2 – Informação descritiva dos achigãs monitorizados no âmbito deste estudo na albufeira das Nascentes

ID	Transmissor ID	T-bar ID	Data de marcação/ libertação	Comprimento (mm)	Massa corporal (g)	Nº posições estimadas	Nº recetores com registo	Nº dias com posição	Nº dias de monitorização
Ach1	4079	107	26/06/2018	255	279	18 560	6	88	88
Ach2	4080	108	26/06/2018	265	327,6	2 887	6	14	88
Ach3	4082	109	26/06/2018	277	345	3 142	6	28	88
Ach4	4073	110	11/07/2018	256	278,9	17 584	6	73	73
Ach5	4078	112	11/07/2018	260	298,5	18 505	6	73	73
Ach6	4074	113	12/07/2018	259	284,2	14 879	6	72	72
Ach7	4075	114	12/07/2018	290	403,1	6	4	1	72
Ach8	4076	115	12/07/2018	263	311,4	17 738	6	72	72
Ach9	4077	116	12/07/2018	260	304,9	3	5	1	72
Média	-	-	-	265	312	10 367	6	47	78
Desvio padrão	-	-	-	11,4	46,7	8537	0,7	35,3	7,8

ID – código individual

2.3 Análise de dados

2.3.1 Aferição da eficiência de deteção do sistema VPS

Aferir a eficiência de deteção (ED) do sistema de recetores é um processo bastante útil em estudos que envolvam a telemetria acústica, pois permite interpretar de forma correta e precisa os resultados obtidos no estudo, assim como o significado de cada deteção (Melnychuk, 2012), caso contrário os resultados poderão ser mal interpretados, podendo conduzir a conclusões erradas (Payne *et al.*, 2010).

Após a realização do procedimento de teste do sistema VPS na albufeira das Nascentes, procedeu-se à aferição da ED em todos os locais onde foi efetuado o procedimento de teste.

A aferição da ED é efetuada através da aplicação da seguinte equação:

$$\text{(Eq. nº 1) } ED = \frac{\text{nº de sinais recebidos no recetor mais próximo}}{\text{nº de sinais emitidos pelo transmissor de teste}}$$

Ou seja, a ED consiste na divisão do número de sinais recebidos no recetor a dividir pelo número de sinais emitidos pelo transmissor de teste. Apesar de o transmissor de teste enviar, em média, seis sinais acústicos a cada 60 segundos, neste estudo considerou-se, para efeitos de aferição da eficiência de deteção e do erro de deteção, quatro como número total de sinais passíveis de serem registados pelos recetores acústicos. Esta consideração teve-se de forma a prevenir a possibilidade do primeiro e último sinais emitidos pelo transmissor durante o minuto em que o mesmo foi deixado em cada local de teste estarem associados à imersão e emersão do equipamento.

Depois de calculada a ED era necessário representar estes resultados, de forma a verificar a variação da ED ao longo da albufeira, para tal, com recurso a um processo geoestatístico denominado *Kriging* procedeu-se ao mapeamento destes resultados. Este processo faz uma interpolação dos valores da ED medidos nos locais onde foi feito o *rangetest* (Krig, 1951), utilizando as coordenadas espaciais como variáveis explicativas e assumindo que os erros estão autocorrelacionados, fazendo uma regressão da variável em estudo (Hengl, 2009). O *Universal-Kriging* (Matheron, 1969) faz uma estimativa dos componentes da tendência dentro da “vizinhança”, aplicando posteriormente o *Kriging* simples nos resíduos correspondentes. Este processo foi realizado com auxílio à extensão ArcMap do *software* ArcGis 10.3.1® da ESRI®.

2.3.2 Aferição do erro de posicionamento do sistema VPS

A aferição do erro de posicionamento (EP) foi também uma outra análise efetuada após a realização do procedimento de teste do sistema VPS, pois tal como a aferição da ED, esta análise é também bastante importante para a correta interpretação dos dados obtidos no estudo.

O EP define-se como a distância em metros, entre as coordenadas reais (dos pontos definidos pela *fishnet* 50x50 criada sobre o mapa da albufeira) e as coordenadas estimadas pelo sistema VPS durante a realização do procedimento de teste do sistema de telemetria acústica VPS utilizado neste estudo. Para determinar o EP, procedeu-se à projeção e sobreposição das coordenadas reais e das coordenadas calculadas pelo sistema VPS e enviadas pelo fabricante, na extensão ArcMap do *software* ArcGis 10.3.1® da ESRI©. Deste modo, foi possível determinar o EP através da ferramenta *Measure* neste mesmo programa e da medição da distância, em metros, para pontos semelhantes, obtidos através das duas metodologias em comparação.

Depois de calculado o EP para cada posição estimada, os resultados obtidos nesta análise foram também mapeados através do método geoestatístico *Kriging* (realizado na extensão ArcMap do *software* ArcGis 10.3.1® da ESRI©).

2.3.3 Análise do comportamento e preferência de habitat

No final do período de monitorização dos indivíduos marcados neste estudo, a informação recolhida pelo sistema VPS foi enviada para a *VEMCO* para que fosse realizado um relatório final, que continha toda a informação recolhida no estudo devidamente detalhada, que seria utilizada nas análises subsequentes.

Após o envio do relatório final produzido pela *VEMCO*, as matrizes que continham as posições calculadas de todos os animais foram sujeitas a uma análise detalhada de forma a despistar posições com estimativas de erro elevado (HPE – *Horizontal Position Error estimate*) e posições incoerentes. Deste modo, para cada matriz de posições estimadas, foi feito um histograma, verificando-se até que valor de HPE ocorria uma distribuição normal, eliminando as posições estimadas a partir do momento em que os valores de HPE eram mais elevados e com frequência reduzida.

Depois desta análise preliminar, nesta etapa pretendia-se estimar o padrão de utilização e de distribuição espacial dos achigãs marcados na área de estudo. Para tal, inicialmente recorreu-se a uma técnica de análise espacial não paramétrica de densidade, o *Kernel Density Estimation* (KDE).

A KDE é um método que estima diretamente uma função de densidade de probabilidade bivariada (*utilization distribution* ou UD), que traduz o padrão de distribuição e a utilização espacial de um indivíduo numa determinada área (Silverman 1986; Worton 1989; Calenge 2011). Sendo por isso, segundo Powell (2000), a melhor opção em estudos que se pretenda estimar o *home range* (área utilizada) e o *core range* (área mais utilizada), pois este método permite a análise de dados com padrões de maior complexidade (Worton, 1989), assim como também permite obter de resultados com menor enviesamento (Seaman e Powell, 1996). O *home range* define a área utilizada habitualmente pelo indivíduo, associada aos locais da albufeira onde se registam os 95% de valores mais elevados em termos de densidade de posições estimadas. Enquanto o *core range* representa a área mais utilizada pelo indivíduo, onde se registam os 50% de valores mais elevados em termos de densidade de posições estimadas.

Contudo, a utilização da análise KDE requer a definição de alguns parâmetros, como o tamanho da célula e o fator de suavização (h_{opt}), para que esta análise se proceda corretamente. O fator de suavização relaciona a distância de cada localização a um ponto de referência, com o seu contributo para a estimativa de densidade calculada para esse mesmo ponto (Gitzen *et al.*, 2006). Esta estimativa está diretamente dependente do fator de suavização, isto é, quanto maior for o fator suavização, maior e menos detalhada será a estimativa final de *home range* (Silverman, 1986; Worton, 1989; Hemson *et al.*, 2005). Dependendo dos objetivos do estudo e a natureza dos dados, este fator pode ser fixo ou variável, isto é, aplicando valores de h_{opt} distintos consoante o local (Seaman e Powell, 1996; Rodgers e Kie, 2011). Sendo que a melhor forma de determinar corretamente h_{opt} , é através de uma prospeção de tentativa-erro (Silverman, 1986; Kie *et al.*, 2010). Neste estudo o fator de suavização h_{opt} , foi calculado manualmente para os indivíduos considerados para esta análise, considerando separadamente as posições estimadas dos achigãs para o período diurno e para o período noturno. O h_{opt} foi então calculado através da seguinte expressão matemática:

(Eq. nº 2:)

$$\hat{h}_{opt} = \hat{\sigma} n^{-1/2} \quad \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sigma^2_1 + \sigma^2_2}{2}}$$

Sendo que, n corresponde ao tamanho da amostra, considerado neste caso como o número de deteções/localizações, σ é o desvio padrão e foi calculado como a média do desvio padrão das coordenadas x e y ; e σ^2_1 e σ^2_2 são as variâncias das coordenadas x e y , respetivamente.

Depois de calculados todos os valores de h_{opt} , verificaram-se valores muito semelhantes e por isso optou-se por utilizar um valor fixo, para tal, foi feita uma mediana de todos os valores obtidos, de onde resultou o valor $h_{opt} = 90$, que se utilizou para a análise KDE. O tamanho da célula definido para esta análise foi 1x1 m, este tamanho da célula também foi obtido através de uma prospeção de tentativa-erro.

Após a obtenção do resultado da análise KDE, realizada com recurso à extensão ArcMap do *software* ArcGis 10.3.1® da ESRI®, de forma a completar esta informação recorreu-se à extensão *Geospatial Modelling Environment* (GME) (Beyer, 2015) onde foram calculadas as linhas de contorno associadas aos respetivos *home ranges* (95%) e *core ranges* (50%) de cada indivíduo, em cada período do dia.

Com base nos mapas finais obtidos, procedeu-se à determinação para cada achigã considerado e para cada período do dia (dia vs noite) de cinco variáveis ecológicas, que permitiram caracterizar o comportamento e a utilização do habitat por parte desta espécie: X1 – área total *core range*; X2 – área total *home range*; X3 – número de *core ranges*; X4 – número de *home ranges*; X5 – proporção de área da albufeira utilizada (razão entre a área total do *core range* e a área total do *home range*).

Inicialmente, para se avaliar quais eram as variáveis comportamentais que mais contribuíram para as diferenças observadas neste estudo, foi realizado um teste de percentagens de dissimilaridade, a análise estatística SIMPER (realizada no *software* PRIMER 6 & PERMANOVA+). Após a realização da análise SIMPER, realizou-se um teste não-paramétrico, mais propriamente uma análise PERMANOVA, realizada no *software* PRIMER 6 & PERMANOVA+, para testar a existência de diferenças significativas nas variáveis medidas para cada período do dia. A PERMANOVA baseia-se em métodos de permutação para testar as respostas de uma ou mais variáveis a um ou mais fatores e apesar de ser um método não-paramétrico, constitui uma abordagem robusta e adequada ao tratamento de dados ecológicos (Anderson *et al.*, 2008; Anderson e Walsh 2013).

A análise PERMANOVA foi aplicada aos dois fatores definidos para esta análise: (i) PEIXE; (ii) PERÍODO. O número de níveis do fator PEIXE é igual ao número de achigãs considerados nesta análise. Enquanto o fator PERÍODO tem dois níveis: Dia; Noite.

A definição dos dois níveis do fator PERÍODO teve em conta que o período Dia e o período Noite não foi sempre o mesmo ao longo do estudo (12 junho a 21 setembro), isto é, a hora do pôr-do-Sol e do nascer-do-Sol foi-se alterando, tendo ficado definido da seguinte forma (Tabela 3).

Tabela 3 – Horas do nascer-do-Sol e do pôr-do-Sol ao longo do período de estudo, para o concelho do Crato, consideradas para a separação das posições estimadas dos achigãs, entre os períodos de dia e de noite

Data		Fotoperíodo	
<u>Início</u>	<u>Fim</u>	<u>Nascer-do-sol</u>	<u>Pôr-do-sol</u>
26 de junho	15 de julho	06:07:00	21:02:00
16 de julho	15 de agosto	06:30:00	20:44:00
16 de agosto	15 de setembro	06:58:00	20:03:00
16 de setembro	21 de setembro	07:11:00	19:41:00

Fonte: <https://www.weatheravenue.com/pt/europe/pt/portalegre/crato-e-martires-nascer-do-sol.htm>

Nesta análise não foi testada a interação entre fatores porque não existia replicação da amostra para os diferentes níveis do fator PEIXE. Previamente à análise, os dados foram transformados através de uma transformação logarítmica [$\log(x+1)$] para os aproximar de uma distribuição normal, e foram também normalizados, para tornar as variáveis comparáveis numa mesma unidade.

A análise SIMPER e a análise PERMANOVA foram realizadas com recurso ao programa ©PRIMER 6 & PERMANOVA+, versões 6.1.13 e 1.0.3 respetivamente (PRIMER-E Lda 2009).

Após a realização das análises acima referidas, pretendia-se aferir se existia uma relação significativa entre a temperatura da água da albufeira e a profundidade ocupada pelos achigãs. Para tal, foi aplicada uma regressão linear a estas duas variáveis, para cada achigã, tendo-se considerado a temperatura como variável independente (x) e a profundidade como variável dependente (y). Depois da aplicação da regressão linear, onde foi possível obter para cada achigã, a respetiva equação linear ($y=mx+b$) e o respetivo valor de r^2 , foi realizada uma ANOVA simples, de forma a testar se a regressão linear obtida para cada peixe era significativa. Estas análises permitiram assim, verificar a influência que esta relação tem no comportamento e na utilização do habitat dos peixes estudados, tendo sido ambas realizadas com recurso ao *Microsoft Office*® Excel® 2007.

Contudo, antes da realização da regressão linear, foi necessário fazer tratamento prévio dos dados. Inicialmente, visto que os valores de temperatura eram registados de hora a hora pelos sensores de temperatura, foi necessário fazer uma média por hora das profundidades associadas às posições determinadas para cada animal pelo sistema VPS, de modo a que as variáveis utilizadas na análise estivessem na mesma escala temporal.

Após a realização deste primeiro tratamento dos dados, foi também realizada uma transformação dos dados das duas variáveis, para que os mesmos assumissem um carácter linear (permitindo a aplicação do teste estatística mencionado anteriormente) e porque os sensores de profundidade utilizados neste estudo têm uma precisão de cerca de 1,7 metros e uma resolução de 0,5 metros. Desta forma, os valores de profundidade podem ter um ligeiro erro, tornando em alguns casos (zonas mais baixas da albufeira) o valor de profundidade negativo. Assim, foi feita uma transformação logarítmica, através da expressão $[\ln (x+1,7)]$. Neste caso, optou-se por utilizar a constante 1,7 para transformar os dados pois é o valor do erro de precisão associado aos valores de profundidade obtidos pelos sensores. Esta transformação foi aplicada a ambas as variáveis.

3 Resultados

3.1 Eficiência de deteção da rede de monitorização automática

A representação gráfica obtida através da análise *Universal Kriging* que ilustra a ED por parte dos recetores acústicos instalados ao longo da albufeira das Nascentes (Figura 16) permitiu interpretar de forma mais detalhada a variação deste parâmetro ao longo da albufeira. Verificando-se que a ED média na albufeira é 95,5%, o que representa um valor elevado. Mais especificamente observa-se que uma grande parte da albufeira apresenta valores de ED superiores a 90% (zonas a azul mais escuro), observam-se também algumas zonas (zonas a azul mais claro/branco) com valores compreendidos entre os 50-70%. Além destes valores, destacam-se ainda dois locais muito específicos (zonas a vermelho perto dos recetores St01 e St05), onde se verificaram valores de ED consideravelmente mais baixos, na ordem dos 20%. Estes valores mais baixos de ED são explicados por serem zonas de profundidade bastante baixa (Figura 6), maior densidade de vegetação e perfil bastante recortado, dificultando assim a correta transmissão do sinal acústico. De modo geral, verificou-se que a ED diminui com o aumento da distância aos recetores.

Ao observar a representação gráfica obtida (Figura 16) nesta análise geoestatística, verificamos que esta não abrange toda a área da albufeira, isto acontece porque a representação gráfica resulta de uma interpolação feita sobre os pontos onde foram realizados o procedimento de teste, assim os limites do mapa são definidos pelos pontos mais exteriores onde se realizou o processo de teste ao sistema VPS.

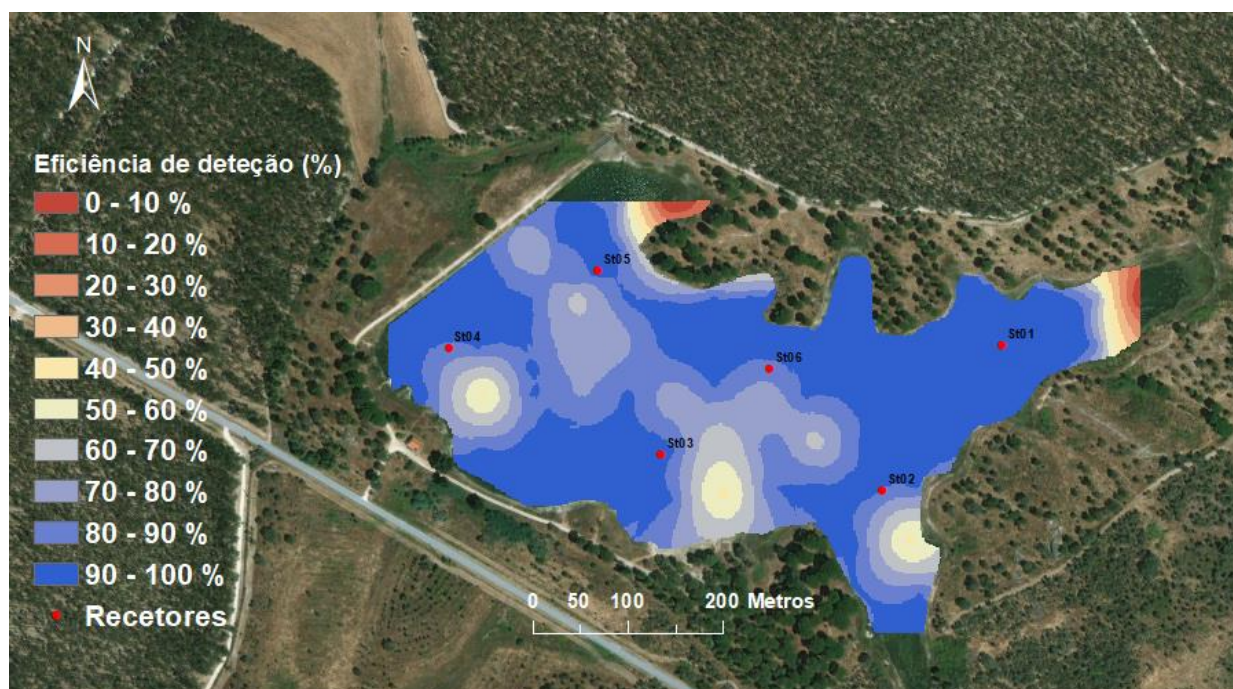


Figura 16 – Representação gráfica da análise *Universal Kriging* que ilustra a ED dos recetores acústicos instalados no interior da albufeira das Nascentes, elaborada através da interpolação dos 71 pontos onde foi realizado o procedimento de teste.

3.2 Erro de posicionamento da rede de monitorização automática

A representação gráfica obtida na análise *Universal Kriging* (Figura 17), que ilustra o EP associado ao sistema de deteção de posicionamento tridimensional, permitiu interpretar corretamente de que forma o EP varia ao longo da albufeira, assim como identificar possíveis fatores que influenciem o erro.

Observando a representação gráfica obtida, podemos verificar que de forma geral o EP varia entre 0 e 10 metros, verificando-se um EP médio de 6,6 metros aproximadamente, ao longo da área de estudo deste trabalho. Também é possível observar que o EP aumenta com a proximidade às margens.

Na zona mais oeste (junto ao recetor “St04”) e na zona mais a este (junto ao recetor “St01”) da albufeira verificam-se valores de EP consideravelmente mais elevados. Estes valores podem ser justificados pelo facto que, de forma geral, o EP aumenta com a distância aos recetores, mas também pode ter a ver com o facto que nestes locais a probabilidade do sinal ser detetado simultaneamente por três ou mais recetores é consideravelmente menor, aumentando assim o EP, mas também em alguns casos impedindo que o sistema VPS fosse capaz de estimar a posição, nas zonas mais próximas da margem desses braços da albufeira.

Tal como na Figura 16, podemos observar que nem toda a albufeira está abrangida pela representação gráfica do EP, isto acontece porque a representação gráfica resulta da interpolação feita sobre os pontos calculados pelo sistema VPS e desta forma os limites do mapa são definidos pelos pontos mais exteriores determinados pelo sistema VPS. E tal como foi referido no parágrafo anterior, nas zonas mais próximas da margem, o sinal poderá não ser detetado por três ou mais recetores, impedindo que sistema VPS determine a localização do animal.

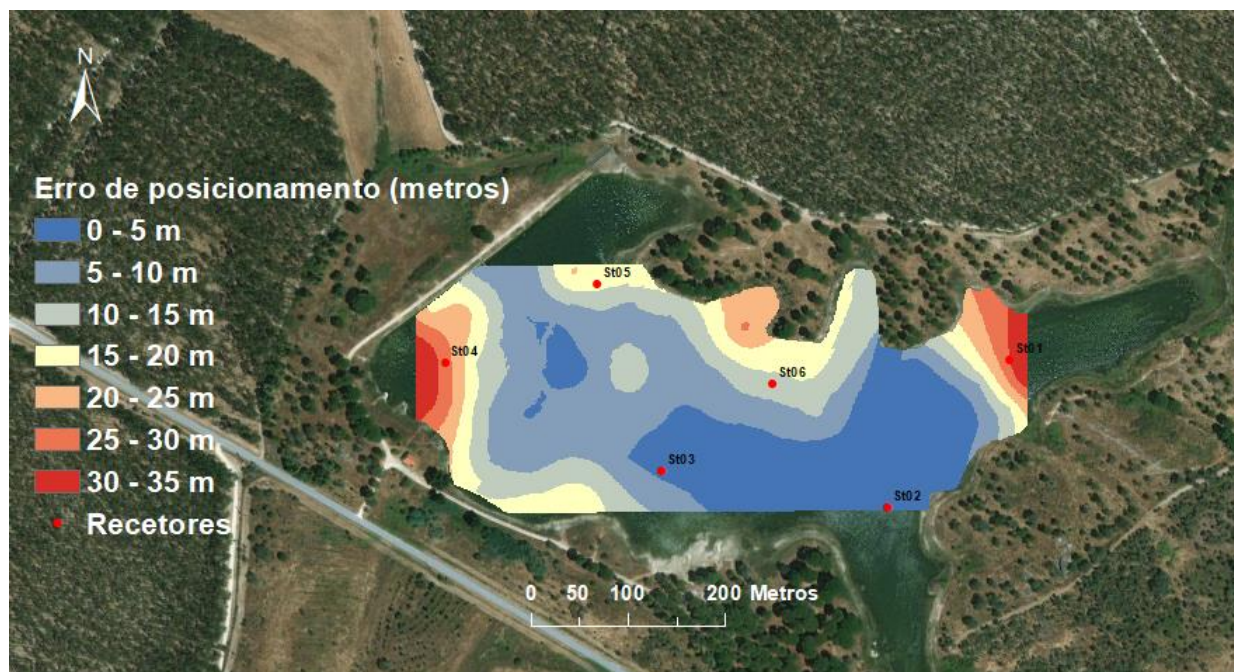


Figura 17 – Representação gráfica da análise *Universal Kriging* que ilustra o EP do sistema de detecção de posicionamento tridimensional instalado no interior da albufeira das Nascentes, elaborada através da interpolação dos 71 pontos onde foi realizado o procedimento de teste.

3.3 Comportamento e preferência de habitat

No fim da análise realizada ao relatório final produzido pela *VEMCO*, o número total de posições estimadas foi de 93 304 (Tabela 2). Dos 9 indivíduos marcados, os exemplares Ach1 e Ach5 foram aqueles que apresentaram maior número de posições, 18 560 e 18 505 posições estimadas, respetivamente. Enquanto os Ach7 e Ach9, foram os indivíduos com menor número de posições registadas (6 e 3 posições, respetivamente).

Do conjunto total dos achigãs marcados, os exemplares Ach1, Ach4, Ach5, Ach6 e Ach8 foram detetados até ao fim do período de estudo. Enquanto os indivíduos Ach2 e Ach3, apenas foram detetados sensivelmente durante um mês após a sua marcação. Estes indivíduos provavelmente terão sido capturados por algum predador ou pescador que não os devolveu à massa de água, ou poderá ter ocorrido alguma avaria no respetivo transmissor. Os exemplares Ach7 e Ach9 apenas foram detetados durante cerca de 1h após a sua libertação, o que sugere que estes dois indivíduos morreram logo após a libertação, e foram imediatamente removidos da albufeira por algum predador ou que poderá ter ocorrido alguma anomalia com o respetivo transmissor. Por esta razão, estes dois indivíduos não foram incluídos nas análises subsequentes. As posições determinadas pelo sistema VPS para cada achigã considerado nas análises subsequentes podem ser observadas no Anexo II.

3.3.1 Kernel Density Estimation (KDE)

A análise KDE permitiu obter os mapas apresentados na figura 18, que ilustram a estimativa de densidade de Kernel, com *percent volume contours* de 95% - *home range* (linha azul) e 50% - *core range* (linha verde), assim como também permitiu o cálculo das variáveis em estudo: X1 – Área de *core range*; X2 – Área de *home range*; X3 – nº de *core ranges*; X4 – nº de *home ranges*; X5 – Proporção de área utilizada, que são apresentadas na tabela 4. Como se pode observar na figura 18, a representação KDE é diferente em todos os mapas e não abrange toda a área da albufeira, isto acontece porque a representação KDE é desenvolvida com base nas posições existentes para cada indivíduo em cada período. Nos locais com menos eficiência de deteção, e onde os animais são frequentemente detetados por menos de três recetores, não permitindo a estimativa da sua posição, a ausência de posições estimadas impede que a análise *Kernel* se prolongue para essas zonas. Isto ocorre sobretudo em zonas de maior recorte da albufeira.

A análise da Figura 18 e da Tabela 4 permitiu a caracterização da distribuição espacial dos indivíduos na albufeira das Nascentes. Numa primeira análise aos mapas obtidos foi possível identificar uma clara diferença comportamental do animal Ach3, tanto no período de Dia como no período de Noite, e recordando que o Ach3 foi um dos animais que apenas foi detetado sensivelmente durante o primeiro mês do estudo, este comportamento poderá ser uma consequência da marcação realizada neste estudo. Por esta razão, apesar de ter sido sujeito à análise *Kernel*, o indivíduo Ach3 não foi considerado para as análises estatísticas subsequentes, de modo a evitar qualquer enviesamento nos resultados do estudo.

Excluindo o indivíduo Ach3, os resultados obtidos revelam existir algumas diferenças nas variáveis estudadas. Focando primeiro nas variáveis área de *core range* (X1) e área de *home range* (X2), observa-se que de forma geral todos os animais marcados tendem a apresentar áreas de *home* e *core range* ligeiramente maiores durante o período diurno, com exceção do indivíduo Ach5. Mais concretamente, no período diurno a área de *core range* variou entre os 1,8 ha (Ach2) e os 4,4 ha (Ach8), enquanto no período noturno variou entre os 1,5 ha (Ach2) e os 3,6ha (Ach6). No que diz respeito à área de *home range*, os valores no período diurno variaram entre os 9,6 ha (Ach2) e os 13,9 ha (Ach6), enquanto no período noturno variaram entre os 6,4 ha (Ach2) e os 12,8 ha (Ach6).

No que diz respeito às variáveis nº de *core ranges* (X3) e nº de *home ranges* (X4) os resultados são bastante semelhantes, verificando-se valores médios iguais nos dois períodos para estas duas variáveis. Ou seja, em média os achigãs apresentaram três *core ranges* e um *home range* em ambos os períodos do dia. O indivíduo Ach8 foi quem

apresentou maior número de *core ranges* nos dois períodos (um total de 4). A análise efetuada ao padrão de movimento dos espécimes-alvo na albufeira das Nascentes, evidenciou também uma preferência pela zona este da albufeira, onde todos os animais apresentam um *core range* (linha verde), assumindo-se assim como uma zona bastante utilizada por esta espécie.

Observando agora a variável relacionada proporção de área utilizada (X5), estes resultados mostram que se verificaram valores médios iguais, tanto de Dia como de Noite, isto é, $X5 = 25\%$. Mais especificamente, o Ach8 foi o indivíduo que apresentou maior proporção de área utilizada durante o Dia (34%), enquanto no período noturno foi o Ach4 (33%). No que diz respeito aos menores valores registados nesta variável, o Ach2 no período diurno e o Ach1 no período noturno, foram os indivíduos que registaram uma proporção de área utilizada menor, na ordem dos 19%.

Analisando os mapas apresentados na Figura 18 em conjunto com o mapa batimétrico da albufeira das Nascentes (Figura 6) é possível verificar que na generalidade, os achigãs apesar de utilizarem uma área grande da albufeira, os seus *core range* localizam-se todos em águas pouco profundas (até 2m), não esquecendo que os resultados apresentados neste estudo se referem exclusivamente ao comportamento da espécie-alvo durante a época de verão.

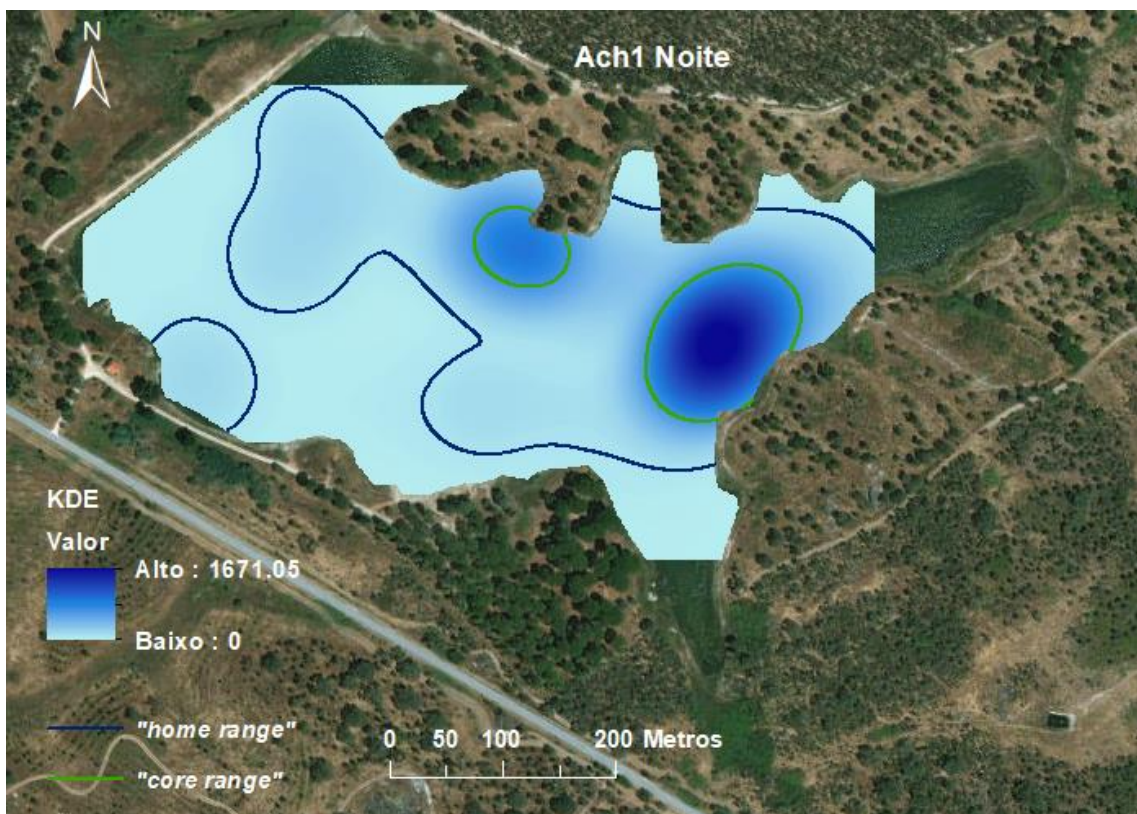
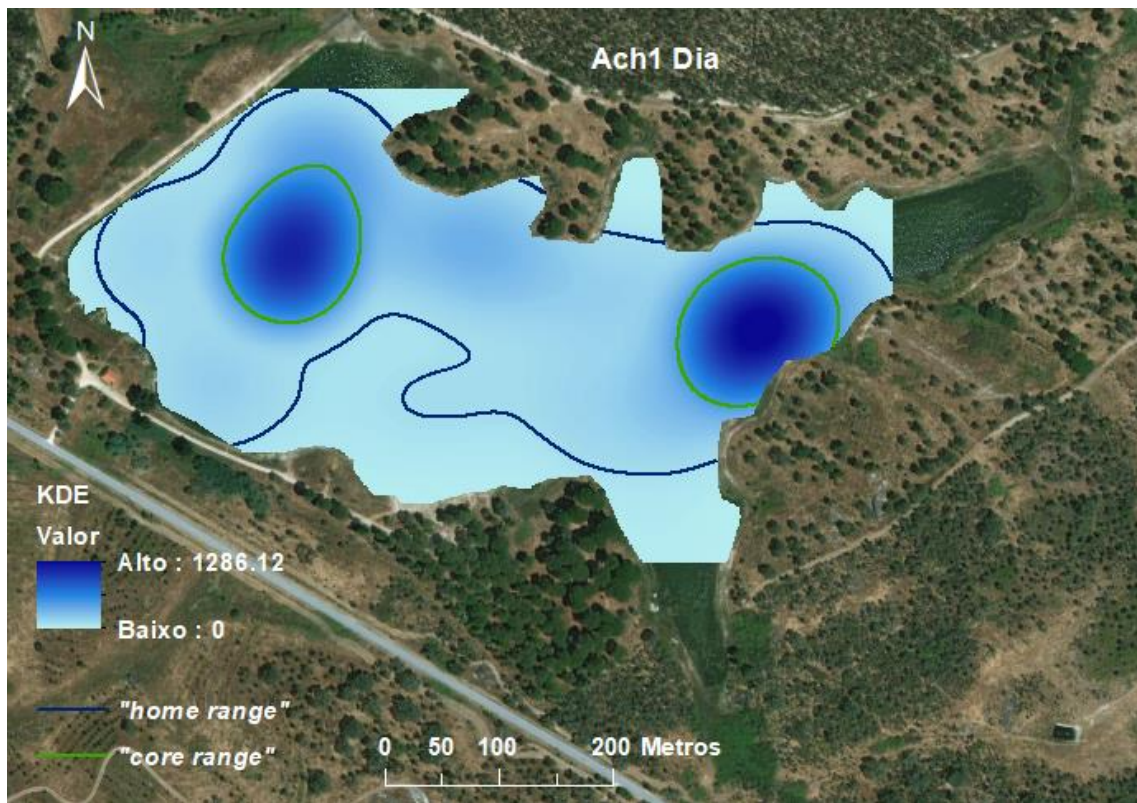


Figura 18 – Mapas representativos da *Kernel Density Estimation*, com *percent volume contours* de 95% - *home range* (linha azul) e 50% - *core range* (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas.

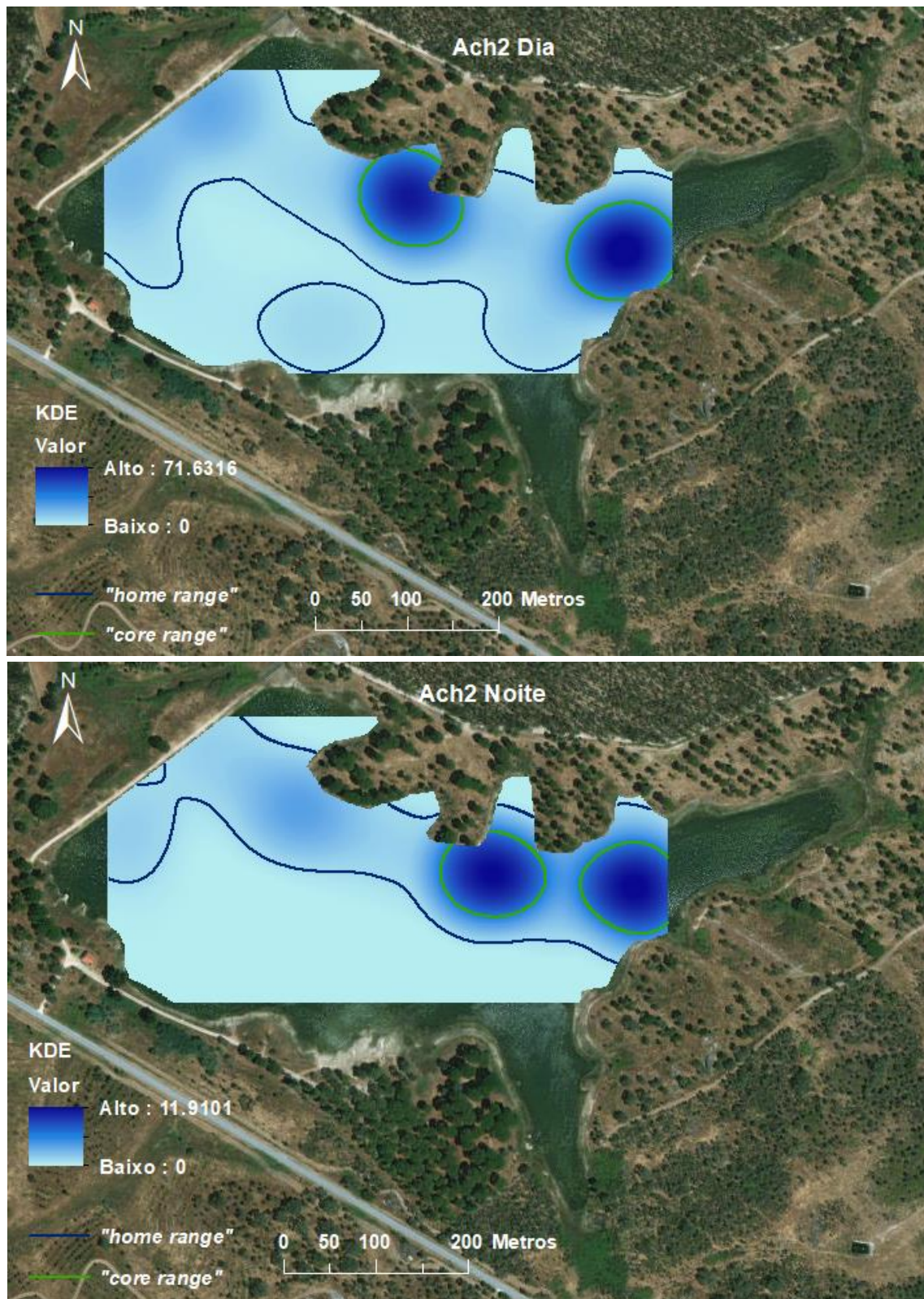


Figura 18 (continuação) – Mapas representativos da *Kernel Density Estimation*, com *percent volume contours* de 95% - *home range* (linha azul) e 50% - *core range* (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas.

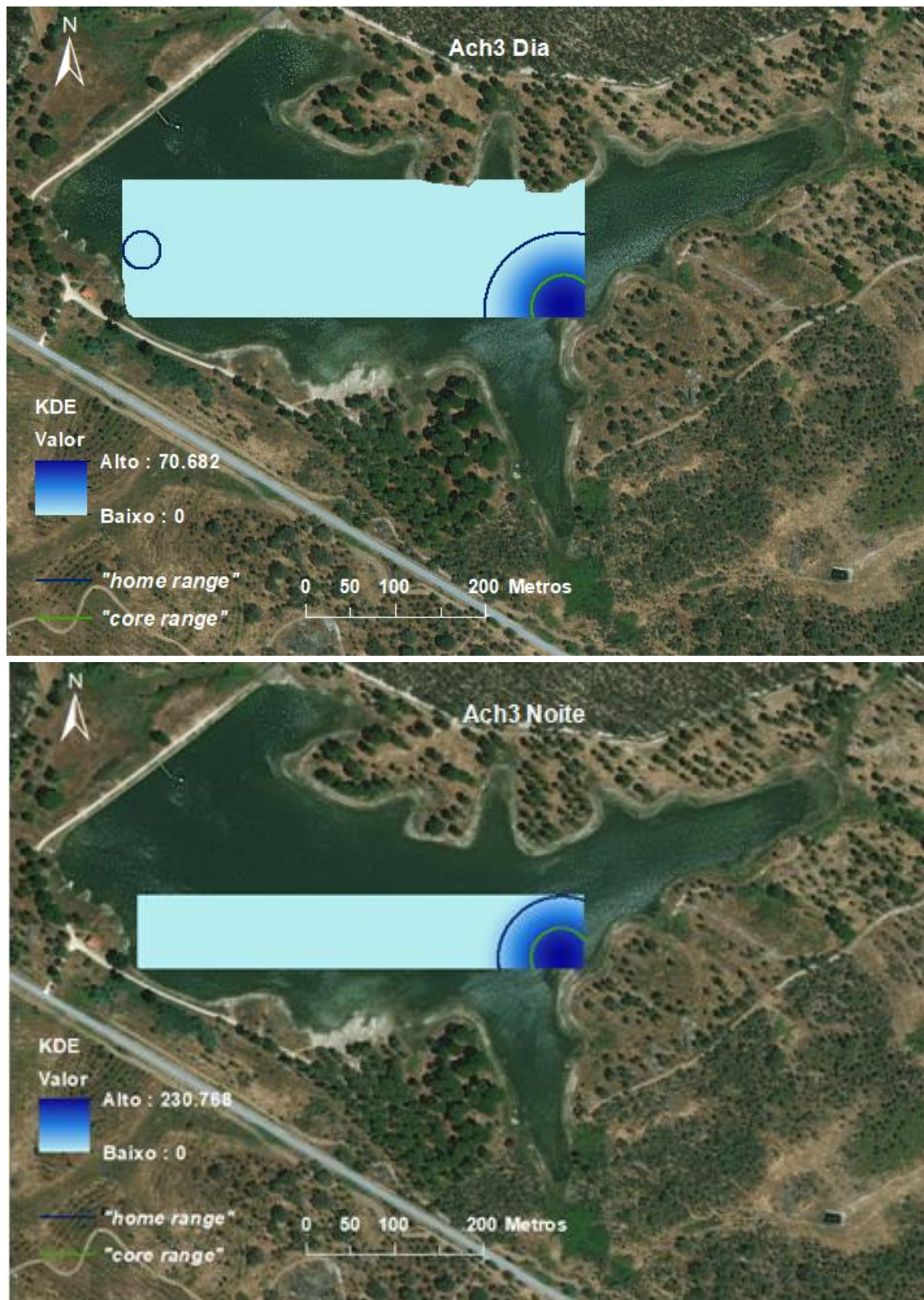


Figura 18 (continuação) – Mapas representativos da *Kernel Density Estimation*, com *percent volume contours* de 95% - *home range* (linha azul) e 50% - *core range* (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas

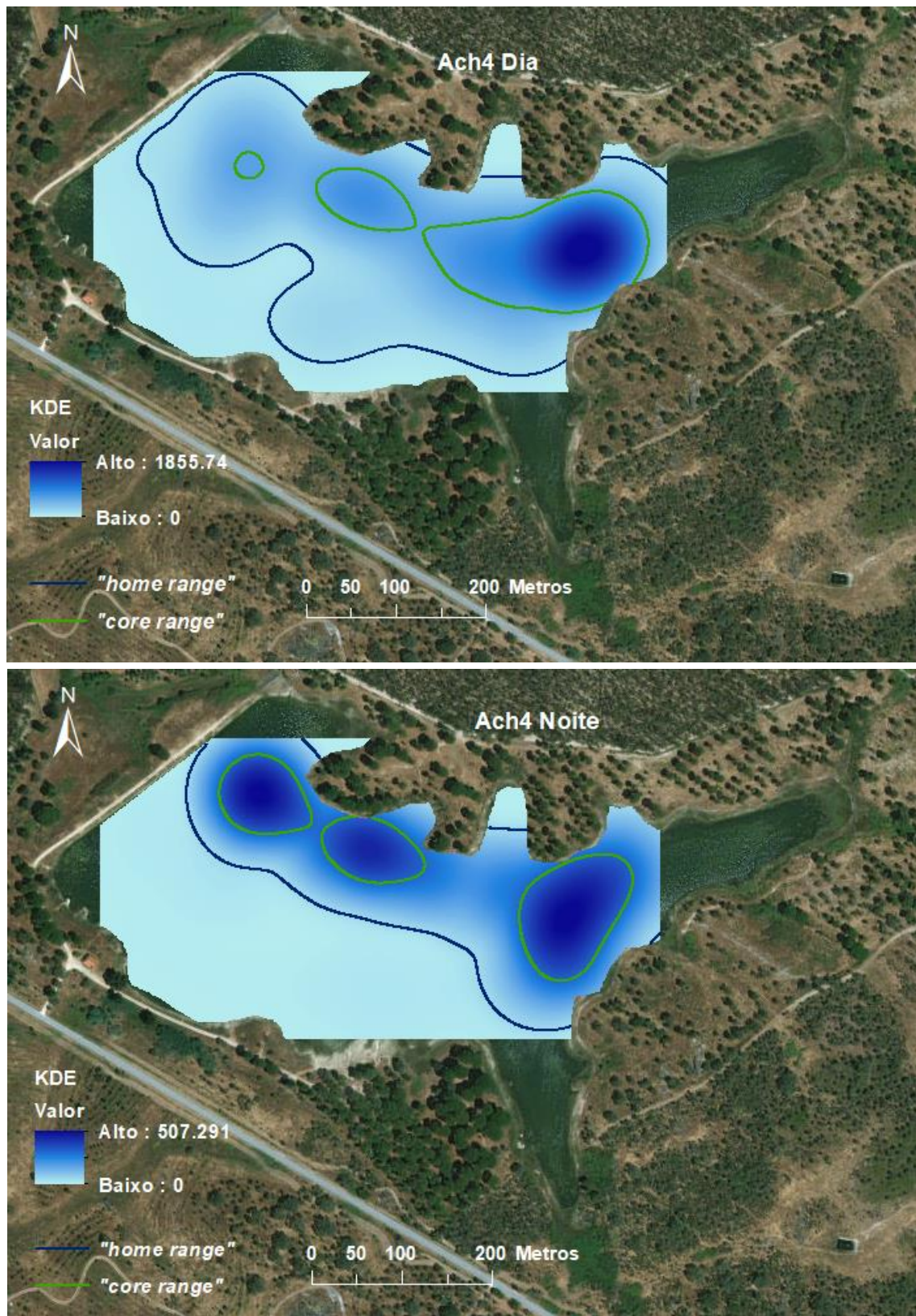


Figura 18 (continuação) – Mapas representativos da *Kernel Density Estimation*, com *percent volume contours* de 95% - *home range* (linha azul) e 50% - *core range* (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas

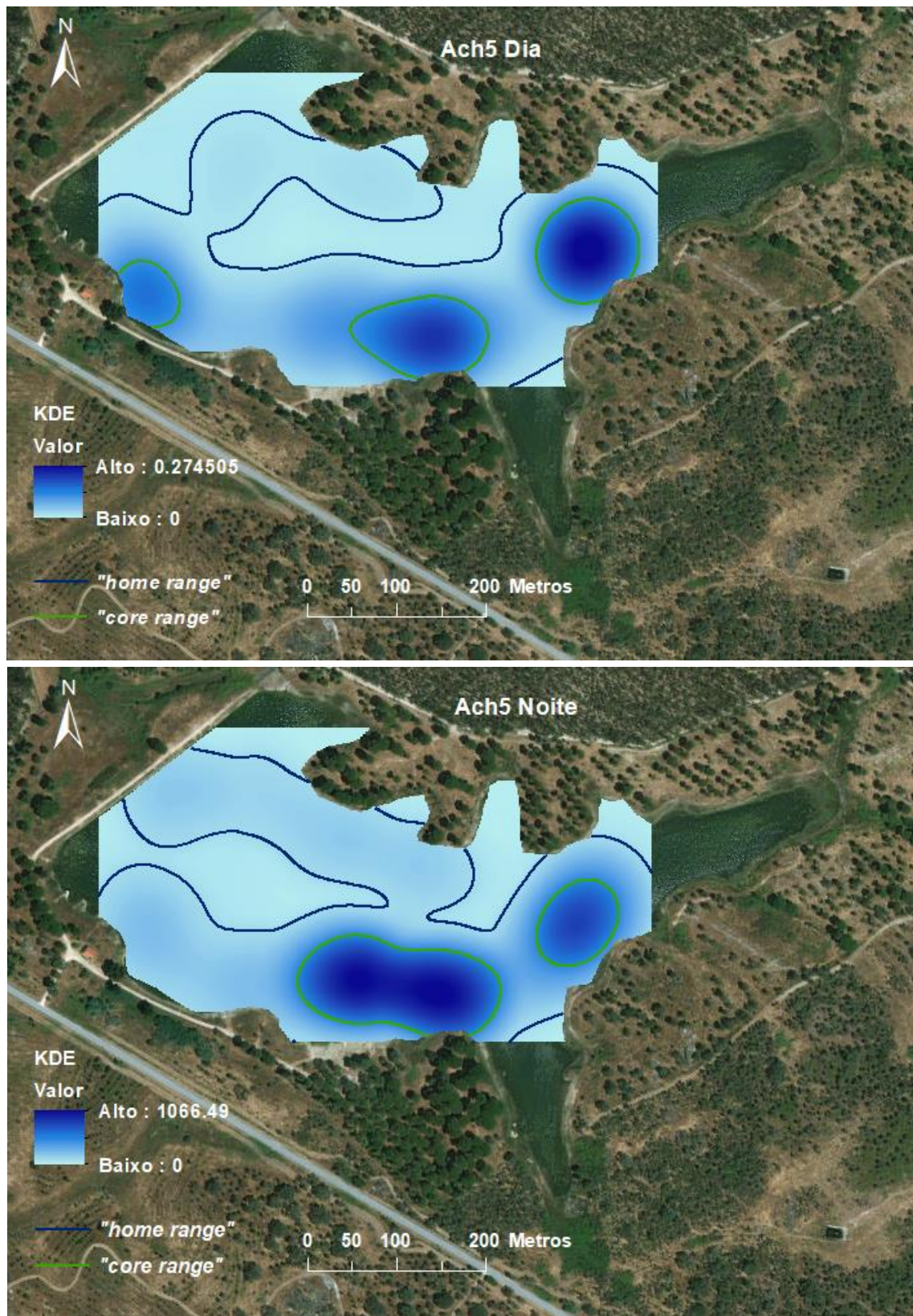


Figura 18 (continuação) – Mapas representativos da *Kernel Density Estimation*, com *percent volume contours* de 95% - *home range* (linha azul) e 50% - *core range* (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas

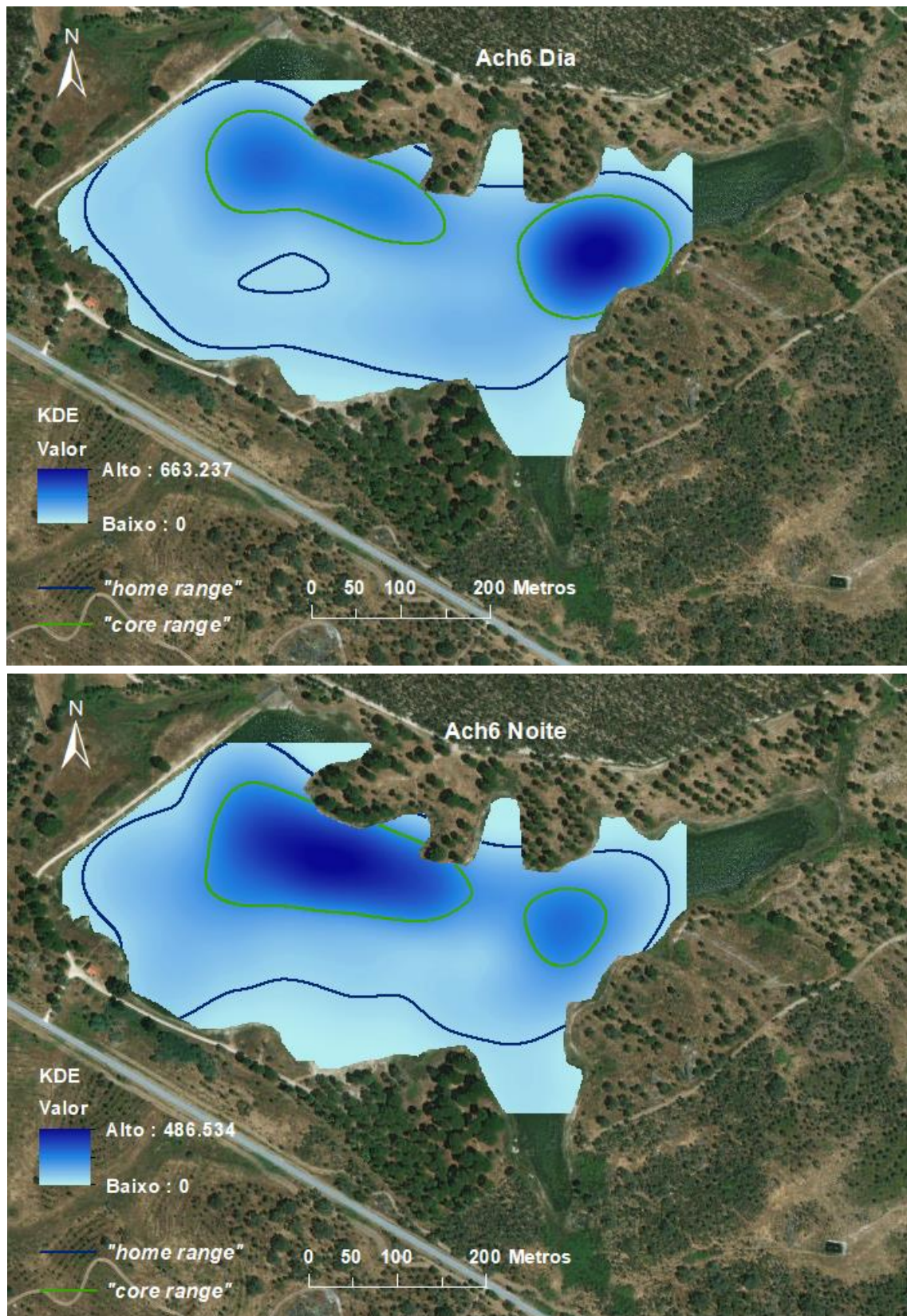


Figura 18 (continuação) – Mapas representativos da *Kernel Density Estimation*, com *percent volume contours* de 95% - *home range* (linha azul) e 50% - *core range* (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas

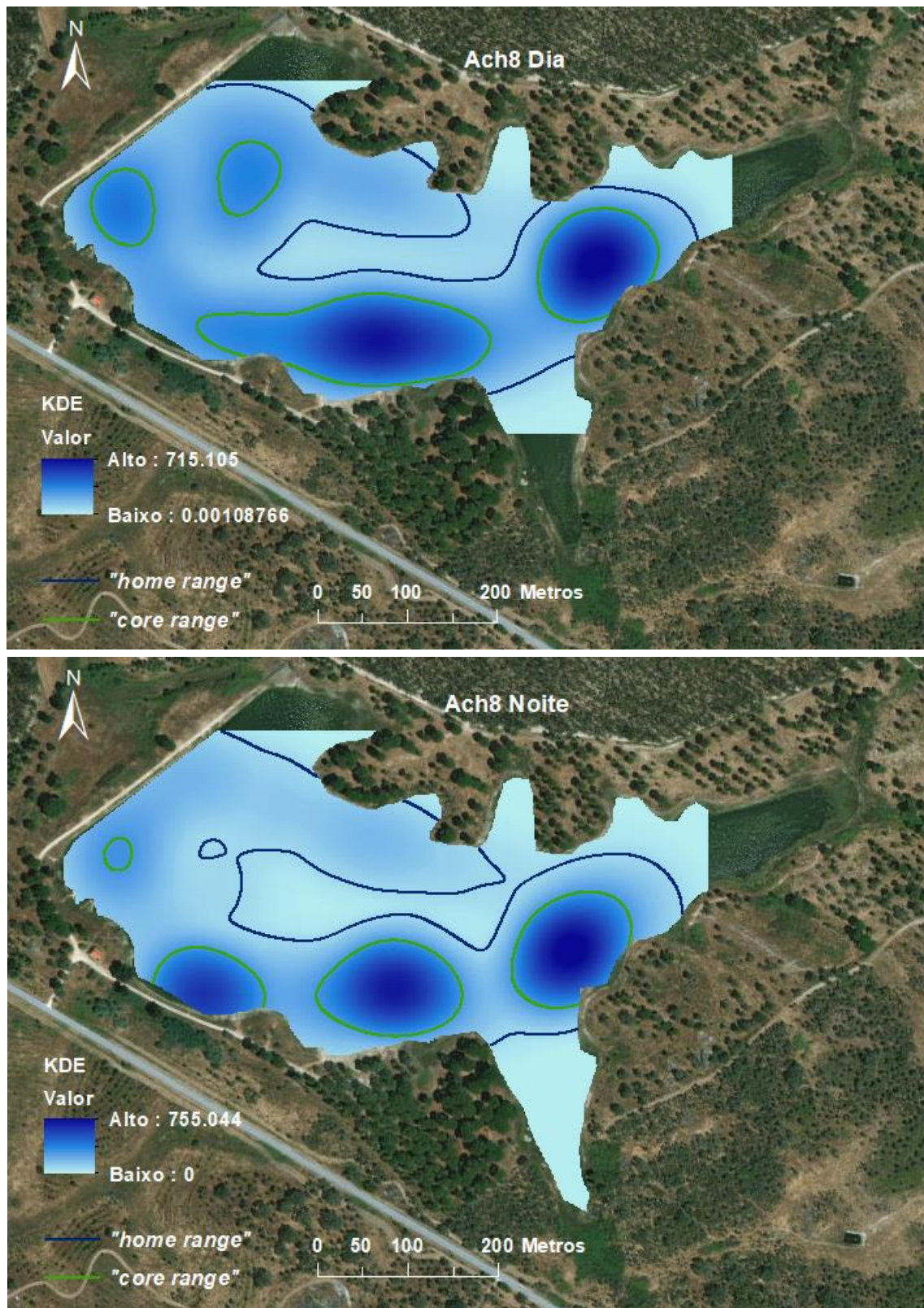


Figura 18 (continuação) – Mapas representativos da *Kernel Density Estimation*, com *percent volume contours* de 95% - *home range* (linha azul) e 50% - *core range* (linha verde). Áreas representadas a azul mais escuro correspondem às áreas mais utilizadas

Tabela 4 – Tabela síntese das variáveis comportamentais consideradas neste estudo, obtidas através dos mapas KDE com *percent volume contours* de 95 % (*home range*) e 50 % (*core range*)

ID	Área <i>core range</i> (ha) (X1)		Área <i>home range</i> (ha) (X2)		Número <i>core ranges</i> (X3)		Número <i>home ranges</i> (X4)		Proporção área utilizada (X5)	
	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite
Ach1	2,6	1,9	12,5	10,1	2	2	1	2	0,21	0,19
Ach2	1,8	1,5	9,6	6,4	2	2	2	1	0,19	0,23
Ach4	3,0	2,5	11,1	7,5	3	3	1	1	0,27	0,33
Ach5	2,4	2,5	10,7	11,4	3	2	1	1	0,22	0,22
Ach6	4,0	3,6	13,9	12,8	2	2	1	1	0,29	0,28
Ach8	4,4	3,2	13,1	12,4	4	4	1	1	0,34	0,26
Média	3,0	2,5	11,8	10,1	3	3	1	1	0,25	0,25
Desvio padrão	1,0	0,8	1,6	2,6	0,8	0,8	0,4	0,4	0,06	0,05

3.3.2 Análise SIMPER e PERMANOVA

A análise SIMPER permitiu verificar que as variáveis X2 (22,12%) e X1 (20,56%), área de *home range* e área de *core range*, respetivamente, foram as variáveis que mais contribuíram para as diferenças comportamentais entre o período diurno e o período noturno. Ou seja, estas variáveis tiveram valores superiores de Dia, observando-se assim que os peixes têm tendencialmente uma maior área de *home* e de *core range* durante o período de Dia. Sendo a contribuição total destas variáveis 42,68% (Tabela 5).

Tabela 5 – Tabela de resultados SIMPER para o grupo Dia e para o grupo Noite do fator PERÍODO

Variável	Período Dia	Período Noite	% Contribuição
	Valor Médio	Valor Médio	
X2	0,387	-0,387	22,12
X1	0,273	-0,273	20,56
X3	0,115	-0,115	19,29
X5	-2,87E-03	2,87E-03	19,02
X4	3,70E-16	3,70E-16	19,02

Nota: A negrito encontram-se as variáveis, e as respetivas percentagens de contribuição, que se considerou estarem mais associadas às diferenças de comportamento dos achigãs entre os dois períodos do dia.

Apesar das diferenças encontradas na análise SIMPER, a análise PERMANOVA permitiu verificar se estas diferenças tinham significância estatística. Desta forma, a análise PERMANOVA efetuada aos fatores PEIXE e PERÍODO da amostra em estudo (n=12)

revelou resultados diferentes para cada fator, isto é, verificaram-se diferenças significativas nas variáveis dependentes para o fator PEIXE ($F=3,40$, $p\text{-value} < 0,05$), enquanto para o fator PERÍODO as diferenças não foram significativas ($F=1,20$, $p\text{-value} > 0,05$) (Tabela 6). Tendo em conta os resultados evidenciados pelos mapas da Figura 18 e os valores apresentados na Tabela 4, a ausência de diferenças significativas no fator PERÍODO descritas pela análise PERMANOVA, poderá ser justificada pelo reduzido tamanho da amostra. Nesta análise não se avaliou a interação entre fatores porque não há replicação na amostra ao nível do fator PEIXE.

Tabela 6 – Tabela de resultados PERMANOVA aos fatores PEIXE e PERÍODO para os seis achigãs em análise

Fator	Df	Pseudo-F	P (perm)
PEIXE	5	3,40	$p < 0,05$
PERÍODO	1	1,20	$p > 0,05$
Erro (Resíduo)	5	-	-
Total	11	-	-

3.3.3 Regressão linear e análise ANOVA

Os resultados desta análise mostram que existe uma relação negativa significativa entre as variáveis testadas para todos os animais analisados, isto é, quando a temperatura da água aumenta, a profundidade que os animais testados ocupam na albufeira tende a diminuir (Figura 19). No entanto, verifica-se que de forma geral esta relação não é muito forte (r^2 médio = 0,0711), o que poderá ser explicado por alguma variabilidade na amostra analisada.

O Ach2 foi o indivíduo que apresentou a relação negativa mais forte ($r^2=0,160$), seguido do indivíduo Ach1 ($r^2=0,113$), mostrando nestes dois casos que existe uma forte relação entre a temperatura da água e a profundidade dos animais.

Todas as regressões lineares realizadas apresentaram significância estatística ($p\text{-value} < 0,005$), reforçando o resultado referente à existência de uma relação negativa e significativa entre a temperatura da água e a profundidade ocupada, uma tendência comum a todos os indivíduos analisados neste estudo.

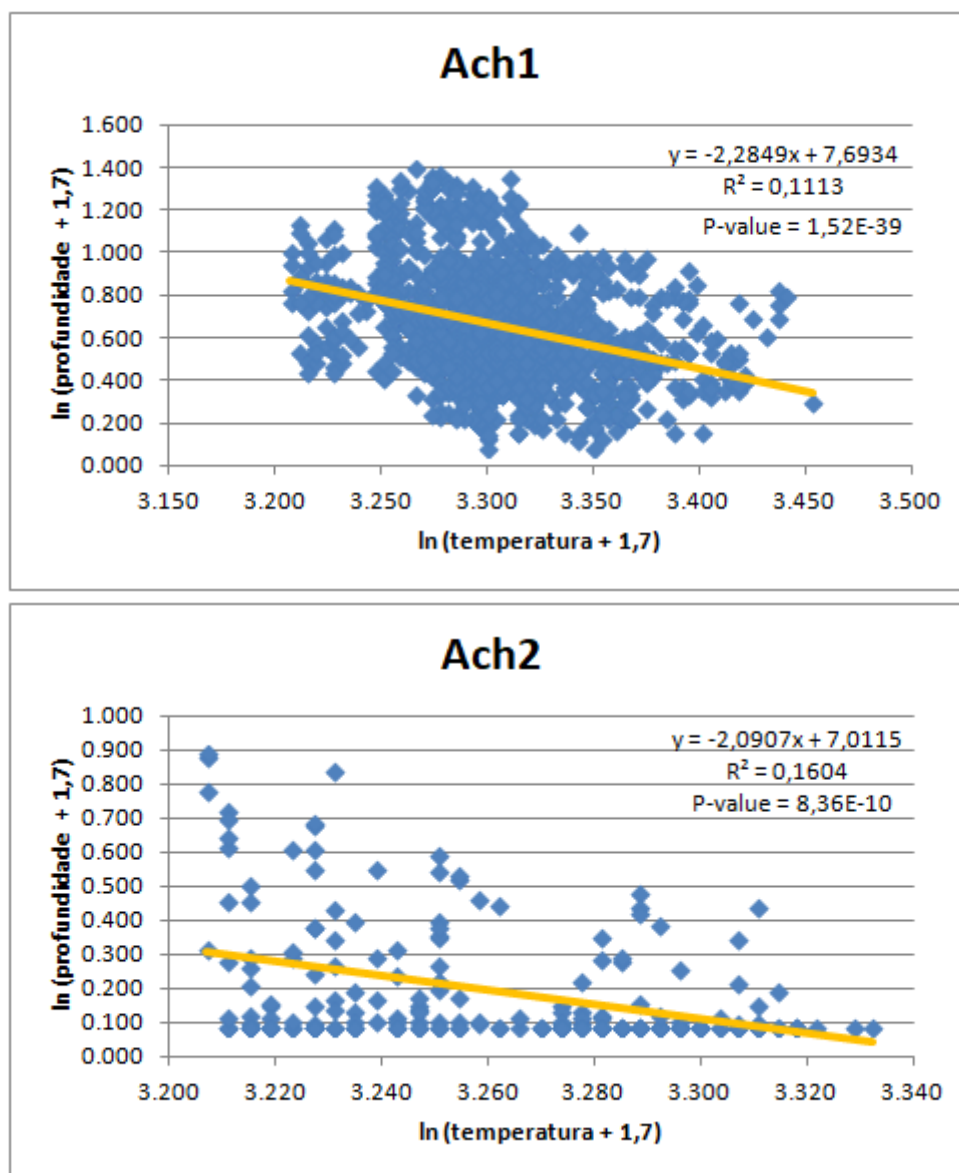


Figura 19 – Relação entre a temperatura da água na albufeira das Nascentes e a profundidade ocupada pelos achigãs testados ao longo do período de estudo. A equação representa a linha de tendência graficada a amarelo.

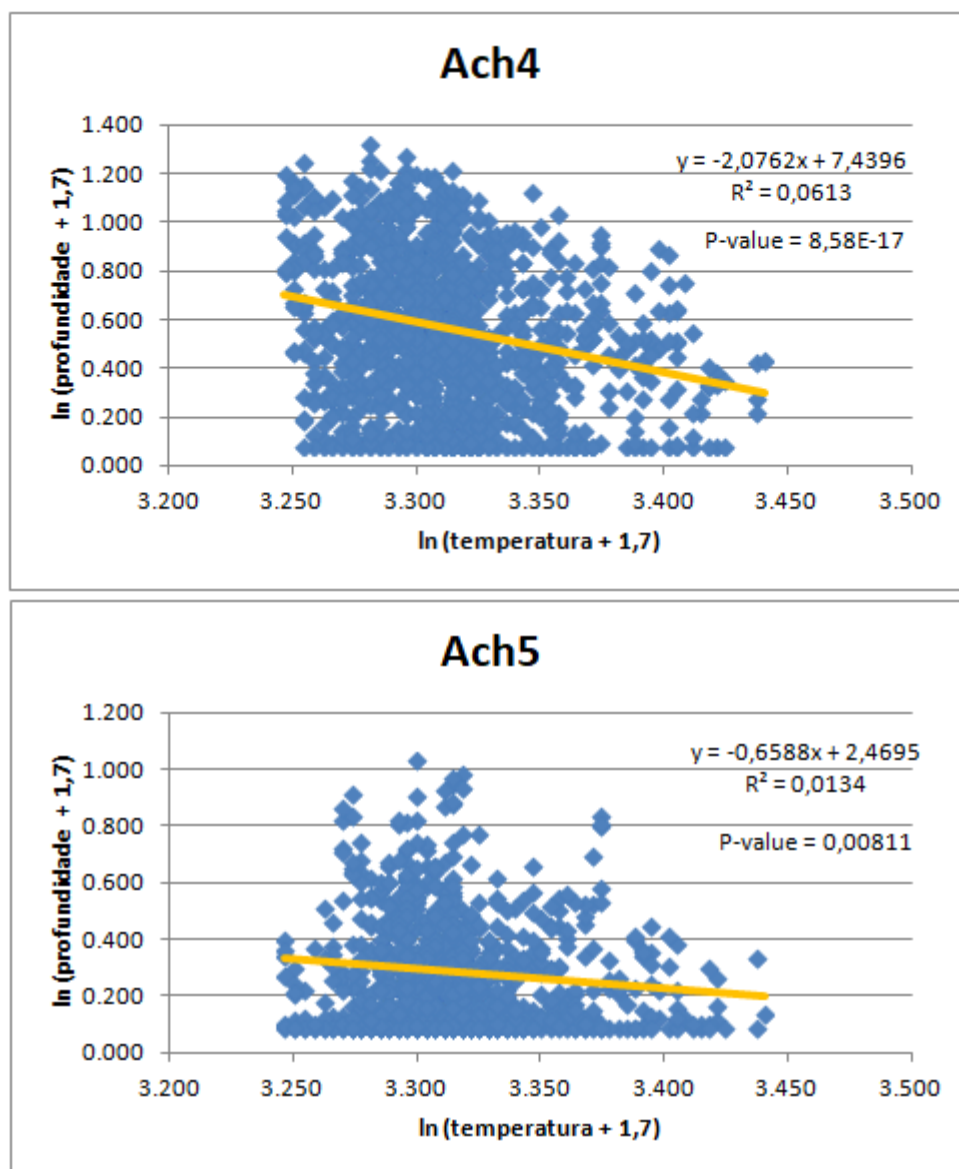


Figura 19 (continuação) – Relação entre a temperatura da água na albufeira das Nascentes e a profundidade ocupada pelos achigãs testados ao longo do período de estudo. A equação representa a linha de tendência graficada a amarelo.

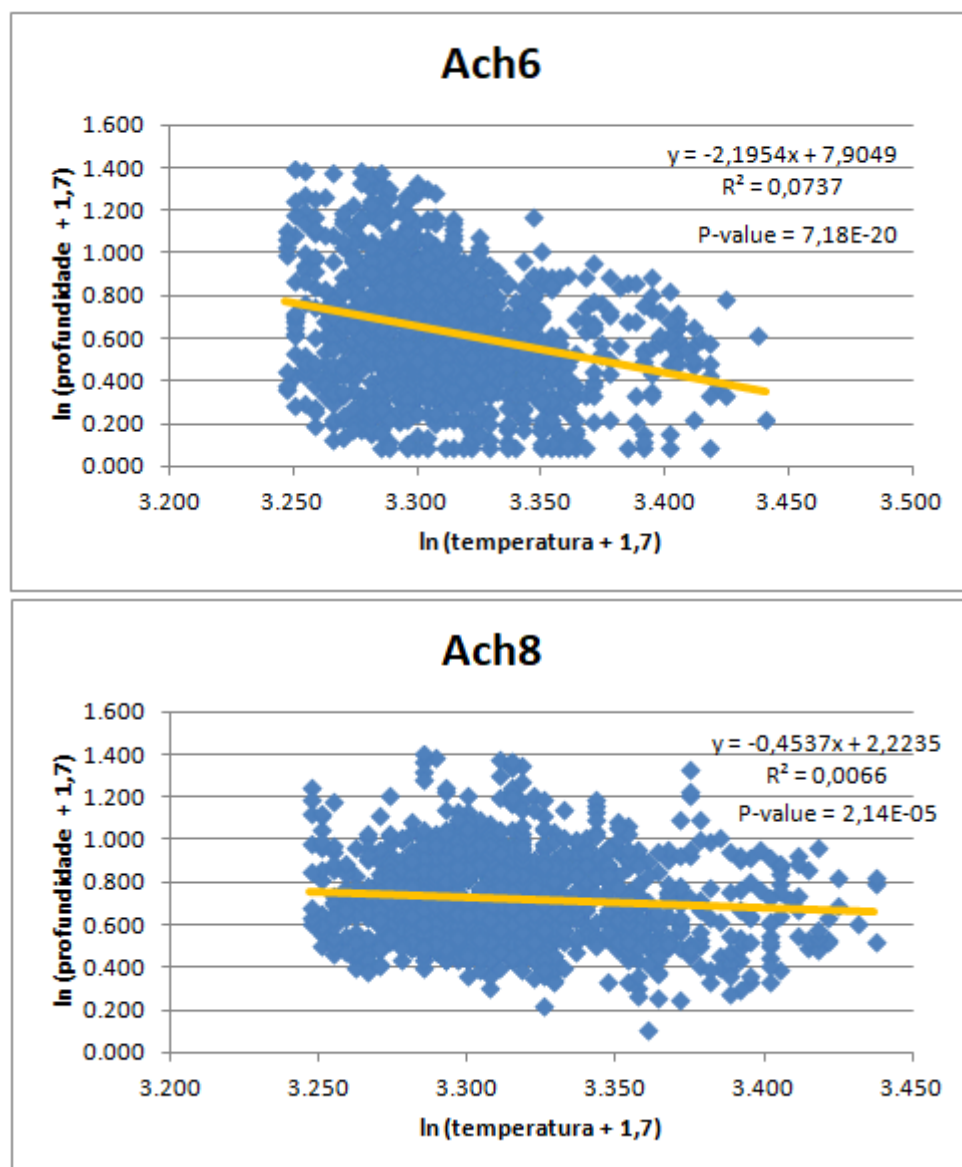


Figura 19 (continuação) – Relação entre a temperatura da água na albufeira das Nascentes e a profundidade ocupada pelos achigãs testados ao longo do período de estudo. A equação representa a linha de tendência graficada a amarelo.

4 Discussão

Atualmente, infraestruturas artificiais como barragens e as respetivas albufeiras, bloqueiam cerca de 2/3 da água em todo o mundo (Nilsson e Berggren, 2000). Em Portugal, o achigã (*M. salmoides*) pode ser encontrado em muitas destas massas de água artificiais, no entanto ainda é uma espécie pouco estudada nesta região. O aprofundamento do conhecimento sobre as espécies que habitam nestes sistemas aquáticos, bem como das suas respostas a qualquer tipo de alteração que ocorra nestes locais, seja ela de cariz natural (e.g., fenómenos de eutrofização e mortalidade massiva de peixes) ou antrópico (e.g., alterações e melhoramentos de habitat, ações de remoção seletiva) é fundamental para a gestão das espécies que nelas habitam, mas também para a gestão das próprias massas de água. É neste âmbito que se enquadra o presente trabalho, onde o principal objetivo foi o estudo do comportamento e o uso do habitat pelo achigã numa albufeira de clima tipicamente mediterrânico, com recurso ao uso de biotelemetria acústica.

Considerando os resultados previamente apresentados, obtidos ao longo do estudo efetuado, discutir-se-ão de seguida aqueles que foram considerados mais relevantes tendo em conta o objetivo principal do estudo.

O presente trabalho confirmou ser adequada a utilização de biotelemetria acústica no estudo do comportamento e preferência de habitat do achigã em albufeiras de pequena/média dimensão. Reforçando a ideia que este trabalho acrescentará um importante contributo no conhecimento da bioecologia desta espécie em condições bastante peculiares (clima mediterrânico). A albufeira das Nascentes apresenta na sua generalidade uma profundidade reduzida, como podemos observar nos resultados obtidos no levantamento batimétrico da albufeira (Figura 6). Este fato pode condicionar o funcionamento dos sistemas de telemetria acústica, e como tal, para evitar este problema foi dirigido um trabalho específico para avaliar as limitações da metodologia empregue no corpo de água em questão, aferindo a ED e o EP da rede de recetores de telemetria. Estas análises foram essenciais para garantir a confiança nos resultados obtidos, pois qualquer enviesamento na ED e no EP do sistema instalado pode ser suficiente para alterar a veracidade dos resultados obtidos (Heupel *et al.*, 2006; Payne *et al.*, 2010).

Os resultados obtidos na aferição da ED do sistema VPS instalado na albufeira das Nascentes, mostraram que este sistema apresenta uma ED média excelente, cerca de 95,5%, o que vem reforçar a fiabilidade do sistema de deteção acústica implementado para o estudo do comportamento dos achigãs analisados neste trabalho. Verificou-se também, que a ED foi consideravelmente menor em duas zonas da albufeira, com maior recorte marginal, onde a distância aos recetores é maior, a profundidade é bastante baixa e a presença de vegetação é maior, o que à partida era expetável, corroborando a informação

bibliográfica sobre a eficiência destes sistemas de biotelemetria (Heupel *et al.*, 2006; Payne *et al.*, 2010).

A aferição do EP também foi essencial para completar a análise ao sistema instalado e garantir o correto funcionamento da infraestrutura acústica. Verificou-se que na generalidade da albufeira o EP variou entre os 0 e os 10m, apresentando em média um EP de 6,6m. Também foi possível observar que o EP aumenta com a proximidade às margens da albufeira. Na zona mais oeste (junto ao recetor “St04”) e na zona mais a este (junto ao recetor “St01”) da albufeira verificam-se valores de EP consideravelmente maiores, o que provavelmente é justificado pelo aumento da distância aos recetores e pela maior dificuldade dos peixes serem, nessas zonas, simultaneamente detetados por três ou mais recetores, fatores que afetam negativamente este parâmetro.

Os mapas resultantes da análise KDE com os respetivos *percent volume contours* de 95% - *home range* e 50% - *core range*, associados às análises estatísticas realizadas, permitiram caraterizar a distribuição e a utilização espacial do habitat dos indivíduos marcados neste estudo.

A análise PERMANOVA permitiu verificar que existem diferenças significativas no comportamento e uso do habitat entre peixes (fator PEIXE), enquanto no fator PERÍODO não se verificaram diferenças significativas. No entanto, a análise SIMPER permitiu verificar que no fator PERÍODO, as variáveis X2 e X1 foram as que tiveram maior contribuição nos resultados obtidos. Verificando-se assim, que na albufeira das Nascentes, os achigãs tendem a apresentar em média maiores *home ranges* e maiores *core ranges* durante o período do Dia (X2= 11,8 ha; X1= 3 ha), comparativamente com o período Noite (X2= 10,1 ha; X1= 2,5 ha). Os valores de *home range* verificados neste estudo são consideravelmente superiores aos verificados noutros estudos (considerando também a respetiva dimensão do corpo de água – Tabela 7), como: 1,06 ha (Lago Mary 22,6 ha) – Winter, (1977); 1 ha (Lago Eustis 3,16 ha) – Mesing e Wicker (1986); 21 ha (Lago Baldwin 80 ha) – Colle *et al.*, (1989); 3,04 ha (Lago Kirkpatrick 2,82 ha) – Thompson (2003). Analisando os resultados destes autores, verificamos claramente diferenças na dimensão dos respetivos *home ranges*. Apenas Colle *et al.* (1989) verificou *home ranges* superiores aos verificados na albufeira das Nascentes, no entanto, o lago Baldwin é cerca de quatro vezes superior à albufeira das Nascentes.

Tabela 7 – Comparação de resultados obtidos em diferentes estudos

	Albufeira Nascentes	Lago Mary	Lago Baldwin	Lago Kirkpatrick
Área home range (ha)	11	1	21	3
Área total (ha)	19	22,6	80	7
Comprimento médio (mm) (Desvio padrão)	265 (11,4)	<i>Informação não disponível</i>	504 (<i>Informação não disponível</i>)	474,1 (38,6)
Peso médio (g) (Desvio padrão)	312 (48,7)	<i>Informação não disponível</i>	1893 (<i>Informação não disponível</i>)	1559,4 (578)
Época do estudo	Verão	Verão	1 ciclo anual	Verão
Autor	Presente estudo	Winter, 1977	Colle <i>et al.</i> , 1989	Thompson, 2003

Para melhor entender e justificar estas diferenças, é importante ter em conta que a albufeira das Nascentes apresenta na sua generalidade uma fraca densidade de vegetação, que aliás é uma das principais características das albufeiras inseridas na região mediterrânica. E é aqui que assenta a possível explicação para as diferenças de dimensão dos *home ranges* verificadas neste estudo, visto que os estudos apresentados anteriormente, foram desenvolvidos em massas de água em que a disponibilidade de habitat e refúgios é consideravelmente superior à verificada na albufeira das Nascentes. Por exemplo, no estudo desenvolvido por Thompson (2003) no lago Kirkpatrick, este lago apresentava condições muito boas para esta espécie, pois além da vegetação natural presente, as condições de habitat neste lago tinham sido inclusivé melhoradas, através da colocação de estruturas artificiais. Ou seja, as diferenças verificadas no presente estudo podem estar associadas à fraca densidade de vegetação presente na albufeira das Nascentes, pois segundo vários autores, como Chappell (1974), Hunter e Maceina (2008) e Ahrenstorff *et al.* (2009) a dimensão do *home range* dos achigãs está dependente da dimensão do indivíduo e da presença de vegetação, verificando-se que achigãs inseridos em habitats com fraca densidade de vegetação, ou seja, com pouco refúgio disponível, têm maior *home range*. E Sammons *et al.* (2003) num estudo realizado no Lago Seminole (Georgia, EUA), também testou a influência da vegetação nos movimentos e *home range* dos achigãs, e verificou que depois da remoção da vegetação, os achigãs alteraram o seu comportamento, tornando-se mais ativos.

A fraca disponibilidade de vegetação e outros refúgios na albufeira das Nascentes, poderá afetar a abundância de presas na albufeira, mas também poderá afetar a territorialidade dos achigãs. Ou seja, uma fraca abundância de presas, aumentará o esforço de procura de alimento, aumentando assim, os movimentos na albufeira. Em relação à

territorialidade, visto que existe uma acentuada falta de abrigos e refúgios, os encontros entre achigãs podem ser frequentes, podendo obrigar os achigãs a maiores deslocações na procura de abrigo. Deste modo, os dois fatores acima referidos poderão ter uma influência direta na dimensão dos *home ranges* verificados neste estudo.

Outro fator importante a ter em conta, é o facto que este estudo foi realizado no verão e segundo Demers *et al.* (1996) e Sammons e Maceina (2005) os achigãs durante o verão apresentam um comportamento mais ativo e maiores áreas de *home range* do que nas restantes estações.

No que diz respeito às diferenças entre o período diurno e o período noturno verificadas neste estudo, especialmente nas variáveis área de *home range* e área de *core range*, mostram que os achigãs tendem a apresentar maiores valores nestas variáveis durante o período diurno, ou seja, tendem a apresentar um comportamento mais ativo durante o dia, resultados diferentes dos verificados por Thompson (2003), isto é, nesse estudo os achigãs não apresentaram diferenças entre o dia e a noite. No entanto, Demers *et al.* (1996) obteve resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo, verificando que o achigã é mais ativo durante o dia do que durante a noite. Este comportamento mais ativo durante o dia, poderá ser justificado pelo facto de que o achigã é um predador “visual”, como referiu Emery (1973), ou seja, durante o período diurno, enquanto existe luz solar, o achigã tende a apresentar um comportamento mais ativo na procura alimento.

Relativamente à relação entre a temperatura da água e a profundidade ocupada pelos achigãs na albufeira, verificou-se que existe uma relação significativa negativa entre estas duas variáveis. Ou seja, os achigãs tendem a ocupar zonas mais profundas, quando a temperatura é menor. Estes resultados, vão ao encontro do que foi verificado na dimensão de *home range* e proporção de área utilizada, isto é, durante a noite os achigãs tendem a apresentar áreas de *home range* e proporção de área utilizada menores durante a noite, o que reflete um comportamento menos ativo durante este período. Winter (1977) obteve resultados semelhantes no lago Mary (Minnesota, EUA), isto é, os achigãs durante o verão passavam as horas de maior calor em profundidades de cerca 0,6 metros, contrariamente às horas de menor calor. No entanto, alguns autores apontam para uma relação positiva entre a temperatura e profundidade, em que os achigãs tendem a permanecer em águas mais profundas durante as horas de maior calor (Demers *et al.*, 1996; Howell *et al.*, 2015). Estas diferenças de resultados poderão ser justificadas pela temperatura da água, ou seja, se a temperatura da água nas zonas mais baixas não exceder a temperatura de evasão, que é a temperatura máxima que os achigãs podem suportar, cerca de 36°C, os achigãs podem permanecer nesses locais, mesmo em horas de maior calor (Winter, 1977; Venables *et al.*, 1978; Stuber *et al.*, 1982; Currie *et al.*, 2004).

Em forma de conclusão verificou-se que os achigãs na albufeira das Nascentes tendem a ser mais ativos durante o período Diurno, apresentando maiores *home ranges* neste período, provavelmente na procura de alimento mas também devido à escassez de refúgios. Mostraram uma preferência por águas mais superficiais quando a temperatura é mais elevada, em sentido oposto, durante quando as temperaturas são mais baixas, os achigãs tendem a ser menos ativos, refugiando-se em zonas mais profundas.

Tendo em conta os resultados obtidos neste estudo, seria interessante a realização de mais estudos nesta espécie, de modo a aprofundar o conhecimento sobre esta temática, por exemplo, estudos que permitissem caracterizar o comportamento e a utilização de habitat pelo achigã ao longo do ciclo anual na região mediterrânica.

5 Conclusões

O objetivo desta dissertação passava pelo estudo do comportamento e preferência de habitat do achigã numa albufeira de características tipicamente mediterrânicas, a albufeira das Nascentes, durante a estação de Verão. Prevvia-se que o cumprimento deste objetivo permitiria a aquisição de um importante conhecimento a uma fina-escala da espécie-alvo, visto que se trata de um tema pouco conhecido na região mediterrânica.

A análise ao comportamento e à preferência de habitat dos achigãs marcados só foi possível devido ao constante desenvolvimento de técnicas, que permitem o estudo de espécies *in-situ*, em particular as espécies aquáticas, como a telemetria acústica (Guller e Ubeyli, 2002; Cooke *et al.*, 2004; Cooke, 2008; Roy *et al.*, 2014). A metodologia desenvolvida neste trabalho revelou-se bastante eficaz, permitindo alcançar todos os objetivos definidos. Mais especificamente, permitiu adquirir um conhecimento do comportamento e o uso do habitat pela espécie-alvo a uma fina escala, permitindo verificar a dimensão do *home range* de cada achigã, a proporção da área da albufeira que é utilizada pelos achigãs monitorizados (durante o período de verão), assim como a relação existente entre a temperatura e a profundidade dos achigãs. Este conhecimento representa um importante contributo para o aumento do conhecimento da bioecologia desta espécie na região mediterrânica, pois como já foi referido trata-se de uma espécie pouco estudada na região mediterrânica.

Os resultados obtidos permitiram caracterizar o comportamento e o uso do habitat dos achigãs na albufeira das Nascentes, verificando-se que durante o Dia os achigãs tendem a apresentar um comportamento mais ativo, resultando em maiores *home ranges* e maiores *core ranges*, assim como se verificou que existe uma relação negativa entre a temperatura da água e a profundidade ocupada pelos achigãs, isto é, os achigãs tendem a ocupar águas com profundidades menores, quando a temperatura é mais elevada.

Estes resultados, obtidos num cenário em que a quantidade e diversidade de refúgios existentes é praticamente nula, revelam-se bastante importantes, pois poderão ser um excelente contributo na previsão da resposta destes animais a futuras medidas de gestão e promoção da pesca recreativa (o achigã é uma das espécies preferidas dos pescadores recreativos). Um exemplo disto é a implementação de habitat artificial (Tugend *et al.*, 2002; Allen *et al.*, 2014), uma vez que este trabalho permitiu caracterizar o comportamento do achigã numa fase prévia a qualquer ação de gestão da espécie ou do seu habitat.

Como referido no parágrafo anterior, os resultados obtidos neste estudo revelam-se muito importantes, e por isso, deveriam ser realizados mais estudos que reforcem e

completem o conhecimento adquirido nesta dissertação. Estudos que permitam, por exemplo, a caracterização anual do comportamento e uso do habitat pelo achigã, podendo-se assim verificar se existem diferenças comportamentais ao longo do ano. Mas também, estudos que permitam alargar este conhecimento a outras espécies piscícolas presentes nas albufeiras de características tipicamente mediterrânicas, como por exemplo a carpa (*C. carpio*), que a par do achigã, desperta um elevado interesse dos pescadores recreativos.

6 Referências Bibliográficas

- Aadland, L. P. E. (1982). Artificial reefs as a management tool to improve sport fishing in North Dakota reservoirs. Master's thesis. North Dakota State University, Fargo.
- Ahrenstorff, T. D., Sass, G. G., Helmus, M. R. (2009). The influence of littoral zone coarse woody habitat on home range size, spatial distribution, and feeding ecology of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Hydrobiologia*, 623(1), 223–233.
- Allen, M. J., Bush, S. C., Vining, I., Siepker M. J. (2014) Black Bass and Crappie Use of Installed Habitat Structures in Table Rock Lake, Missouri, *North American Journal of Fisheries Management*, 34:2, 223-231.
- Almaça, C. (1996). Peixes dos rios de Portugal. Edições INAPA, Lisboa.
- Almeida, P. R., Alexandre, C. M., Quintella, B., Almeida, M. J. L., Mateus, C., Pereira, E., Belo, F., Oliveira, I.. (2017). 1º Relatório de Progresso "GAMEFISH". 1-116.
- Anderson M. J., Gorley R. N., Clarke K. R. (2008). PERMANOVA for PRIMER: *Guide to Software and Statistical Methods*. PRIMER-E Ltd.: Plymouth, United Kingdom.
- Anderson, M.J., Walsh, D.C.I., (2013). PERMANOVA, ANOSIM, and the Mantel test in the face of heterogeneous dispersions: What null hypothesis are you testing? *Ecological Monographs*, 83(4), pp.557–574.
- Bassett, C. E. (1994). Use and evaluation of fish habitat structures in lakes of the eastern United States by the USDA Forest Service. *Bulletin of Marine Science* 55(2-3):1137-1148.
- Bohnsack, J. A. (1989). Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioural preference? *Bulletin of Marine Science* 44: 631–645.
- Bohnsack, J. A., Sutherland, D. L. (1985). Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. *Bulletin of Marine Science* 37:11–39.
- Boyer, M. G. (1994). Effect of 2,4-D amine on the movement and feeding behavior of largemouth bass. Master's Thesis. University of Florida, Gainesville, Florida. 1-133.
- Brown, T. G., Runciman, B., Pollard, S., Grant, A. D. A. (2009). Biological Synopsis of Largemouth Bass (*Micropterus Salmoides*). *Fisheries and Oceans Canada*, 1–27.
- Bruno, S., Maugeri, S. (1995). Peces de Agua Dulce de Europa. Ediciones Omega, S.A.
- Burleson, M. L., Wilhelm, D. R., Smatresk, N. J. (2001). The influence of fish size on the avoidance of hypoxia and oxygen selection by largemouth bass. *Journal of Fish Biology*, 59, 1336–1349.
- Calenge, C., (2011). Home Range Estimation in R : the adehabitatHR Package. *Office*, 1–60.
- Carlander, K. (1977). Handbook of Freshwater Fishery Biology. Ames: Iowa State University Press.
- Chappell, J. A. (1974). Response of largemouth bass to thermal effluent from Oconee Nuclear Power Plant. Master's Thesis. Clemson University, Clemson, South Carolina.
- Clugston, J.P. (1964). Growth of the Florida largemouth bass *Micropterus salmoides* floridanus (Lesueur), and northern largemouth bass, *M. salmoides* (Lacépède), in subtropical Florida. *Trans. Am. Fish. Soc.* 93:146-154.
- Colle D.E., Cailteux R.L., Shireman J.V. (1989). Distribution of Florida largemouth bass in a lake after elimination of all submersed aquatic vegetation. *North American Journal of Fisheries Management* 9, 213–218.
- Cooke, S. J. (2008). Biotelemetry and biologging in endangered species research and animal conservation: Relevance to regional, national, and IUCN Red List threat assessments. *Endangered Species Research*, 4, 165–185.
- Cooke, S. J., Hinch, S. G., Wikelski, M., Andrews, R. D., Kuchel, L. J., Wolcott, T. G., Butler, P. J. (2004). Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 19(6), 334–343.

- Cooke, S. J., Midwood, J. D., Thiem, J. D., Klimley, P., Lucas, M. C., Thorstad, E. B., Ebner, B. C. (2013). Tracking animals in freshwater with electronic tags: Past, present and future. *Animal Biotelemetry*, 1(5), 1–19.
- Davis, J. T., Lock, J. T. (1997). Largemouth Bass Biology and Life History. *Southern Regional Aquaculture Center*, (200), 1–2.
- Demers, E., Mckinley, R. S., Weatherley, A. H., McQueen, D. J. (1996). Activity Patterns of Largemouth and Smallmouth Bass Determined with Electromyogram Biotelemetry. *Transactions of the American Fisheries Society*, 125, 434–439.
- Dingle, H., (1996). Migration: The Biology of Life on the Move, New York: *Oxford University Press*.
- Donaldson, M. R., Hinch, S. G., Suski, C. D., Fisk, A. T., Heupel, M. R., Cooke, S. J. (2014). Making connections in aquatic ecosystems with acoustic telemetry monitoring. *The Ecological Society of America*, 12(10), 565–573.
- DPAI (1999). Gestão dos Recursos Aquícolas em Portugal. Divisão de Pescas de Águas Interiores, Direcção Geral das Florestas, Lisboa.
- Ellender, B. R., Weyl, O. L. F. (2014). A review of current knowledge, risk and ecological impacts associated with non-native freshwater fish introductions in South Africa. *Aquatic Invasions*, 9(2), 117–132.
- Emery, A. R. (1973). Preliminary comparisons of day and night habits of freshwater fish in Ontario lakes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30:761-774.
- Espinoza, M., Farrugia, T. J., Webber, D. M., Smith, F., Lowe, C. G. (2011). Testing a new acoustic telemetry technique to quantify long-term , fine-scale movements of aquatic animals. *Fisheries Research*, 108, 364–371.
- Florida Fish and Wildlife Conservation Commission. (2011). Black Bass Management Plan (p. 53).
- Fonseca, R. (2002). Impactos ambientais associados a barragens e a albufeiras. Estratégia de re- aproveitamento dos sedimentos depositados. 17–24.
- Geraldes, A. M. (1999). Peixes de Água Doce, João Azevedo Editor, Mirandela: 43 e 44.
- Godinho, F. N. (1991). Etologia trófica e crescimento de *Micropterus salmoides* nas albufeiras de Pêgo do Altar, Santa Clara, Magos e Vale Cobrão. Relatório de estágio do curso de engenharia silvicultor (Gestão de recursos naturais), ISA.
- Gitzen, R.A., Millsaugh, J.J. & Kernohan, B.J., (2006). Bandwidth selection for fixed-kernel analysis of animal utilization distributions. *Journal of Wildlife Management*, 70(5),1334–1344.
- Guller, N. F., Ubeyli, E. D. (2002). Theory and Applications of Biotelemetry. *Journal of Medical Systems*, 26(2), 159–178.
- Hanson, K. C., Cooke, S. J., Suski, C. D., Niezgoda, G., Phelan, F. J. S., Tinline, R., Philipp, D. P. (2007). Assessment of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) behaviour and activity at multiple spatial and temporal scales utilizing a whole-lake telemetry array. *Hydrobiologia*, 582, 243–256.
- Heidinger, R. C. (2000). A White Paper on the status and needs of largemouth bass culture in the North Central Region. *NCRAC White Papers*, (1), 1–10.
- Hemson, G., Johnson, P., South, A., Kenward, R., Ripley, R., Macdonald, D., (2005). Are kernels the mustard? Data from global positioning system (GPS) collars suggests problems for kernel homerange analyses with least-squares cross-validation. *Journal of Animal Ecology*, 74, 455–463.
- Hengl, T. (2009). *A Practical guide to Geostatistical Mapping. Scientific and Technical Research series*.
- Heupel, M. R., Semmens, J. M., Hobday, A. H. (2006). Automated acoustic tracking of aquatic animals : scales , design and development of listening station arrays. *Marine and Freshwater Research*, 57, 1–13.
- Hoff, M. H. (1991). Effects of increased nesting cover on nesting and reproduction of smallmouth bass in northern Wisconsin. Pages 39–43 in D. C. Jackson, editor. Proceedings of the first international

- smallmouth bass symposium. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Mississippi State University, Mississippi State.
- Howell, D. H., Cowley, P. D., Childs, A., Weyl, O. L. F. (2015). Movement behaviour of largemouth bass *Micropterus salmoides* in a South African impoundment. *African Zoology*, 50(3), 219–225.
- Hubbs, C. (1964). Fishes of the Great Lakes Region. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- Hunt, J., Bacheler, N., Wilson, D., Videan, E., Annett, C. (2002). Enhancing largemouth bass spawning: behavioral and habitat considerations. Pages 277-290 in D. P. Philipp, and M. S. Ridgway, editors. Black Bass: *Ecology, Conservation, and Management*. American Fisheries Society, Symposium 31, Bethesda, Maryland.
- Hunter, R. W., Maceina, M. J. (2008). Movements and Home Ranges of Largemouth Bass and Alabama Spotted Bass in Lake Martin, Alabama. *Journal of Freshwater Ecology*, 23(4), 599–606.
- ICNF IP (2016) www.icnf.pt. (Acedido em Novembro de 2018).
- Iguchi, K., Matsuura, K., McNyset, K. M., Peterson, A. T., Scachetti-Pereira, R., Powers, K. A., Yodo, T. (2004). Predicting Invasions of North American Basses in Japan Using Native Range Data and a Genetic Algorithm. *Transactions of the American Fisheries Society*, 133(4), 845–854.
- Jepsen, N., Schreck, C., Clements, S., Thorstad, E. B. (2003). A brief discussion on the 2 % tag / bodymass rule of thumb. *Aquatic Telemetry: Advances and Applications*, 255–259.
- Johnson, D. L., Beaumier, R. A., Lynch Jr, W. E. (1988). Selection of habitat structure interstice size by bluegills and largemouth bass in ponds. *Transactions of the American Fisheries Society* 117:171–179.
- Johnson, D. L., Stein, R. A. (1979). Response of fish to habitat structure in standing water. *American Fisheries Society*, North Central Division, Bethesda, Maryland.
- Keast, A. (1985). The piscivore feeding guild of fishes in small freshwater ecosystems. *Environmental Biology of Fishes*, 12(2), 119–129.
- Kessel, S. T., Cooke, S. J., Heupel, M. R., Hussey, N. E., Simpfendorfer, C. A., Vagle, S., Fisk, A. T. (2014). A review of detection range testing in aquatic passive acoustic telemetry studies. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24, 199–218.
- Kie, J. G., Matthiopoulos, J., Fieberg, J., Powell, R. A., Cagnacci, F., Mitchell, M. S., Gaillard, J. M., Moorcroft, P. R. (2010). The home-range concept: are traditional estimators still relevant with modern telemetry technology? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London – B. Biological Sciences* 365, 2221–2231.
- Koehn, J. D. (2012). Designing studies based on acoustic or radio telemetry. *Telemetry Techniques: A User's Guide for Fisheries Research*, 21–44.
- Kottelat, M., Freyhof, J. (2007). Handbook of European freshwater fishes (Kottelat). Berlin, Germany.
- Krige D. G. (1951). A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. *Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society* 52, 119–139.
- Lever, C. (1996). Naturalized fishes of the world (408 pp.). London, UK: Academic Press.
- Marta, P., Bochechas, J., Collares-Pereira, M.J., (2001). Importance of recreational fisheries in the Guadiana River Basin in Portugal. *Fisheries Management and Ecology*, 8: 345–354.
- Matheron, G., (1969). Le krigeage universel. Vol. 1. Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique, École des Mines de Paris, Fontainebleau.
- McHahon, T. E., Honalovt, S. H. (1995). Foraging success of largemouth bass at different light intensities: implications for time and depth of feeding. *Journal of Fish Biology*, 46, 759–767.
- Melnychuk, M. C. (2012). Detection Efficiency in Telemetry Studies: Definitions and Evaluation Methods. *Telemetry Techniques: A User Guide for Fisheries Research*. Bethesda: American Fisheries Society, 339–357.
- Mesing, C. L., Wicker, A. M. (1986). Home range, spawning migrations, and homing of radio-tagged Florida largemouth bass in two central Florida lakes. *Trans. Am. Fisheries Society*. 115: 286–295.

- Moring, J. R., Negus, M. T., McCullough, R. D., Herke, S. W. (1989). Large concentrations of submerged pulpwood logs as fish attraction structures in a reservoir. *Bulletin of Marine Science* 44:609–615.
- Nilsson, N., Berggren, K. (2000). Alterations of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation. *BioScience*, 50(9), 783–792.
- Page, L., Burr, B. (1991). A Field Guide to Freshwater Fishes. Boston, Mass: Houghton Mifflin.
- Patterson, G., (1998). The largemouth bass. *Arkansas Game and Fish Commission, Arkansas*.
- Payne, N. L., Gillanders, B. M., Webber, D. M., Semmens, J. M. (2010). Interpreting diel activity patterns from acoustic telemetry: The need for controls. *Marine Ecology Progress Series*, 419, 295–301.
- Pereira, C.A. (1994). Espécies Aquícolas de Portugal Continental. Direcção Geral das Florestas.
- Petit, G., Beauchaud, M., Buisson, B. (2001). Density effects on food intake and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture Research*, 32, 495–497.
- Pincock, D., Welch, D., Mckinley, S., Jackson, G. (2010). Acoustic Telemetry for Studying Migration Movements of Small Fish in Rivers and the Ocean — Current Capabilities and Future Possibilities, 105–118.
- Prévost, C. (2002). Le Black-bass à grande bouche. La Lettre européenne de Sea-River, Edition française, 5.
- Powell, R. A. (2000). Research techniques in animal ecology: controversies and consequences. *New York: Columbia University Press*.
- Ribeiro, F., Beldade, R., Dix, B., Bochechas, J., (2007). Carta Piscícola Nacional. Direcção Geral dos Recursos Florestais-Fluviatilis, Lda. Publicação Electrónica.
- Rivas-Martínez, S., Sáenz, S. R., Penas, A. (2011). Worldwide bioclimatic classification system. *Global Geonotany*, 1–634.
- Robbins, W. H., MacCrimmon, H. R. (1974). The blackbass in America and overseas (196 pp.). Sault Sainte Marie, ON: Marie Publications Division, *Biomanagement and Research Enterprises*.
- Rodgers, A.R., Kie, J.G., (2011). HRT : Home Range Tools for User's Manual.
- Rogers, K. B. (1998). Habitat use by largemouth bass and northern pike on the Rocky Mountain Arsenal, Colorado.
- Roy, R., Beguin, J., Argillier, C., Tissot, L., Smith, F., Smedbol, S., De-Oliveira, E. (2014). Testing the VEMCO Positioning System: spatial distribution of the probability of location and the positioning error in a reservoir. *Animal Biotelemetry*, 2(1–6).
- Sammons, S. M., Maceina, M. J. (2005). Activity patterns of largemouth bass in a subtropical US reservoir. *Fisheries Management and Ecology*, 12, 331–339.
- Sammons, S. M., Maceina, M. J., Partridge, D. G. (2003). Changes in Behavior, Movement, and Home Ranges of Largemouth Bass Following Large-scale Hydrilla Removal in Lake Seminole, Georgia. *Journal of Aquatic Plant Management*, 41, 31–38.
- Sanches, J. C., Rodrigues, A. M. (2011). O Achigã (*Micropterus salmoides*), uma espécie com interesse para a pesca desportiva. *Agroforum*, 19(26), 17–22.
- Scott, W. B., Crossman, E. J. (1973). *Freshwater Fishes of Canada*. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa.
- Seaman, D.E., Powell, R.A., (1996). An Evaluation of the Accuracy of Kernel Density Estimators for Home Range Analysis. *Ecology*, 77(7), 75-85.
- Shiklomanov, I. A. (1998). World Water Resources - A New Appraisal and Assessment For The 21st Century.
- Silva, A. M. N. (1992). Introdução de peixes dulciaquícolas na Ilha de São Miguel: subsídios para a sua história. Direcção Regional dos Recursos Florestais: 77 e 83.

- Silverman, B.W., (1986). Density estimation for statistics and data analysis. *Monographs on Statistics and Applied Probability*, (1951), 1–22.
- Singh, L., Downey, N. J., Roberts, M. J., Webber, D. M., Smale, M. J., van den Berg, M. A., Blows, B. M. (2009). Design and calibration of an acoustic telemetry system subject to upwelling events. *African Journal of Marine Science*, 31(1), 355–364.
- Stuber, R.J., Geghart, G., Maughan, O.E. (1982). Habitat suitability index models: Largemouth bass. *U.S. Dept Int. Fish Wild. Serv. FWS/OBS-82/10.16*. 32.
- Thompson, T. M. (2003). Distribution and Habitat Selection of Largemouth Bass in a Florida Limerock Pit. Master's Thesis, University of Florida.
- Tidwell, J. H., Coyle, S. D., Woods, T. A. (2000). Species Profile - Largemouth Bass. *SRAC Publication*, (722).
- Tugend, K. I., Allen, M. S., Webb, M. (2002). Use of artificial habitat structures in U.S. lakes and reservoirs: a survey from the Southern Division, AFS Reservoir Committee. *Fisheries* 27(5):22–27.
- Van Landeghem, M. M., Wahl, D. H., Suski, C. D. (2010). Physiological responses of largemouth bass to acute temperature and oxygen stressors. *Fisheries Management and Ecology*, 17, 414–425.
- Venables, B.J., Fitzpatrick, L.D., Pearson, W.D. 1978. Laboratory measurement of preferred body temperature of adult largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Hydrobiology*. 58: 33-36.
- Vieira, OMC (1998). Estudo dos Recursos Piscícolas da Albufeira Marechal Carmona – Contribuição para o seu ordenamento. Relatório do Trabalho de Fim de Curso, Engenharia de Ordenamento dos Recursos Naturais, ESA, Castelo Branco.
- Vogele, L. E., and W. C. Rainwater. 1975. Use of brush shelters as cover by spawning black basses (*Micropterus*) in Bull Shoals Reservoir. *Transactions of the American Fisheries Society* 104:264-269.
- Webber, D. (2009). VEMCO Positioning System (VPS) A low cost , non-real-time underwater acoustic fine-scale positioning system, 1–2.
- Wege, G. J., Anderson, R. O. (1979). Influence of artificial structure on largemouth bass and bluegills in small ponds. Pages 59269 in R. A. Stein and D. L. Johnson, editors. Response of fish to habitat structure in standing water. *American Fisheries Society*, North Central Division, Special Publication 6, Bethesda, Maryland.
- Welcomme, R. L. (1988). International introductions of inland aquatic species (328 pp.). *FAO Fisheries Technical Paper*, 294.
- Wills, T. C., Bremigan, M. T., Hayes, D. B., (2004). Variable Effects of Habitat Enhancement Structures across Species and Habitats in Michigan Reservoirs, *Transactions of the American Fisheries Society*, 133:2, 399-411.
- Winter, J. D. (1977). Summer home range movements and habitat use by four largemouth bass in Mary Lake , Minnesota. *Transactions of the American Fisheries Society*, 106(4), 323–330.
- Worton, B.T., (1989). Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home-Range Studies. *Ecology*, 70(1), 164-68.

7 Anexos

7.1 Anexo I

Tabela 8 – Tabela resultante do procedimento de teste ao sistema VPS

Ponto	Coordenadas WGS 84	Profundidade (m)	Profundidade da detecção			Tempo de detecção			Hora da detecção UTC			Data
			a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	
1	N 39° 19' 31,6'' W 7° 41' 51,3''	0,83	0,5	--	--	66	--	--	15:12:01	--	--	04/06/2018
2	N 39° 19' 32,9'' W 7° 41' 49,8''	1,8	1	--	--	64	--	--	15:29:29	--	--	04/06/2018
3	N 39° 19' 31,4'' W 7° 41' 49,8''	3,5	1	2,75	--	67	61	--	15:37:51	15:48:20	--	04/06/2018
4	N 39° 19' 30,3'' W 7° 41' 50,0''	1,5	0,75	--	--	61	--	--	15:53:22	--	--	04/06/2018
5	N 39° 19' 33,8'' W 7° 41' 48,2''	1	0,5	--	--	62	--	--	16:00:47	--	--	04/06/2018
6	N 39° 19' 32,8'' W 7° 41' 48,0''	6,65	1,5	3,5	5	80	67	68	17:34:33	17:36:26	17:38:20	04/06/2018
7	N 39° 19' 31,5'' W 7° 41' 48,3''	6,55	1,5	3,5	5	63	76	71	17:52:51	17:54:19	17:56:11	04/06/2018
8	N 39° 19' 30,3'' W 7° 41' 48,1''	3,7	0,75	2,75	--	62	65	--	18:01:50	18:06:19	--	04/06/2018
9	N 39° 19' 28,9'' W 7° 41' 48,2''	1,65	0,75	--	--	61	--	--	09:38:35	--	--	05/06/2018
10	N 39° 19' 34,0'' W 7° 41' 46,6''	5,15	1	2,5	4	68	65	74	16:09:55	16:11:38	16:13:36	04/06/2018
11	N 39° 19' 32,7'' W 7° 41' 46,5''	5	1	2,5	4	60	64	67	16:53:11	16:54:46	16:56:03	04/06/2018
12	N 39° 19' 31,0'' W 7° 41' 46,6''	6,35	1,5	3,5	5	64	70	70	18:18:13	18:19:48	18:21:39	04/06/2018
13	N 39° 19' 30,3'' W 7° 41' 46,6''	5,37	1	2,75	4,5	62	76	66	09:26:34	09:28:31	09:30:31	05/06/2018
14	N 39° 19' 29,1'' W 7° 41' 46,5''	3,75	0,75	3	--	61	64	--	09:47:19	09:48:43	--	05/06/2018
15	N 39° 19' 27,7'' W 7° 41' 46,7''	1,63	0,75	--	--	61	--	--	09:42:39	--	--	05/06/2018
16	N 39° 19' 35,3'' W 7° 41' 44,9''	2,4	0,5	2	--	61	64	--	16:22:32	16:23:56	--	04/06/2018
17	N 39° 19' 33,3'' W 7° 41' 45,0''	3,75	0,75	3	--	61	65	--	16:46:30	16:47:51	--	04/06/2018
18	N 39° 19' 32,8'' W 7° 41' 44,9''	3,25	0,75	2,5	--	61	64	--	08:49:57	08:51:25	--	05/06/2018
19	N 39° 19' 31,3'' W 7° 41' 45,0''	5,5	1,25	2,75	4,5	62	63	73	08:38:03	08:39:39	08:41:14	05/06/2018
20	N 39° 19' 30,3'' W 7° 41' 44,9''	5,75	1,25	2,75	4,5	62	63	80	09:53:07	09:55:14	09:56:44	05/06/2018
21	N 39° 19' 28,8'' W 7° 41' 45,1''	3,6	0,75	2,75	--	63	65	--	12:00:07	12:01:35	--	05/06/2018

22	N 39° 19' 27,6'' W 7° 41' 44,9''	0,87	0,5	--	--	60	--	--	12:11:44	--	--	05/06/2018
23	N 39° 19' 35,3'' W 7° 41' 43,4''	3,15	0,5	2,5	--	121	65	--	16:31:07	16:29:30	--	04/06/2018
24	N 39° 19' 34,1'' W 7° 41' 43,4''	0,5	0,25	--	--	61	--	--	08:56:29	--	--	05/06/2018
25	N 39° 19' 32,8'' W 7° 41' 43,2''	2,75	0,5	2,25	--	60	64	--	09:13:25	09:15:13	--	05/06/2018
26	N 39° 19' 31,7'' W 7° 41' 43,3''	4,25	0,75	2	3,5	64	64	88	10:03:32	10:04:58	10:06:24	05/06/2018
27	N 39° 19' 30,3'' W 7° 41' 43,2''	5	1	2,5	3,5	62	63	65	11:43:53	11:45:22	11:46:41	05/06/2018
28	N 39° 19' 29,0'' W 7° 41' 43,2''	4,25	0,5	2	3,5	63	64	67	12:19:08	12:21:26	12:23:17	05/06/2018
29	N 39° 19' 27,7'' W 7° 41' 43,5''	1	0,5	--	--	60	--	--	12:29:26	--	--	05/06/2018
30	N 39° 19' 35,3'' W 7° 41' 41,8''	1	0,5	--	--	60	--	--	09:02:53	--	--	05/06/2018
31	N 39° 19' 32,5'' W 7° 41' 41,7''	2	1	--	--	62	--	--	10:53:30	--	--	05/06/2018
32	N 39° 19' 31,4'' W 7° 41' 41,7''	4,12	0,5	2	3,5	60	62	72	10:15:10	10:16:29	10:18:02	05/06/2018
33	N 39° 19' 30,2'' W 7° 41' 41,7''	4,8	1	2,5	4	62	64	67	11:25:13	11:26:41	11:26:35	05/06/2018
34	N 39° 19' 28,8'' W 7° 41' 41,6''	3,4	0,75	2,75	--	60	66	--	12:36:10	12:37:35	--	05/06/2018
35	N 39° 19' 27,5'' W 7° 41' 41,6''	1,25	0,5	--	--	60	--	--	13:38:35	--	--	05/06/2018
36	N 39° 19' 32,8'' W 7° 41' 40,3''	0,65	0,3	--	--	60	--	--	10:57:55	--	--	05/06/2018
37	N 39° 19' 31,4'' W 7° 41' 39,9''	3	0,5	2,5	--	61	64	--	11:11:07	11:13:12	--	05/06/2018
38	N 39° 19' 30,4'' W 7° 41' 40,3''	4,75	1	2,5	4	62	63	67	12:42:55	12:45:02	12:46:30	05/06/2018
39	N 39° 19' 29,0'' W 7° 41' 40,2''	3,75	0,75	3	--	60	65	--	13:46:25	13:47:45	--	05/06/2018
40	N 39° 19' 27,7'' W 7° 41' 40,0''	1	0,5	--	--	60	--	--	13:42:17	--	--	05/06/2018
41	N 39° 19' 32,7'' W 7° 41' 38,7''	0,5	0,25	--	--	60	--	--	11:03:00	--	--	05/06/2018
42	N 39° 19' 31,5'' W 7° 41' 38,4''	2	1	--	--	60	--	--	12:53:55	--	--	05/06/2018
43	N 39° 19' 30,2'' W 7° 41' 38,6''	4,25	0,75	2	3,5	60	62	65	13:53:55	13:55:15	13:56:41	05/06/2018
44	N 39° 19' 28,8'' W 7° 41' 38,4''	4	1	3	--	61	65	--	14:13:18	14:14:44	--	05/06/2018
45	N 39° 19' 27,8'' W 7° 41' 38,5''	2	1	--	--	60	--	--	14:20:31	--	--	05/06/2018
46	N 39° 19' 31,6'' W 7° 41' 37,0''	0,75	0,37	--	--	68	--	--	12:59:16	--	--	05/06/2018
47	N 39° 19' 30,2'' W 7° 41' 36,8''	3,75	0,75	3	--	61	64	--	14:07:27	14:08:50	--	05/06/2018
48	N 39° 19' 29,0'' W 7° 41' 36,9''	3,85	0,75	3	--	60	64	--	14:29:48	14:31:06	--	05/06/2018
49	N 39° 19' 27,7'' W 7° 41' 36,9''	1,5	0,75	--	--	61	--	--	14:25:17	--	--	05/06/2018
50	N 39° 19' 31,6'' W 7° 41' 35,3''	1,75	1	--	--	60	--	--	14:02:17	--	--	05/06/2018

51	N 39° 19' 30,3'' W 7° 41' 35,3''	3,75	0,75	3	--	60	63	--	14:49:16	14:50:47	--	05/06/2018
52	N 39° 19' 28,9'' W 7° 41' 35,2''	3,65	0,75	3	--	60	62	--	14:43:06	14:44:30	--	05/06/2018
53	N 39° 19' 27,7'' W 7° 41' 35,1''	3,25	0,75	2,5	--	60	63	--	14:36:54	14:38:31	--	05/06/2018
54	N 39° 19' 26,3'' W 7° 41' 35,3''	1,5	0,75	--	--	61	--	--	15:39:34	--	--	05/06/2018
55	N 39° 19' 31,4'' W 7° 41' 33,7''	0,75	0,3	--	--	60	--	--	14:57:36	--	--	05/06/2018
56	N 39° 19' 30,2'' W 7° 41' 33,8''	3,25	0,75	2,5	--	70	66	--	15:05:41	15:07:28	--	05/06/2018
57	N 39° 19' 29,1'' W 7° 41' 33,6''	1,5	0,75	--	--	61	--	--	15:11:55	--	--	05/06/2018
58	N 39° 19' 27,8'' W 7° 41' 33,5''	1	0,5	--	--	60	--	--	15:15:45	--	--	05/06/2018
59	N 39° 19' 26,4'' W 7° 41' 33,7''	1,65	0,75	--	--	62	--	--	15:21:11	--	--	05/06/2018
60	N 39° 19' 25,1'' W 7° 41' 33,5''	1,75	1	--	--	61	--	--	15:28:06	--	--	05/06/2018
61	N 39° 19' 24,0'' W 7° 41' 33,6''	1,5	0,75	--	--	63	--	--	15:33:32	--	--	05/06/2018
62	N 39° 19' 31,5'' W 7° 41' 32,0''	2	1	--	--	63	--	--	16:51:56	--	--	05/06/2018
63	N 39° 19' 30,2'' W 7° 41' 31,8''	2	1	--	--	62	--	--	15:57:23	--	--	05/06/2018
64	N 39° 19' 29,0'' W 7° 41' 32,0''	1	0,5	--	--	61	--	--	15:50:50	--	--	05/06/2018
65	N 39° 19' 31,4'' W 7° 41' 30,2''	2,25	0,5	1,75	--	60	63	--	16:14:17	16:15:41	--	05/06/2018
66	N 39° 19' 30,2'' W 7° 41' 30,5''	1,5	0,75	--	--	62	--	--	16:02:13	--	--	05/06/2018
67	N 39° 19' 32,8'' W 7° 41' 28,9''	0,63	0,3	--	--	60	--	--	16:26:21	--	--	05/06/2018
68	N 39° 19' 31,3'' W 7° 41' 28,8''	1,5	0,75	--	--	62	--	--	16:21:16	--	--	05/06/2018
69	N 39° 19' 32,7'' W 7° 41' 27,2'	1,5	0,75	--	--	61	--	--	16:32:17	--	--	05/06/2018
70	N 39° 19' 31,5'' W 7° 41' 27,3''	0,9	0,5	--	--	61	--	--	16:44:32	--	--	05/06/2018
71	N 39° 19' 32,7'' W 7° 41' 25,8''	1,25	0,75	--	--	60	--	--	16:35:50	--	--	05/06/2018

7.2 Anexo II

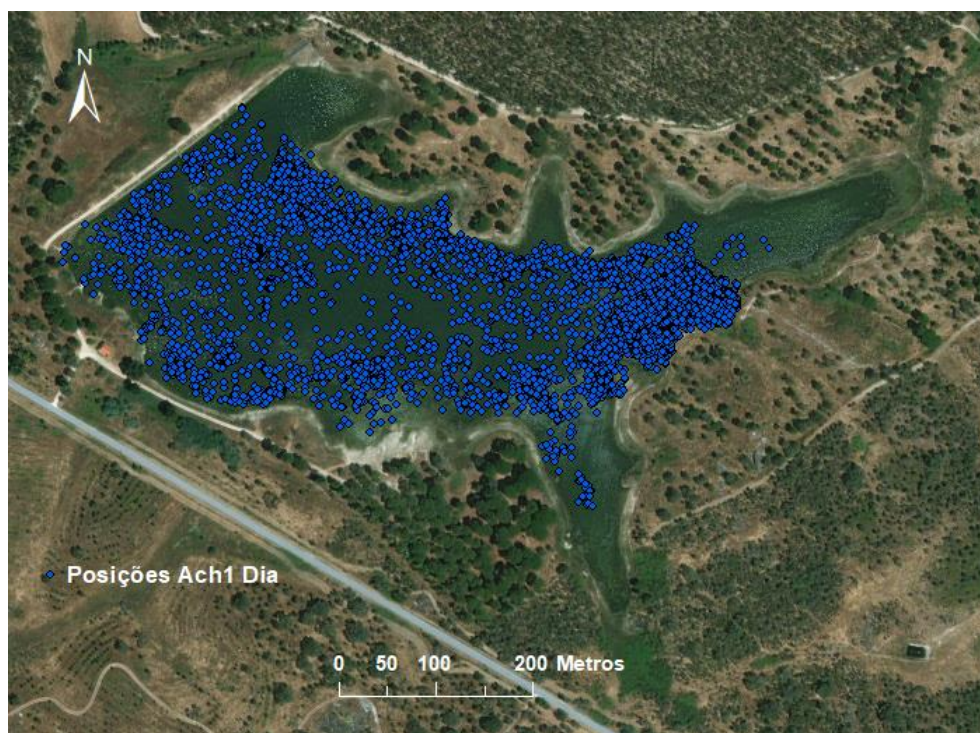


Figura 20 – Localizações do indivíduo Ach1 durante o período de Dia.

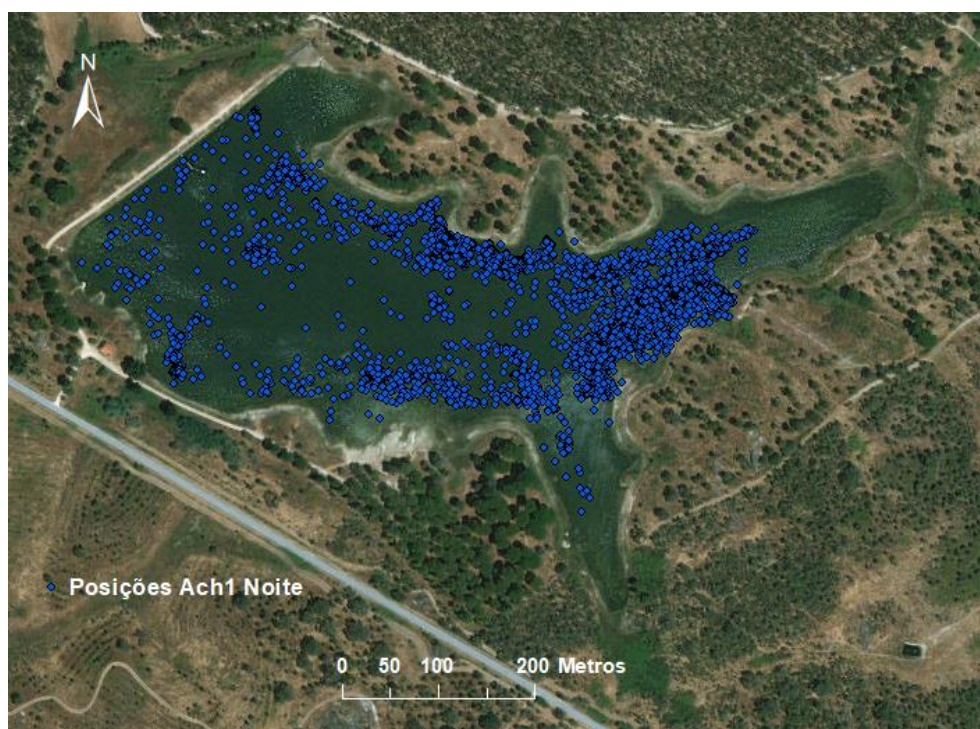


Figura 21 – Localizações do indivíduo Ach1 durante o período de Noite.

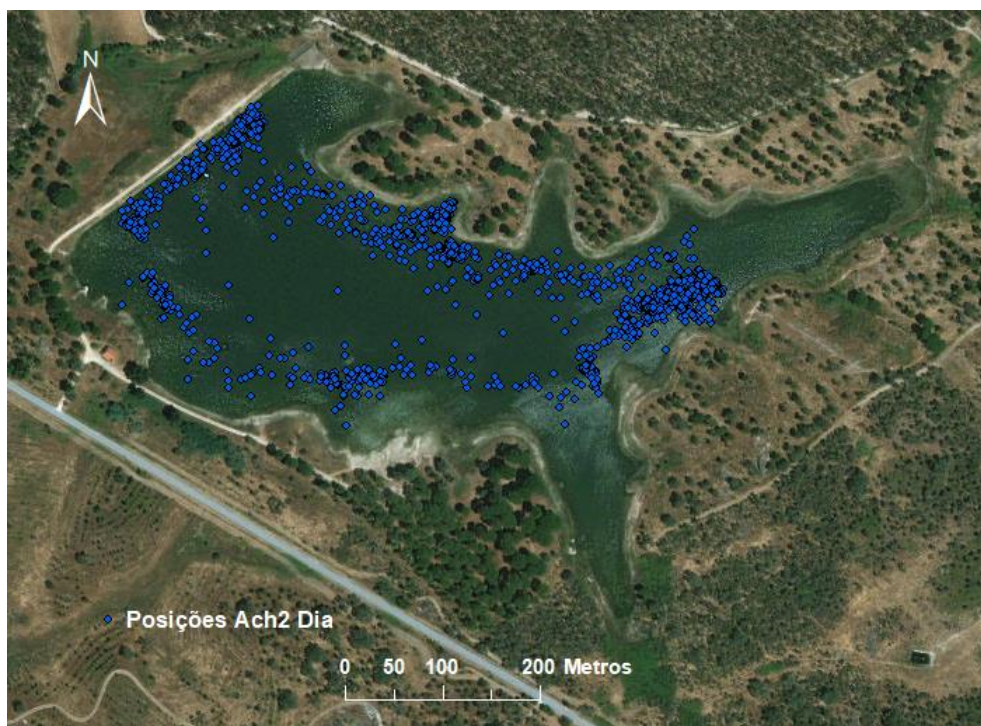


Figura 22 – Localizações do indivíduo Ach2 durante o período de Dia.



Figura 23 – Localizações do indivíduo Ach2 durante o período de Noite.

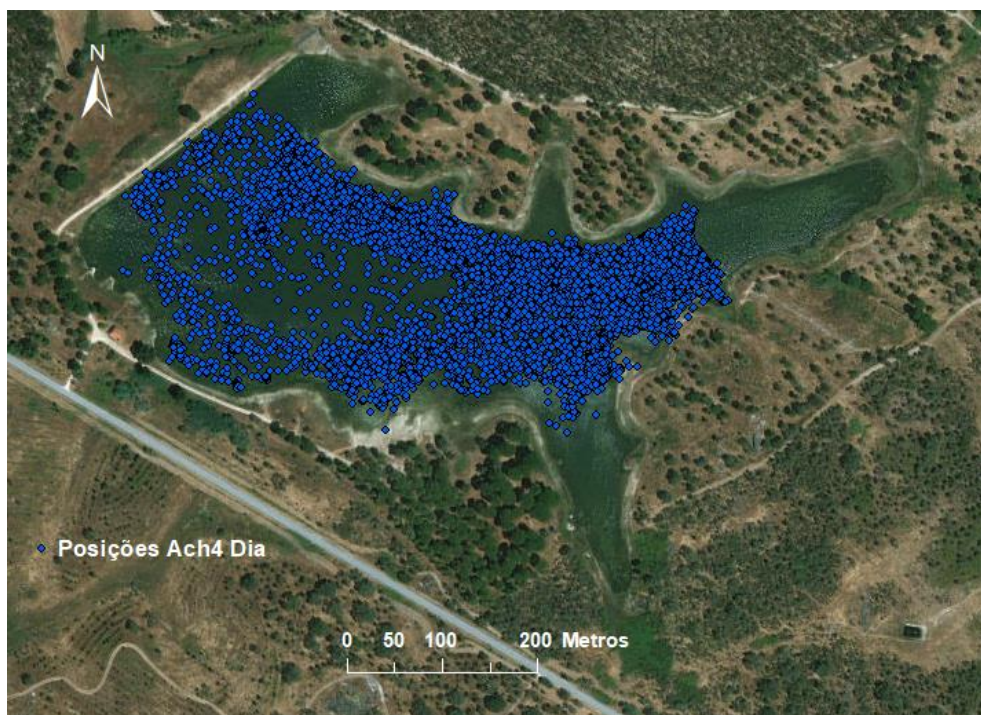


Figura 24 – Localizações do indivíduo Ach4 durante o período de Dia.

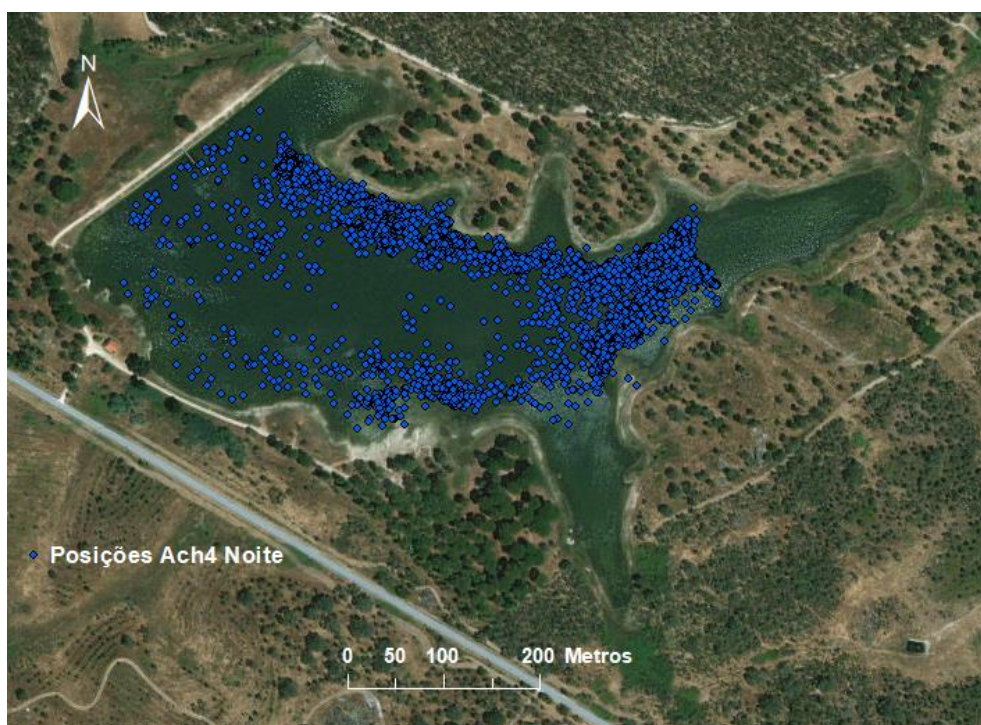


Figura 25 – Localizações do indivíduo Ach4 durante o período de Noite.

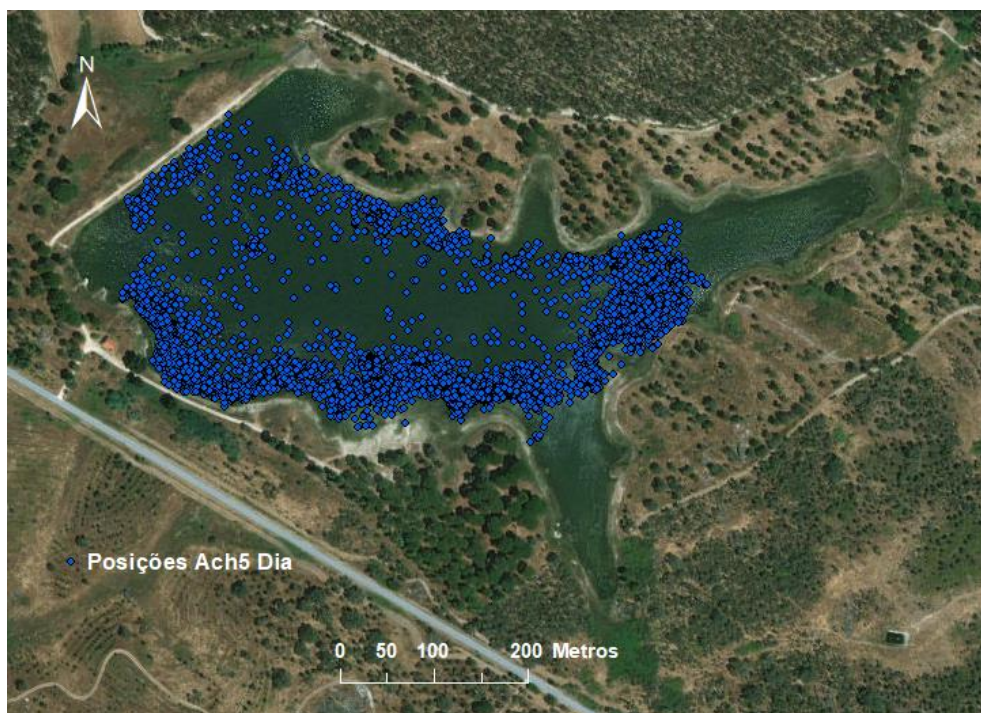


Figura 26 – Localizações do indivíduo Ach5 durante o período de Dia.

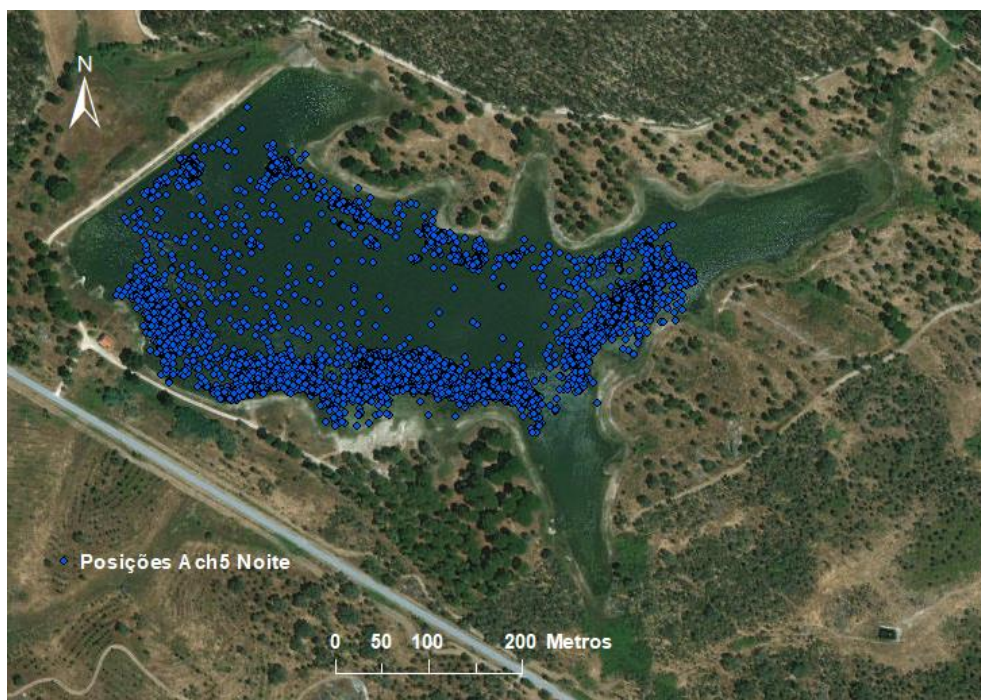


Figura 27 – Localizações do indivíduo Ach5 durante o período de Noite.

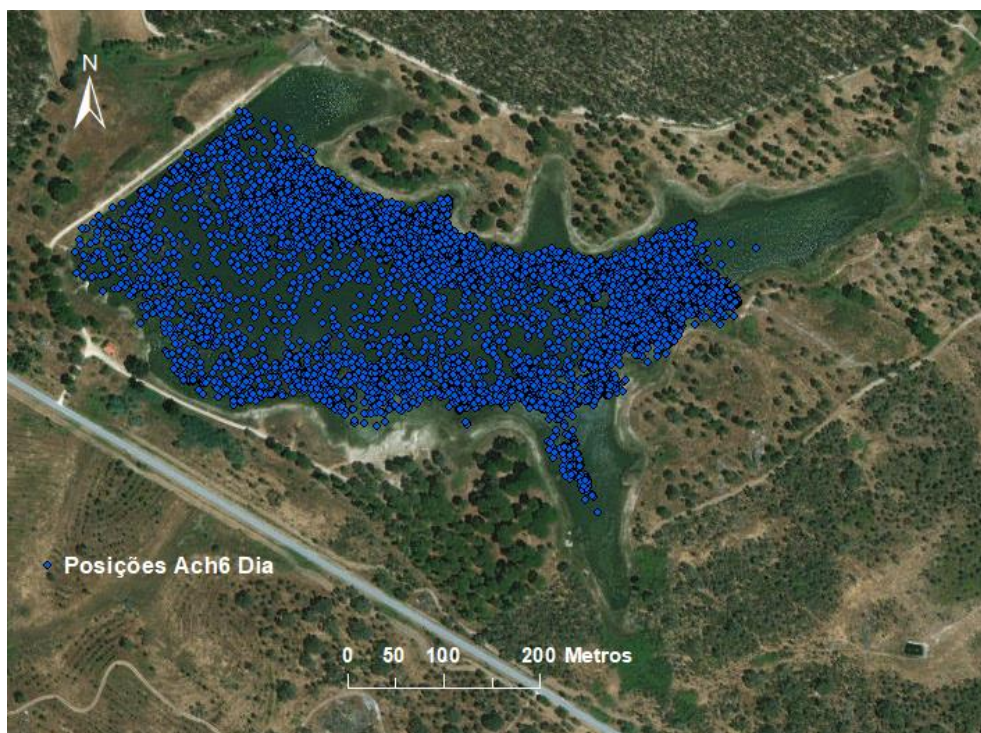


Figura 28 – Localizações do indivíduo Ach6 durante o período de Dia



Figura 29 – Localizações do indivíduo Ach6 durante o período de Noite.

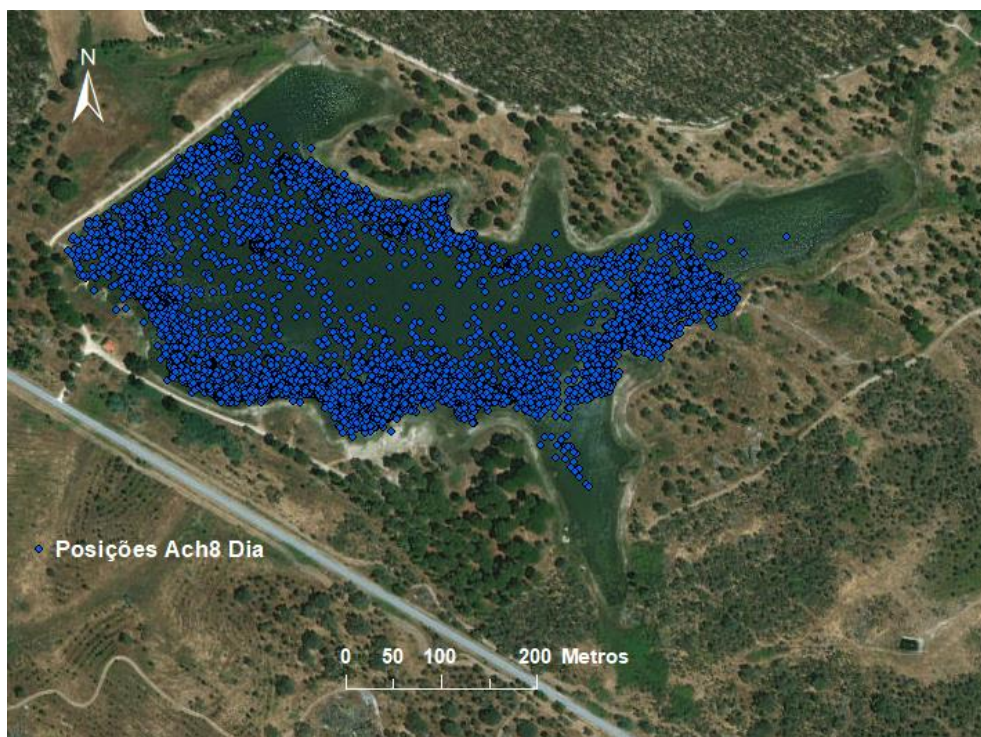


Figura 30 – Localizações do indivíduo Ach8 durante o período de Dia.

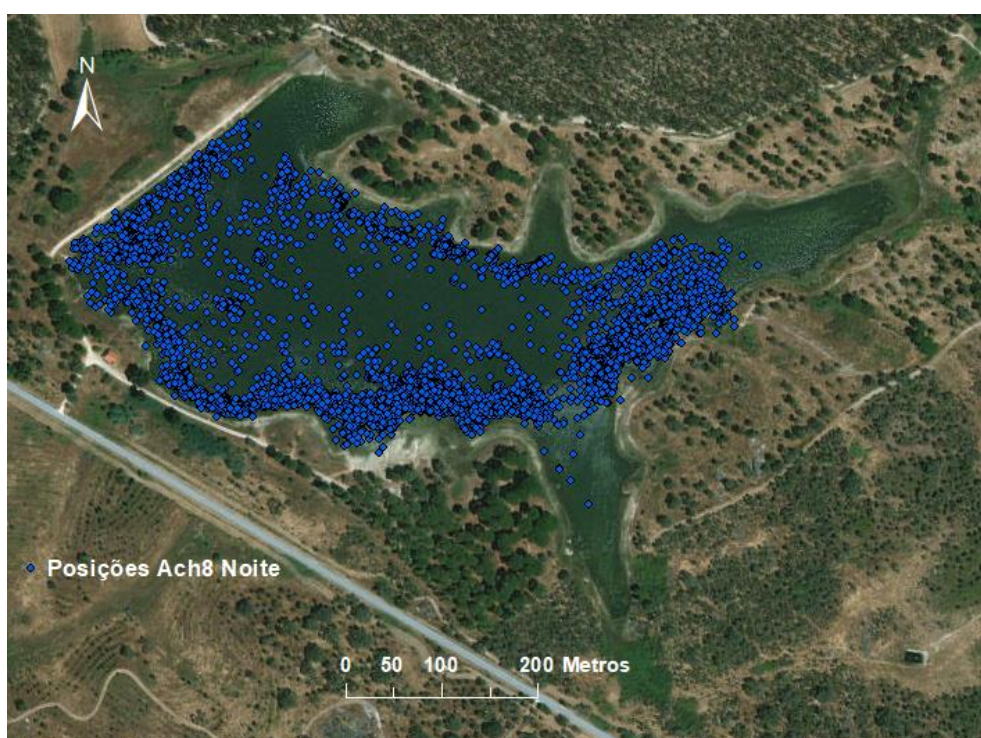


Figura 31 – Localizações do indivíduo Ach8 durante o período de Noite.