



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

**Quantas galinholas *Bostrychia bocagei* existem em São Tomé? Uso do *Distance Sampling* e do *Plot Sampling* para estimar a população de uma ave endémica criticamente ameaçada**

**Francisco Pereira Azevedo**

**Orientador:**

Doutor Ricardo Faustino de Lima

**Coorientador:**

Prof Doutor João Eduardo Rabaça

**Mestrado em Biologia da Conservação**

**Dissertação**

**Évora, 2015**



**UNIVERSITY OF ÉVORA**

**SCHOOL OF SCIENCES AND TECHNOLOGY**

**DEPARTMENT OF BIOLOGY**

**How many dwarf olive ibises  
*Bostrychia bocagei* are there in São  
Tomé? Use of Distance Sampling and  
Plot Sampling to estimate the  
population of a critically endangered  
endemic bird**

**Francisco Pereira Azevedo**

**Supervisor:**

Ricardo Faustino de Lima (Postdoctoral researcher)

**Co Advisor:**

João Eduardo Rabaça (Assistant Professor)

**Master in Conservation Biology**

**Dissertation**

**Évora, 2015**



Foto: Francisco P. Azevedo

*Ambiente limpo não é o que mais se limpa e sim o que menos se suja.*

Chico Xavier

## | Índice

Resumo .....	6
Abstract .....	7
Enquadramento .....	8
Introdução Geral .....	9
São Tomé e Príncipe .....	9
Galinhola <i>Bostrychia bocagei</i> .....	10
Estimativas populacionais .....	11
Objetivos .....	13
Artigo Científico .....	15
Palavras-chave .....	15
Resumo .....	15
Introdução .....	16
Métodos .....	18
Área de estudo .....	18
<i>Density surface modelling</i> e amostragem por distâncias .....	19
Amostragem por prospeção intensiva .....	20
Informações obtidas de forma casual .....	22
Resultados .....	23
<i>Density surface modelling</i> e amostragem por distâncias .....	23
Prospeção intensiva .....	24
Comparação de estimativas populacionais obtidas por DSM e por prospeção intensiva .....	25

Observações adicionais .....	25
Discussão .....	26
Estimativas da população da galinhola .....	26
Qual a metodologia mais adequada? .....	27
Implicações para o estatuto de conservação .....	27
O futuro da conservação da galinhola .....	28
Agradecimentos .....	29
Referências .....	29
Anexos .....	32
Considerações Finais .....	44
Resultados adicionais e complementares .....	45
Referências .....	46
Anexos .....	49

**Quantas galinhas *Bostrychia bocagei* existem em São Tomé? Uso do *Distance Sampling* e do *Plot Sampling* para estimar a população de uma ave endêmica criticamente ameaçada**

## **| Resumo**

A galinha *Bostrychia bocagei* é uma ave endêmica do centro e sul da ilha de São Tomé (costa oeste da África central), classificada como Criticamente em Perigo devido a um efetivo populacional presumido entre os 50 e 249 indivíduos adultos. Neste trabalho fazemos as primeiras estimativas populacionais para a espécie, com base na recolha sistemática de dados no terreno. Para tal usamos o *density surface modelling* (DSM) de observações recolhidas em amostragem por distâncias ao longo de 32 km de transectos lineares e a prospeção intensiva de 29 quadrículas de 2 ha. O DSM estimou um número total de 2965 galinhas (1922 a 4578 para um intervalo de confiança de 95%), enquanto a prospeção intensiva estimou 2361 (347 a 4374 para um intervalo de confiança de 95%). Utilizados em simultâneo pela primeira vez em aves, estes métodos indicam que existe um efetivo populacional de galinha superior ao presumido anteriormente. No entanto, atendendo à área restrita de ocorrência da espécie e à pressão que existe sobre a mesma e sobre o seu habitat, sugerimos que esta mantenha a sua classificação de ameaça, e que sejam reforçados os esforços para a proteger.

**How many dwarf olive ibises *Bostrychia bocagei* are there in São Tomé? Use of Distance Sampling and Plot Sampling to estimate the population of a critically endangered endemic bird**

**| Abstract**

The dwarf olive ibises *Bostrychia bocagei* is an endemic bird of the center and south of São Tomé island (west coast of central Africa), classified with critically endangered due to an assumed effective population between 50 and 249 mature individuals. In this paper we do the first population estimates for the species, based on systematic data collection in the field. We used density surface modeling (DSM) of observations collected in sampling distance along 32 km of linear transects and in plot sampling of 29 plots of 2 ha. The DSM estimated total number of 2965 dwarf olive ibis (1922-4578 for a 95% confidence interval), while the plot sampling estimated 2361 (347-4374 for a 95% confidence interval). In this study we applied simultaneously for the first time in birds these methods and results indicate that population of dwarf olive ibis higher than previously assumed. However, given the restricted area of occurrence of the species and the pressure that exists on it and on its habitat, we suggest that maintains its threat rating, and that efforts to protect are strengthened.

## | Enquadramento

A presente dissertação insere-se no Plano de Ação Internacional para a Conservação das Espécies de Aves Criticamente em Perigo de São Tomé. O Plano de Ação é liderado pela BirdLife Internacional (BLI), com o apoio da Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves (SPEA), da Royal Society for the Protection of Birds (RSPB) e de instituições de São Tomé e Príncipe, tais como a Direção Geral do Ambiente (DG Amb), o Parque Natural d'Obô de São Tomé (P.N.Ôbo) e a Associação de Biólogos Santomenses (ABS). O objetivo geral deste plano de cinco anos (2014-2018) é o de orientar a melhoria do estado de conservação e conhecimento sobre a ecologia e distribuição da galinhola (*Bostrychia bocagei*), do anjolô (*Neospiza concolor*) e do picanço-de-são-tomé (*Lanius newtoni*). Este objetivo geral será alcançado através da realização de um conjunto de ações que contribuam para cada um dos seguintes objetivos específicos: (1) reduzir a degradação do habitat e a perturbação humana nas áreas de ocorrência destas espécies, (2) melhorar a compreensão da ecologia, tamanho e distribuição das respetivas populações, (3) promover o fim da caça à galinhola e (4) implementar a preservação das áreas prioritárias de habitat florestal (BirdLife International, 2014). O trabalho que se segue pretende realizar uma estimativa populacional da galinhola, pelo que se enquadra no objetivo (2) do plano de ação.

## | Introdução Geral

### São Tomé e Príncipe

As ilhas de São Tomé e Príncipe situam-se no golfo da Guiné. Têm respetivamente 857 km<sup>2</sup> e 139 km<sup>2</sup> e encontram-se separadas entre si por 150 km. Situam-se ainda a 255 km do Gabão, país da África continental mais próximo. As lhas têm origem vulcânica, apresentando uma altitude máxima de 2 024 m na ilha de São Tomé e 948 m na ilha do Príncipe (Jones & Tye 2006). Devido à proximidade com a linha do equador apresentam clima equatorial, conhecido pela sua temperatura elevada e precipitação constante ao longo do ano. Contudo, em São Tomé, é possível distinguir duas estações diferentes, a gravana e a época das chuvas. A gravana decorre entre os meses de maio e setembro. A época das chuvas manifesta-se durante os restantes meses do ano, podendo apenas ser interrompida por algumas semanas de “gravanito” entre os meses de janeiro e fevereiro. As temperaturas, em São Tomé podem oscilar entre os 22 e os 33 graus Celsius, junto à costa ao longo do ano, diminuindo com a altitude, podendo atingir menos de 13 graus Celsius a mais de 1 500 m de altitude. A precipitação anual também varia com a localização, desde menos de 1 000 mm no nordeste da ilha até mais de 7 000 mm no sudoeste (Silva, 1958).

Após a descoberta das ilhas pelos navegadores portugueses em 1470, foram estabelecidas extensas culturas de cana-de-açúcar. Mais tarde as culturas de cacau e café tornaram-se as principais produções do país, ocupando vastas áreas de floresta primária. Com o declínio destas plantações ainda na primeira metade do séc. XX, verificou-se uma regeneração da floresta, resultando no aumento da área florestal, Contudo, as florestas secundárias resultantes, embora proporcionem habitat a diversas espécies endémicas e funcionem como proteção da floresta nativa, diferem profundamente destas, nomeadamente na composição vegetal (Atkinson *et al.*, 1991; Christy, 2001).

As florestas de São Tomé e Príncipe são de extrema importância para a conservação da biodiversidade, tendo sido consideradas a terceira região mais importante para a conservação de aves florestais a nível mundial (Buchanan *et al.*, 2011). Estas florestas únicas ricas em biodiversidade encontram-se vulneráveis a diversas ameaças, passando pela proliferação de espécies exóticas, exploração descontrolada dos recursos naturais (caça, abate ilegal de árvores, entre outros), alteração do uso do solo (Dallimer *et al.*, 2009; de Lima *et al.*, 2013a), crescimento populacional acelerado (CIA, 2015) e falta de recursos para as proteger (Dallimer *et al.*, 2009). As florestas do sul de São Tomé apresentam, para além das já referidas, uma outra ameaça, a reabilitação das culturas de cacau e café (Barros, 2013), bem como o aumento das plantações de palmeiras para produção de óleo de palma (BirdLife International, 2014). Esta expansão da área cultivada é responsável por uma massiva e contínua destruição de habitat fora do Parque Natural d'Ôbo de São Tomé (P.N.

Ôbo) (Direção Geral do Ambiente, 2006; de Lima *et al.*, 2013b), bem como pelo aumento da intrusão humana no interior do mesmo. Em especial na zona de Monte Carmo, reconhecida como um local de particular importância para a conservação de espécies únicas e ameaçadas (de Lima *et al.*, 2013b).

### Galinholha *Bostrychia bocagei*

A galinholha foi descoberta na década de 1880 por Francisco Newton, tendo sido descrita pela primeira vez em 1889 pelo zoólogo José Vicente Barbosa du Bocage (Jones & Tye 2006). Inicialmente considerada uma subespécie da sua parente continental *Bostrychia olivacea*, só em 1923 foi considerada uma espécie distinta, endémica de São Tomé, com base em diferenças de tamanho, cor do bico e do dorso (Chapin, 1923). Esta espécie é a mais pequena e ameaçada das cinco atualmente incluídas no género *Bostrychia* (del Hoyo *et al.*, 1992). É uma espécie mal conhecida, não tendo sido observada durante mais de 60 anos, até ter sido reencontrada em 1990 (Atkinson *et al.*, 1991).

A Galinholha é uma das aves endémicas da ilha de São Tomé que se encontra classificada como Criticamente em Perigo, devido à sua população diminuta (BirdLife International, 2014). É particularmente vulnerável à caça (del Hoyo *et al.*, 1992; Olmos & Turshak, 2010; BirdLife International, 2014; Carvalho *et al.*, 2014; Álvares, *in press*), à desflorestação e às espécies exóticas (Atkinson, 1985; BirdLife International, 2014). Algumas espécies exóticas, tais como as ratazanas *Rattus rattus* e os macacos mona *Cercopithecus mona*, podem alimentar-se dos ovos ou dos juvenis de galinholha, comprometendo a sobrevivência da espécie (Dutton, 1994; BirdLife International, 2014). Com o aumento da população humana na ilha de São Tomé também aumenta a procura de áreas de cultivo, de madeira, de alimentos e de vinho de palma. Esta pressão faz-se sentir mesmo dentro do P.N. Ôbo e em áreas relativamente remotas, como aquelas onde ocorre a galinholha, e resultam num aumento da perturbação e da caça à galinholha, com sérias consequências para a sobrevivência da espécie (BirdLife International, 2014).

Atualmente a galinholha ocorre numa área com cerca de 100 km<sup>2</sup>, entre os 100 e os 800 m de altitude (de Lima, com. pess.). Alguns estudos indicam que a espécie ocorre apenas em floresta primária (Atkinson *et al.*, 1991; Peet & Atkinson, 1994), outros indicam que a espécie também ocupa floresta secundária madura (Jones & Tye 2006; Margarido, 2015). A galinholha aparenta preferir zonas com grandes árvores, alguma vegetação rasteira, troncos em decomposição, solo nu ou rochoso, nomeadamente após ter sido remexido por porcos assilvestrados (Jones & Tye, 2006; Olmos & Turshak, 2010). A espécie alimenta-se no solo e embora a sua dieta não seja bem conhecida, pensa-se que se alimente de pequenos invertebrados que vivem na matéria em decomposição (BirdLife International, 2014). A época de reprodução decorre entre setembro e fevereiro. O ninho é construído a alguns metros do solo em árvores de porte médio e é constituído por um pequeno conjunto de

paus de pequenas dimensões empilhados, onde são depositados, normalmente, 2 ovos, que se julga terem um longo período de incubação e uma baixa taxa de sucesso (Maia *et al.*, 2014). A Associação de Biólogos Santomenses, entre 2008 e 2010, desenvolveu diversos trabalhos de campo que permitiram reforçar a importância da zona de Monte Carmo para a conservação da galinhola. Contudo, estes trabalhos não levaram a nenhuma atualização das estimativas populacionais para a espécie (BirdLife International, 2014). No entanto, com base num parecer de Martim Melo, foi estimado que a espécie tivesse entre 50 a 249 indivíduos reprodutores (Birdlife International, 2013). Um outro estudo, realizado na zona de Monte Carmo, estimou que em 10 horas de esforço seria possível observar 11,5 indivíduos (Olmos & Turshak, 2010).

### Estimativas populacionais

A obtenção de estimativas populacionais é um passo fundamental para a conservação de uma espécie. À primeira vista a determinação de um efetivo populacional pode parecer um problema fácil de resolver, mas na realidade existe uma série de fatores que dificultam este cálculo, tais como uma ocorrência dispersa, elevada variabilidade das densidades, por exemplo em termos espaciais ou temporais. Este é o caso da galinhola. Das muitas metodologias existentes, para estimar o efetivo populacional da galinhola selecionámos o *Density surface modelling* (DSM) (Miller *et al.*, 2013) e a prospeção intensiva de quadrículas (Greene *et al.*, 2012).

O DSM é uma ferramenta usada de modo a extrapolar estimativas de densidade com base em covariáveis e na autocorrelação espacial. O método pode ser aplicado a dados obtidos através da amostragem por distâncias, permitindo obter as probabilidades de deteção do observador (Hedley *et al.*, 2004; Miller *et al.*, 2013). A amostragem por distâncias pode ser aplicada em transectos ou em pontos e permite estimar a densidade de populações com base na probabilidade de deteção. Tem como principal pressuposto que todos os animais que estão a uma distância de 0 m (ao longo do transecto) são observados. Mas a sua detetabilidade tende a diminuir com a distância ao observador. E o que faz é precisamente modelar a forma como a detetabilidade diminui com a distância, permitindo assim obter estimativas de densidade corrigidas para a detetabilidade. Este método implica que a distância entre o observador e o objeto de estudo seja medida com precisão (Bibby *et al.*, 1998; Gibbons & Gregory, 2006; Buckland *et al.*, 2008).

A prospeção intensiva baseia-se na contagem de todos os indivíduos, dentro de áreas previamente definidas, recorrendo a um perscrutamento completo dos locais (Greene *et al.*, 2012). As áreas a amostrar estão aleatoriamente inseridas dentro da área de estudo. Não existe um número, um tamanho nem uma forma padrão para as áreas a amostrar, mas as áreas amostradas têm de ser o mais representativas possível da área para a qual vai ser feita a extrapolação. Na amostragem por prospeção intensiva assume-se que o observador

deteta todos os indivíduos, pelo que é crucial garantir que a área a prospectar é pequena o suficiente para que este pressuposto seja cumprido. Este método tende a ser mais eficaz para aves sedentárias, e especialmente quando estas são pouco comuns (Buckland *et al.*, 2000; Greene *et al.*, 2012).

## **| Objetivos**

O presente estudo pretendeu estimar a população de galinhola, de modo a contribuir para a definição de estratégias para a conservação da espécie. O objetivo específico deste trabalho é realizar uma primeira estimativa populacional para a galinhola, baseada numa recolha sistemática de dados de campo e comparando as estimativas de densidade obtidas por DSM e por prospeção intensiva. Também pretendemos recolher e compilar todas as informações adicionais possíveis de obter durante o trabalho de campo, para melhorar o conhecimento sobre a espécie e contribuir para a sua conservação.



## Quantas Galinholas *Bostrychia bocagei* existem em São Tomé? Uso do DSM e da prospeção intensiva para estimar a população de uma ave endémica e criticamente ameaçada

Francisco P. Azevedo <sup>1\*</sup>, Neide Margarido <sup>1</sup>, Ricardo da Fonseca <sup>2</sup> Graeme Buchanan <sup>3</sup>, João E. Rabaça <sup>1,4</sup> e Ricardo F. de Lima <sup>2,5</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biologia, Universidade de Évora, Núcleo da Mitra, Apartado 94, 7002-554 Évora, Portugal, <sup>2</sup> Associação Monte Pico, Monte Café, Mé Zóchi, República Democrática de São Tomé e Príncipe, <sup>3</sup> The Royal Society for the Protection of Birds, Edinburgh, United Kingdom, <sup>4</sup> LabOr-Laboratório de Ornitologia ICAAM, Universidade de Évora, 7002-554, Évora, Portugal, <sup>5</sup> Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, Lancashire, United Kingdom. \* Autor correspondente: Francisco P. Azevedo, E-mail: franciscopazevedo@gmail.com

### Palavras-chave

Estimativas populacionais / Amostragem por distâncias / Parque Natural d'Obô de São Tomé / Conservação / São Tomé e Príncipe

### Resumo

As estimativas populacionais são fundamentais na definição de ações de conservação para as espécies, podendo constituir por si só, uma medida de conservação. A galinhola *Bostrychia bocagei* é uma ave endémica do centro e sul da ilha de São Tomé (costa oeste da África central). Está classificada como Criticamente em Perigo devido a um efetivo populacional que se presume de 50 a 249 indivíduos reprodutores, tendo uma área de distribuição restrita a 100 km<sup>2</sup>. Neste estudo fazemos as primeiras estimativas populacionais da espécie, com base na recolha sistemática de dados no terreno. Para tal usamos o *density surface modelling* (DSM) de observações recolhidas em amostragem por distâncias ao longo de 32 km de transectos lineares e a prospeção intensiva de 29 quadrículas de 2 ha. O DSM estimou um número total de 2965 galinholas (1922 a 4578 para um intervalo de confiança de 95%), enquanto a prospeção intensiva estimou 2361 galinholas (347 a 4374 para um intervalo de confiança de 95%). Aqui usados em simultâneo pela primeira vez em aves, estes métodos indicam que existe um efetivo populacional de

galinhola superior ao admitido anteriormente. Atendendo à área restrita de ocorrência da espécie e à pressão que existe sobre a mesma e sobre o seu habitat, sugerimos que esta mantenha a sua classificação de ameaça. Sugerimos no entanto que seja utilizado um critério diferente para classificar a espécie, e que sejam redobrados os esforços para a proteger.

## Introdução

Em pleno *hotspot* de biodiversidade do golfo da Guiné existem duas pequenas ilhas vulcânicas que dão o nome a um país, São Tomé e Príncipe. As ilhas possuem a maior concentração de aves endémicas do mundo, e são consideradas a terceira região mais importante para a conservação de aves florestais a nível global (Buchanan *et al.*, 2011). A floresta do sudoeste de São Tomé é a segunda floresta mais importante de África para a conservação de aves (Collar & Stuart, 1988), sendo também o habitat da galinhola (*Bostrychia bocagei*).

A galinhola foi descoberta na década de 1880 por Francisco Newton e descrita cientificamente pela primeira vez em 1889 pelo zoólogo José Vicente Barbosa du Bocage (Jones & Tye, 2006). Inicialmente tida como uma subespécie de *Bostrychia olivacea* que ocorre no continente africano, só em 1923 foi considerada como uma espécie distinta, endémica de São Tomé (Chapin, 1923). Esta distinção baseou-se na coloração do bico e dorso e também na sua reduzida dimensão, uma vez que esta espécie é a mais pequena entre as cinco que constituem o género *Bostrychia* (del Hoyo *et al.*, 1992). É também a única espécie não continental e a mais ameaçada, tendo passado mais de 60 anos sem ser observada, até ter sido redescoberta em 1990 (Atkinson *et al.*, 1991).

Atualmente o conhecimento sobre a ecologia da galinhola continua a ser muito reduzido. Sabe-se que ocorre numa área com cerca de 100 km<sup>2</sup>. Aparenta ser sedentária, tendo sido observada entre os 100 e os 800 m de altitude (de Lima, com. pess.). Alguns estudos indicam que a espécie ocorre apenas em floresta primária (Atkinson *et al.*, 1991; Peet & Atkinson, 1994), mas outros sugerem que a espécie também ocupa floresta secundária madura (Jones & Tye, 2006; Margarido, 2015). Parece preferir zonas com grandes árvores, com alguma vegetação rasteira, troncos em decomposição, solo nu, nomeadamente após ter sido remexido por porcos assilvestrados *Sus domesticus* (Jones & Tye, 2006; Olmos & Turshak, 2010). A espécie alimenta-se no solo e embora a sua dieta não seja bem conhecida, pensa-se que se alimente de pequenos invertebrados que vivem na matéria em decomposição (BirdLife International, 2014). Até hoje a sua vocalização foi gravada apenas por uma vez, sugerindo que a espécie raramente emite vocalizações (Xeno-canto Foundation, 2014). A época de reprodução da galinhola inicia-se em setembro e termina em fevereiro (Maia *et al.*, 2014), durante a época das chuvas (Jones & Tye, 2006). Os ninhos, construídos a alguns metros do solo em árvores de porte médio, são constituídos

por um pequeno conjunto de paus de pequenas dimensões empilhados, onde são depositados, normalmente, 2 ovos por ninho, que se julga terem um longo período de incubação e uma baixa taxa de sucesso (Maia *et al.*, 2014).

Esta espécie é uma das aves endémicas da ilha de São Tomé que se encontra criticamente ameaçada devido à sua população diminuta (BirdLife International, 2014), sendo especialmente vulnerável à caça (del Hoyo *et al.*, 1992; Olmos & Turshak, 2010; BirdLife International, 2014; Carvalho *et al.*, 2014; Álvares, *in press*), às espécies exóticas e à desflorestação (Atkinson, 1985; Dutton, 1994; BirdLife International, 2014), maximizados pela situação económica do país (CIA, 2015). O habitat da espécie volta a estar ameaçado com a reabilitação das culturas de cacau e café (Barros, 2013) bem como as plantações de palmeiras para produção de óleo de palma (BirdLife International, 2014). Estas novas plantações são responsáveis por uma massiva e contínua destruição de habitat, dentro e fora do Parque Natural d'Obô de São Tomé (P.N. Ôbo) (Direção Geral do Ambiente, 2006; de Lima *et al.*, 2013), especialmente na zona de Monte Carmo, reconhecidamente uma das áreas mais importantes para a conservação da galinhola (de Lima *et al.*, 2013).

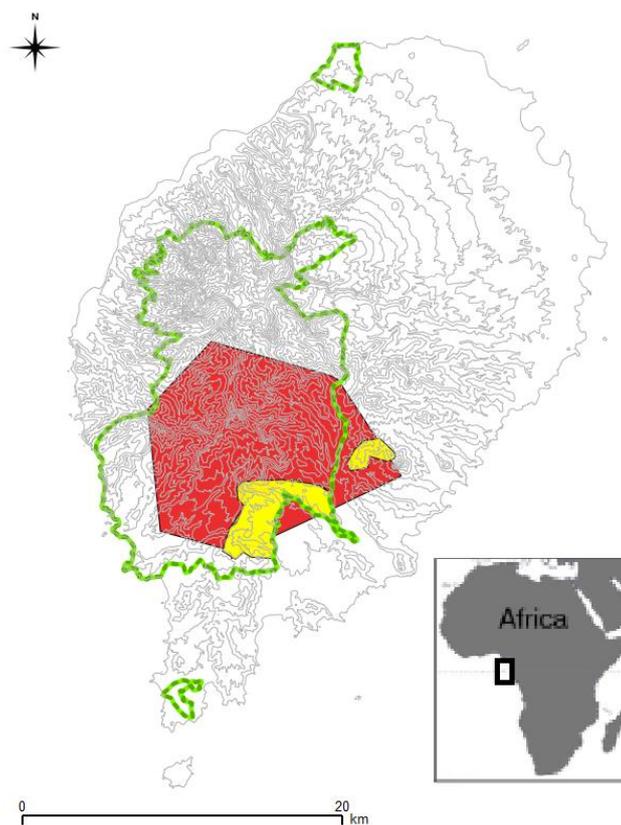
Com base num parecer de Martim Melo no ano de 2006, que consta na atual Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), presume-se que a espécie tenha entre 50 a 249 indivíduos reprodutores (Birdlife International, 2013). Os trabalhos de campo realizados entre 2008 e 2010 pela Associação de Biólogos Santomenses reforçaram a importância da zona de Monte Carmo para a conservação da galinhola, mas não conduziram a uma atualização das estimativas populacionais para a espécie (BirdLife International, 2014). Um outro estudo realizado na zona de Monte Carmo, estimou que em 10 horas de esforço seria possível observar 11,5 galinholas (Olmos & Turshak, 2010). Uma vez que não existem estimativas populacionais fiáveis sobre a espécie, o Plano de Ação Internacional para a conservação das espécies de aves criticamente em perigo de extinção de São Tomé, estabeleceu como prioridade elevada o conhecimento do efetivo populacional da galinhola (BirdLife International, 2014).

O principal objetivo deste estudo é realizar a primeira estimativa populacional da galinhola baseada numa recolha sistemática de dados de campo. Adicionalmente queremos comparar as estimativas de densidade obtidas por *density surface modelling* (DSM), com as obtidas por prospeção intensiva. Por fim, pretendemos sistematizar as informações obtidas de forma casual que possam ajudar a melhorar o conhecimento da espécie e contribuir para uma melhor definição de estratégias para a sua conservação.

## Métodos

### Área de estudo

O estudo foi realizado no extremo sul da área de distribuição da galinhola, na parte centro sul da ilha de São Tomé (**Fig. 1**), em particular nas áreas florestais junto ao Pico Maria Fernandes (Angra Toldo) e nas novas plantações de óleo de palma da Agripalma nas imediações de Monte Carmo (Ribeira Peixe). A maioria da área de estudo encontra-se dentro do P.N. Ôbo, criado no ano de 2006 com uma área de 244 km<sup>2</sup> (Albuquerque *et al.*, 2008). O Parque é caracterizado por um relevo acidentado, com escarpas, picos, derrocadas e cursos de água torrenciais, que dificultam a acessibilidade. A área de estudo é ocupada por florestas densas e altas, sendo possível distinguir dois habitats principais: as florestas primárias, que praticamente não sofreram intervenções pelo Homem, e as florestas secundárias que resultam de regeneração após perturbações antropogénicas (Jones *et al.*, 1991).



**Figura 1-** Localização da área de estudo na ilha de São Tomé. A área de distribuição da galinhola está representada a vermelho, a área de estudo a amarelo, os limites do Parque Natural de Ôbo a verde e a altitude a cinzento. No canto inferior direito, o retângulo preto indica a localização da ilha de São Tomé em relação ao continente africano.

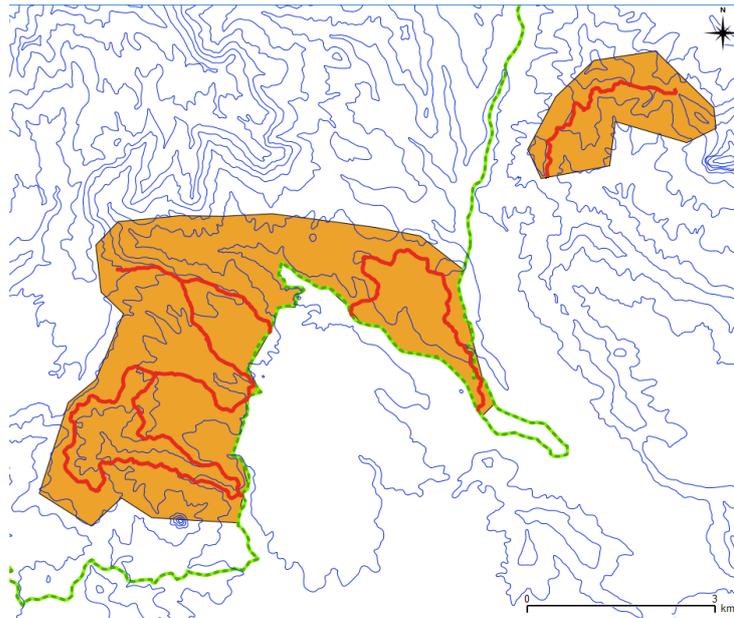
## Density surface modelling e amostragem por distâncias

### Metodologia de campo

As galinholas foram amostradas ao longo de cinco transectos de comprimento variável, num total de 32,46 km e para uma área de estudo de 23 km<sup>2</sup> (**Fig. 2**). A amostragem utilizando transectos é a mais indicada para espécies de aves pouco frequentes, de grandes dimensões e que são detetadas sobretudo visualmente (Bibby *et al.*, 1998; Gibbons & Gregory, 2006; Buckland *et al.*, 2008), como é o caso da galinhola. Os transectos foram definidos recorrendo a cartas militares da zona e aos conhecimentos de um assistente de campo familiarizado com a área de estudo, de modo a garantir que seria possível realizar as repetições dos transectos atempadamente. O terreno acidentado e a presença de numerosos cursos de água torrenciais impediram a definição de transectos aleatórios tendo sido privilegiados critérios de acessibilidade para a sua definição. Cada transecto foi amostrado três vezes, tendo sido percorrido a pé, a passo constante, entre as 6 e as 16 horas, com um intervalo mínimo de 15 dias entre cada repetição. O trabalho de campo foi realizado entre os meses de setembro e novembro de 2014, que corresponde ao início da época de reprodução da galinhola (Jones & Tye, 2006; BirdLife International, 2014; Maia *et al.*, 2014). Ao percorrer os transectos foram registadas todas as deteções de galinhola e anotadas as características de cada deteção (**Tab. 1** e **Anexo 1**). Quando se observaram 2 ou mais indivíduos em simultâneo, apenas foram considerados deteções distintas quando não estavam à mesma altura e à mesma distância do transecto.

**Tabela 1-** Variáveis amostradas de cada observação e respetivas descrições.

Variáveis	Descrição
Data	Data da recolha dos dados
Hora	Hora a que foi feita a observação
Nº do transecto	Número atribuído a cada transecto
Nº de aves	Número de aves observadas
Distância lateral na perpendicular	Estimativa visual da distância lateral (metros), na perpendicular do transecto, e anotado o lado (esquerdo ou direito) a que a galinhola foi observada
Coordenadas	Coordenadas retiradas do GPS no transecto do ponto perpendicular à observação da galinhola
Altitude via GPS	Altitude retirada do GPS no transecto do ponto perpendicular à observação da galinhola



**Figura 2-** Enquadramento na área de estudo da amostragem por distâncias. A área de estudo encontra-se representada a cor-de-laranja, os transectos a vermelho, a altitude a azul e o limite do Parque Natural do Ôbo a verde.

### Análise de dados

Para calcular a abundância de galinhola existente na área de estudo, foi usado o DSM (Miller *et al.*, 2013) no R v. 3.1.2 (R Development Core Team, 2014) (**Anexo 2**). Este método permite extrapolar estimativas de densidade com base em amostragem por distâncias, atendendo à autocorrelação espacial e a covariáveis ambientais (Miller *et al.*, 2013). A amostragem por distâncias usa as distâncias entre o observador e os objetos observados para calcular a detetabilidade e corrigir as abundâncias em função dessa detetabilidade (Bibby *et al.*, 1998; Gibbons & Gregory, 2006). Testámos os modelos “*half-normal*” e “*hazard-rate*” para descrever a curva de deteção, com base no critério informativo de Akaike (AIC - Miller *et al.*, 2013). De modo a obter a modelação espacial da abundância os transectos foram divididos em trechos de 200 m de comprimento e foi criado um modelo sem covariáveis ambientais e outro com a covariável altitude. Com base nas estimativas obtidas para a área de estudo, foram realizadas extrapolações para a área de ocupação da galinhola.

### Amostragem por prospeção intensiva

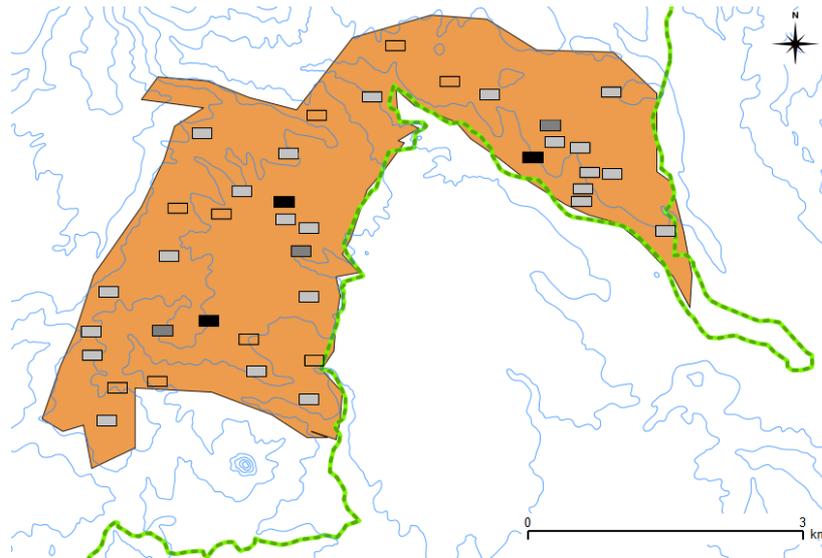
#### Metodologia de campo

A amostragem por prospeção intensiva baseia-se na contagem de todos os indivíduos, dentro de áreas previamente definidas (Buckland *et al.*, 2000; Greene *et al.*, 2012). A área

de estudo específica desta amostragem, com 14,7 km<sup>2</sup> foi definida com recurso a cartas militares e ao conhecimento prévio do terreno por parte do assistente de campo, de modo a excluir à partida zonas de acesso muito difícil. Foram definidas 38 quadrículas, de 200x100m, aleatórias nesta área de estudo (**Fig. 3**), com recurso ao QuantumGIS v. Chugiak 2.4.0 (Quantum GIS Development Team, 2014). Destas, 9 quadrículas foram excluídas posteriormente devido à sua inacessibilidade. A dimensão das quadrículas foi considerada a mais adequada após uma visita inicial ao terreno, para permitir detetar todas as aves presentes num intervalo de tempo razoável. As quadrículas foram amostradas a pé, a passo constante e em ziguezague, de forma a maximizar a área prospetada. Mesmo assim a existência de barreiras físicas no terreno tais como cascatas e escarpas, impossibilitou a prospeção completa de algumas quadrículas sendo que, neste caso foi determinada a proporção da quadrícula que foi efetivamente prospetada. Cada quadrícula foi amostrada uma única vez durante o mês de novembro de 2014, entre as 6 e as 16 horas. Durante a visita a cada quadrícula foram registadas todas as deteções de galinhola, no exato ponto de cada observação, bem como algumas das características da quadrícula (**Tab. 2 e Anexo 3**).

**Tabela 2-** Variáveis das quadrículas amostradas e respetivas descrições.

Variáveis	Descrição
<b>Data</b>	Data da recolha dos dados
<b>Hora início</b>	Hora de início da prospeção da quadrícula
<b>Nº plot</b>	Número da quadrícula a prospetar
<b>Nome e coordenadas ponto início</b>	Nome e coordenadas do ponto inicial da quadrícula, obtidos no GPS
<b>Altitude início</b>	Altitude no ponto de início da quadrícula obtida no GPS
<b>Nº aves</b>	Número de aves observadas
<b>Nome e coordenadas</b>	Nome e coordenadas da observação, obtidos no GPS
<b>Altitude</b>	Altitude da observação dada pelo GPS
<b>Nome e coordenadas ponto final</b>	Nome e coordenadas do ponto final da quadrícula, obtidos no GPS
<b>Altitude final</b>	Altitude no ponto final da quadrícula obtida no GPS
<b>Hora final</b>	Hora final da prospeção da quadrícula



**Figura 3-** Enquadramento da área de estudo onde foi realizada a prospeção intensiva. A área de estudo encontra-se representada a cor-de-laranja, o limite do Parque Natural de Ôbo a verde e a altitude a azul. Os retângulos correspondem às quadrículas de amostragem: não amostradas (sem preenchimento), amostradas e sem presença de galinhola (cinzento claro), amostradas com 1 galinhola (cinzento escuro), amostradas com 2 galinholas (preto)

### **Análise de dados**

Calculámos a proporção de quadrículas que tinham galinhola e o número médio de galinholas por quadrícula com galinhola, com o respetivo desvio padrão. Com base nestes valores extrapolámos o número médio de galinholas na área de estudo, bem como na área total de ocorrência da espécie. Assumindo uma distribuição normal dos dados, calculámos um intervalo de confiança de 95% para estas estimativas, a partir dos valores do desvio padrão (Pukelsheim, 1994).

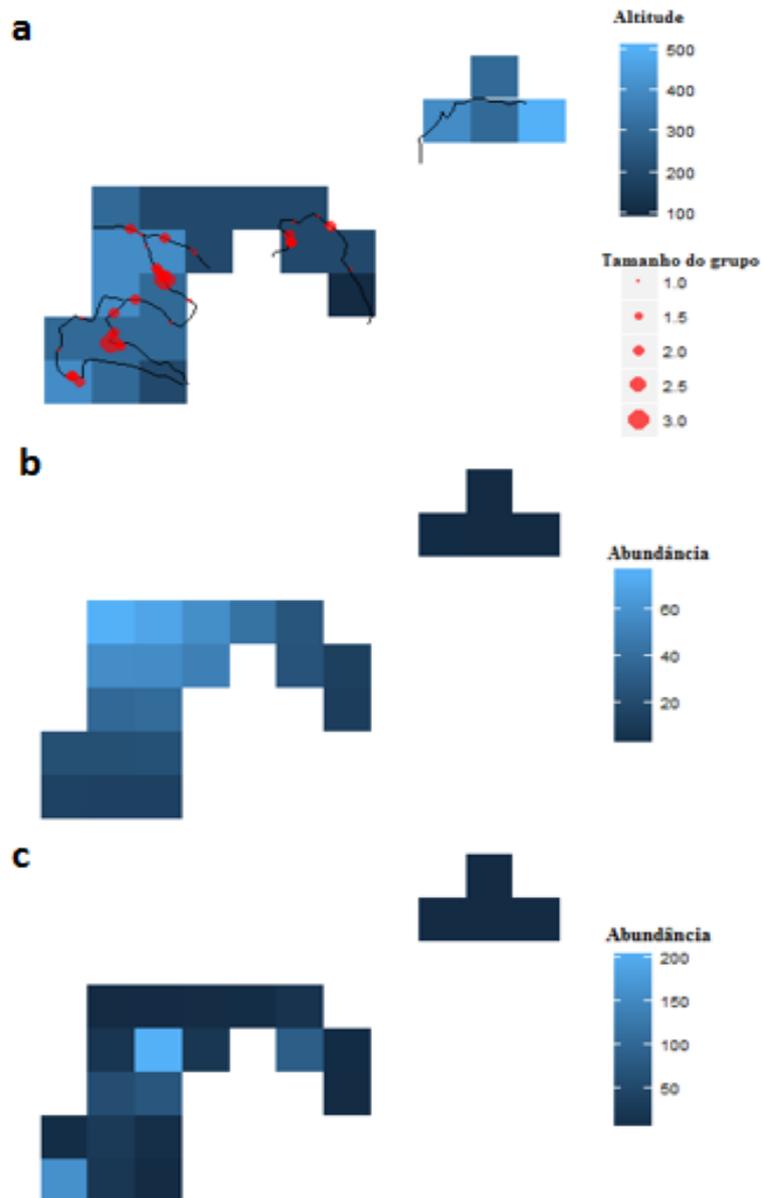
### **Informações obtidas de forma casual**

Durante os trabalhos de campo foram anotados todos os ninhos observados, todos os dejetos e qualquer outra informação relevante sobre a ecologia da galinhola. Foram ainda colocadas três câmaras fotográficas, em locais com elevada concentração de galinholas, dentro da área amostrada, com vista a obter registos da espécie ou que pudessem ter interesse para a sua conservação, como seria o caso de presença de caçadores ou de potenciais predadores.

## Resultados

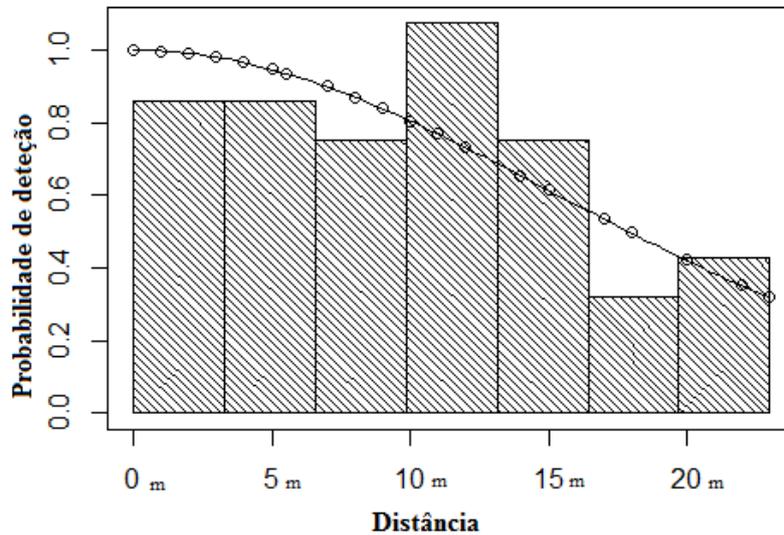
### *Density surface modelling e amostragem por distâncias*

Durante os transectos foram registadas galinholas em 47 ocasiões, num total 68 aves, distribuídas por quatro dos cinco transectos amostrados (**Fig. 4a**). A espécie foi observada até uma distância lateral máxima de 23 m.



**Figura 4-** Localização das galinholas detetadas nos transectos amostrados (**a**) e previsões da abundância das mesmas, obtidas através do DSM sem covariáveis (**b**) e do DSM com a altitude como covariável (**c**). Cada quadrícula tem 1x1 km.

O modelo “*half-normal*” obteve um AIC de 292,1, e o “*hazard-rate*” um de 293,5, pelo que seleccionámos o primeiro. A probabilidade de deteção foi estimada em 72,1%, com um erro padrão associado de 0,099 (**Fig. 5**).



**Figura 5-** Curva de deteção estimada para as observações de galinhola. A curva corresponde ao modelo “*half-normal*” e encontra-se sobreposta ao histograma das distâncias perpendiculares observadas.

Utilizando o DSM, obtivemos duas estimativas populacionais: uma baseada apenas nas localizações das galinholas (**Fig. 4b**) e outra baseada nas localizações das galinholas e incluindo a covariável altitude (**Fig. 4c**). O primeiro modelo estimou a existência de 682 aves na área de estudo, e de 442 a 1053 indivíduos para um intervalo de confiança de 95%. O segundo modelo estimou a existência de 718 aves, e de 280 a 1837 indivíduos para um intervalo de confiança de 95%. Os modelos apresentaram um coeficiente de variação de 22,4% e de 50,8%, respetivamente. Extrapolando as estimativas do primeiro modelo para a área de ocupação da espécie, calculamos que existam 2965 galinholas, e entre 1922 a 4578 indivíduos para um intervalo de confiança de 95% (**Tab. 3**).

### Prospecção intensiva

Foram observadas 9 galinholas, distribuídas em 6 quadrículas (**Fig. 3**), resultando numa média de 0,31 galinholas por quadrícula. As aves foram observadas isoladas ou em pares, entre os 109 e os 305 m de altitude.

As estimativas obtidas sugerem que existam na área de estudo 347 aves, e entre 51 e 643 indivíduos para um intervalo de confiança de 95% (**Tab. 3**).

## Comparação de estimativas populacionais obtidas por DSM e por prospeção intensiva

A estimativa do número total de galinhas, para uma área de distribuição de 100 km<sup>2</sup>, é de 2965 indivíduos usando o DSM, mas de 2361 galinhas usando a prospeção intensiva. Para um intervalo de confiança de 95% o primeiro método estima a existência de 1922 a 4578 galinhas, enquanto o segundo método sugere uma estimativa de 347 a 4374 indivíduos (Tab. 3).

**Tabela 3-** Dados relativos às observações e às estimativas populacionais obtidas através do DSM e da prospeção intensiva.

		DSM	Amostragem por prospeção intensiva
Número total de observações		47	6
Número total de indivíduos detetados		68	9
Probabilidade de detecção		72,1%	100% (assumida)
Número de repetições		3	1
Área amostrada por repetição		1,49 km <sup>2</sup>	0,42 km <sup>2</sup>
Área de estudo		23 km <sup>2</sup>	14,7 km <sup>2</sup>
Na área de estudo	Estimativa do número de galinhas	682	347
	Estimativa do número de galinhas para um intervalo de confiança de 95 %	442 - 1053	51 - 643
Para uma área de distribuição de 100 km <sup>2</sup>	Estimativa média do número de galinhas	2965	2361
	Estimativa do número de galinhas para um intervalo de confiança de 95 %	1922 - 4578	347 - 4374

### Observações adicionais

Durante os trabalhos de campo foram detetados três ninhos de galinha (Anexo 4). Um dos ninhos foi observado numa árvore jovem a cerca de 12 m de altura, e os restantes ninhos foram observados em árvores de grande porte, a mais de 20 m de altura. Também foram observados dejetos da espécie em cinco locais distintos (Anexo 5). Os dejetos foram

encontrados, na sua maioria, no solo em cima de folhas, ou observados em cima de troncos caídos e em decomposição. Os dejetos com cerca de 6 cm de comprimento por cerca de 5 cm de largura, contêm uma parte sólida de cor castanha envolvida por uma parte líquida de cor branca.

Foram ainda observadas, fora dos períodos de contagem, duas galinholas na amostragem por distâncias e seis na amostragem por prospeção intensiva.

Com o uso de armadilhas fotográficas foi possível obter gravações de galinholas a vocalizarem em simultâneo, até um máximo de três indivíduos. Foi também possível recolher as primeiras imagens vídeo da galinhola no seu habitat natural, sem a presença humana, sendo possível observar até 4 indivíduos desta espécie em alimentação. É possível visualizar o vídeo em <https://vimeo.com/122741874>. No mesmo habitat da galinhola, foi ainda registada a presença de lagaia *Civettictis civetta* (<https://vimeo.com/125478685>) e de rato-preto *Rattus rattus* (<https://vimeo.com/125477691>) ambas espécies exóticas e possíveis predadoras da galinhola.

## Discussão

Os nossos resultados sugerem a existência de uma população de galinhola superior à que se pressupunha existir, o que pode representar um sinal de esperança para a conservação desta espécie.

### Estimativas da população da galinhola

As estimativas populacionais obtidas pelo DSM e pela prospeção intensiva, para uma área de ocupação de 100 km<sup>2</sup>, são bastante próximas, sobrepondo-se largamente para um intervalo de confiança de 95% (1922 a 4578 e 347 a 4374, respetivamente). Assumindo que apenas dois terços da população de galinhola são aves reprodutoras (Birdlife International, 2013), as nossas estimativas médias do número total de indivíduos reprodutores, são de 1977 pelo DSM e 1574 aves pela amostragem por prospeção intensiva, o que sugere que a população desta espécie deverá ser bastante mais abundante do que o que foi sugerido anteriormente (Birdlife International, 2013).

A amostragem foi realizada, entre setembro e novembro, durante a época de reprodução da galinhola (Maia *et al.*, 2014). Durante estes meses as galinholas parecem concentrar-se na zona da nossa área de estudo (**Fig. 1**), utilizando-a possivelmente como paragem pré-nupcial (RFL, obs. pess.). Áreas onde a densidade de galinhola é menor e consequentemente a probabilidade de encontrar a espécie também é menor, não foram amostradas. Estas áreas apresentavam difícil acesso devido às suas elevadas altitudes e aos

seus declives muito acentuados e a sua não amostragem poderá ter resultado numa sobrestimação dos nossos resultados.

### **Qual a metodologia mais adequada?**

Com a amostragem por distâncias e utilizando o DSM foi obtido um intervalo da estimativa do número de galinholas para 100 km<sup>2</sup> mais reduzido (**Tab. 3**) do que o intervalo obtido para a amostragem por prospeção intensiva. Ambos os intervalos foram realizados com 95% de confiança, embora as repetições de cada amostragem não tenham sido iguais. A amostragem por distâncias foi repetida três vezes contrariamente ao que aconteceu com a amostragem por prospeção intensiva que apenas foi realizada uma única vez. Com a amostragem por distâncias, tendo em conta que os transectos são de distância variável, com a realização média diária de 10 km de transecto, é possível obter uma média diária da área amostrada de 0.46 km<sup>2</sup>. Recorrendo ao uso da amostragem por prospeção intensiva, com base na realização média diária de 8 quadrículas de 200x100 m, é possível obter uma média diária da área amostrada de 0.16 km<sup>2</sup>, tornando esta amostragem mais demorada do que a amostragem por distâncias. A amostragem por prospeção intensiva permite amostrar áreas mais remotas e diversificadas, obtendo uma perspectiva mais representativa da densidade de galinhola nos diferentes micro-habitats existentes na região. Apesar disso a amostragem por distâncias revelou-se mais rápida, mais económica, menos desgastante fisicamente e mais fácil de aplicar. O fato dos transectos serem de distância variável pode ainda diminuir o número de observações adicionais e aumentar o número de observações que podem ser utilizadas nas estimativas populacionais.

Tendo em conta o contexto geográfico da área de distribuição da galinhola, o método mais adequado para a realização de estimativas populacionais e futuras monitorizações da espécie parece ser a amostragem por distâncias.

### **Implicações para o estatuto de conservação**

A galinhola encontra-se atualmente classificada como criticamente em perigo, estando abrangida pelo critério C2a(ii) (Birdlife International, 2013). Este critério engloba espécies que apresentem uma população total inferior a 250 indivíduos (critério C), em contínuo declínio (alínea 2), onde pelo menos 90% dos indivíduos adultos se encontram numa única subpopulação (subalíneas a(ii)) (IUCN, 2012). Com base nas nossas estimativas a galinhola deixará de cumprir este critério (C), mas deverá manter o mesmo estatuto de ameaça passando a estar abrangida pelo critério B1ab(i,ii,iii,v). O presente critério engloba espécies em que a área de ocupação é igual ou inferior a 100 km<sup>2</sup> (B1) e é fragmentada (subalínea a). Assim, é ainda previsível o declínio da espécie na sua extensão de ocorrência, na área de ocupação, na qualidade de habitat e no número de indivíduos reprodutores (subalíneas

b(i,ii,iii,v) (IUCN, 2012). Esta troca do critério usado na classificação da espécie é suportada por uma área de ocupação bastante reduzida, quase certamente inferior a 100 km<sup>2</sup> (RFL, obs. pess.). Esta reduzida área tende a diminuir, à medida que a floresta tem vindo a ser ocupada por grandes empresas de produção de cacau, de óleo de palma e da construção de uma barragem proposta para o rio Lô Grande (Barros, 2013; de Lima *et al.*, 2013; BirdLife International, 2014). Esta perda de habitat direta é acoplada por impactos indiretos, como a caça, o efeito de orla e a extração madeireira, que tem vindo a ser exacerbada no interior do P.N. Ôbo, com a criação de melhores acessos e a exaustão dos recursos florestais fora do parque.

### **O futuro da conservação da galinhola**

Sendo a galinhola uma espécie classificada com Criticamente em Perigo, é necessário garantir o acompanhamento dos seus efetivos populacionais através de monitorizações regulares. Para tal sugerimos que sejam usadas amostragens por distância, aplicadas durante a época de reprodução da galinhola. Com as galinholas concentradas numa área mais reduzida será mais fácil e rápido avaliar o efetivo populacional da espécie.

Tendo em conta as estimativas populacionais obtidas no presente estudo é necessário assegurar a sobrevivência da galinhola, definindo e aplicando medidas de proteção a curto, médio e longo prazo. A galinhola encontra-se principalmente vulnerável à fragmentação e perda de habitat e à pressão da caça (BirdLife International, 2014). As grandes empresas de produção de cacau e de óleo de palma são as principais responsáveis pela fragmentação e perda de habitat da espécie (Barros, 2013; de Lima *et al.*, 2013; BirdLife International, 2014). Também a construção de uma barragem proposta para o rio Lô Grande é uma ameaça potencial para a espécie (BirdLife International, 2014). De modo a minimizar estes problemas é de extrema urgência a revisão e a renegociação das áreas concessionadas, principalmente na zona da nossa área de estudo devido à elevada concentração de galinholas durante a época de reprodução. Devem ainda ser impostas medidas de compensação ambiental às empresas em questão, que deverão ser aplicadas em educação ambiental e na resolução do problema da caça. A educação ambiental nas escolas deve alertar os alunos da importância da galinhola e das restantes espécies endémicas bem como do seu habitat. Deverá ser criado um curso profissional direcionado para o turismo ambiental com o intuito de incutir nestes profissionais a responsabilidade de proteger o ambiente, em particular as áreas onde se pensa existir maior concentração de galinhola. Com a crucial ajuda do Governo, da BirdLife Internacional e dos seus associados locais o país pode ser colocado no roteiro de turismo ornitológico a nível mundial.

Sugerimos ainda a continuidade e o incentivo à realização de mais estudos sobre a galinhola de modo a aumentar o nível de conhecimento sobre a sua ecologia. O uso de armadilhas fotográficas mostrou-se benéfico para a obtenção de mais informações podendo estas serem usadas em estudos futuros. Durante a amostragem de campo também foi possível observar vários dejetos de galinhola que são relativamente fáceis de

encontrar e identificar. Estes podem ser alvo de análises e possíveis estudos futuros de modo a tentar perceber a dieta alimentar da galinhola.

Com este estudo fomos capazes de obter as primeiras estimativas populacionais da galinhola e descobrir o melhor método para monitorizar a espécie. Foi ainda possível obter novas informações sobre a ecologia da galinhola, importantes para a sua conservação. A galinhola é uma das espécies únicas da avifauna de São Tomé e a sua sobrevivência depende da continuidade das florestas tropicais bem conservadas (Obô).

## Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer o apoio financeiro por parte da *Prentice Family*, da *BirdLife International - Preventing Extinctions Programme* e da *The Waterbird Society*, fornecido através da São Tomé and Príncipe BirdLife Initiative. Estamos ainda gratos pelo apoio prestado pela Direção Geral do Ambiente de São Tomé e Príncipe, bem como pela ajuda prestada no terreno por Leonel Viegas de Monte Café. Por fim, agradecemos ao Doutor David Lawrence Miller pelo auxílio prestado durante a elaboração do *script* relativo ao DSM.

## Referências

Albuquerque C., Cesarini D., Tagliabue L.C., (2008) *Plano de Manejo do Parque Nacional Obô de São Tomé*. ECOFAC: São Tomé.

Álvares F., (*in press*) A caça de subsistência em São Tomé e seu impacto na Fauna Terrestre *in* Reiner F., (Coordenação) *S. Tomé e Príncipe, as ilhas ilustres. 500 anos no caminho de S.Tomé*. Ed. Intermezz.

Atkinson I.A.E., (1985) The spread of commensal species of *Rattus* to oceanic islands and their effects on island avifaunas. *In* Moores P.J., (ed.) *Conservation of Island Birds*, ICBP Technical Publication. No. 3. International Council for Bird Preservation: Cambridge.

Atkinson P., Peet N., Alexander J., (1991) The status and conservation of the endemic bird species of São Tomé and Príncipe, West Africa. *Bird Conservation International*, 1, 255-282.

Barros N., (2013) *BirdLife mission in Sao Tome and Principe 08/02/2013 to 29/03/2013: Emergency fieldwork on 3 CR species in STP*. Relatório não publicado, BirdLife International.

Bibby C., Jones M., Marsden S., (1998) *Expedition Field Techniques Bird Surveys*. Expedition Advisory Centre Royal Geographical Society e The Institute of British Geographers: London.

BirdLife International., (2013) *Bostrychia bocagei*. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/details/22697478/0>. Acedido em maio de 2015.

BirdLife International., (2014) *Plano de Acção Internacional para a conservação das espécies de aves Criticamente em Perigo de São Tomé*. BirdLife International: Cambridge.

Buchanan G.M., Donald P.F., Butchart S.H.M., (2011) Identifying priority areas for conservation: a global assessment for forest-dependent birds. *PLoS ONE*, 6 (12), e29080.

Buckland S.T., Goudie I.B.J., Borchers D.L., (2000) Wildlife population assessment: past developments and future directions. *Biometrics*, 56, 1-12.

Buckland S.T., Marsden S.J., Green, R.E., (2008) Estimating bird abundance: making methods work. *Bird Conservation International*, 18, S91-S108.

Carvalho M., Palmeirim J.M., Rego F.C., Sole N., Santana A., Fa J.E., (2014) What motivates hunters to target exotic or endemic species on the island of São Tomé, Gulf of Guinea. *Oryx*, 9 (2), 278-286.

Chapin J.P., (1923) The Olive Ibis of Dubus and its representative on São Thomé. *American Museum of Natural History*, 84, 1-9.

CIA., (2015) The World Factbook - Africa: Sao Tome and Principe. Disponível em: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/tp.html>. Acedido em janeiro de 2015.

Collar N.J., & Stuart S.N., (1988) *Key forests for threatened birds in Africa*. International Council for Bird Preservation: Cambridge.

de Lima R.F., Sampaio H., Buchanan G., (2013) *Survey of critically endangered birds South of the São Tomé Obô Natural Park*. Relatório não publicado, BirdLife International.

del Hoyo J., Elliot A., Sargatal J., (1992) *Handbook of the Birds of the World*, vol. 1: *Ostrich to Ducks*. Lynx Edicions: Barcelona.

Direção Geral do Ambiente., (2006) *Lei do Parque Natural do Obô (Lei n.6/2006)*. Ministério dos Recursos Naturais e Ambiente: São Tomé e Príncipe.

Dutton J., (1994) Introduced mammals in Sao Tome and Principe: possible threats to biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 3, 927-938.

Gibbons D.W., & Gregory R.D., (2006) Birds in Sutherland W.J. (Ed.), *Ecological Census Techniques: a handbook* (2ª edição). Cambridge University Press: Cambridge.

Greene T., (2012) *Birds: complete counts—plot sampling (complete counts of a portion of a study area)*. Department of Conservation Te papa Atawhai: New Zealand.

IUCN., (2012) *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1 (Second edition)*. IUCN: Gland.

Jones P., & Tye A., (2006) *The birds of São Tomé and Príncipe, with Annobón: islands of the Gulf of Guinea*. British Ornithologist' Union: Oxford.

Jones P.J., Burlison, J.P., Tye, A., (1991) *Conservação dos ecossistemas florestais na Republica Democrática de São Tome e Príncipe*. IUCN: Cambridge.

Maia H., Gascoignet A., de Deus D., de Lima F., (2014) Notes on the breeding ecology and conservation of the Critically Endangered Dwarf Olive Ibis *Bostrychia bocagei*. *Bulletins of the African Bird Club*, 21 (2), 202-205.

Margarido N.C.I., (2015) *Seleção de habitat pela galinhola Bostrychia bocagei, ave criticamente ameaçada e endémica da ilha de São Tomé*. Dissertação de Mestrado em Biologia da Conservação. Universidade de Évora: Évora.

Miller D.L., Burt M.L., Rexstad E.A., Thomas L., (2013) Spatial models for distance sampling data: recent developments and future directions. *Methods in Ecology and Evolution*, 4, 1001-1010.

Olmos F., & Turshak G.L., (2010) Bird observations from São Tomé: Monte Carmo as a priority conservation site. *African Bird Club Bulletin*, 33, 54-65.

Peet N.B., & Atkinson P.W., (1994) The biodiversity and conservation of the birds of São Tomé and Príncipe. *Biodiversity and Conservation*, 3, 851-867.

Pukelsheim F., (1994) The three sigma rule. *American Statistician*, 48, 88-91.

Quantum GIS Development Team., (2014) Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acedido em fevereiro de 2015.

R Development Core Team., (2014) R: A language and environment for statistical computing. Disponível em: [www.r-project.org/](http://www.r-project.org/). Acedido em fevereiro de 2015.

Xeno-canto Foundation., (2014) Íbis-de-são-tomé, *Bostrychia bocagei* (Chapin, 1923). Disponível em: <http://www.xeno-canto.org/species/Bostrychia-bocagei>. Acedido em maio de 2015.



**Anexo 2-** Script do R v. 3.1.2 relativo aos dados do DSM e da amostragem por distâncias. Apenas estão listados os passos mais importantes para uma melhor compreensão dos resultados estando os comentários e os comandos inseridos a azul, as mensagens de aviso a vermelho e os outputs a preto.

```
#Start
> library("dsm", lib.loc=~R/win-library/3.1")
> library("Distance", lib.loc=~R/win-library/3.1")
> gg.opts<-
theme(panel.grid.major=element_blank(),panel.grid.minor=element_bla
nk(),panel.background=element_blank())
> set.seed(11123)

> #Data
> ##Import

> ###pred
> pred<-
read.delim("C:/Users/FRANCISCO/Desktop/mestrado/tese/resultados/dis
tance/pred.csv",dec=".",sep=";")
> head(pred)
> lon0<-6.58153
> lat0<-0.14822
> pred1<-
latlong2km(pred$longitude,pred$latitude,lon0=lon0,lat0=lat0)
> str(pred1)
> pred$x<-1000*pred1$km.e
> pred$y<-1000*pred1$km.n
> head(pred)

> ###surv
> surv1<-
read.delim("C:/Users/FRANCISCO/Desktop/mestrado/tese/resultados/dis
tance/surv1.csv",dec=".",sep=";")
> head(surv1)
> temp<-
latlong2km(surv1$longitude,surv1$latitude,lon0=lon0,lat0=lat0)
> surv<-data.frame(x=1000*temp$km.e,y=1000*temp$km.n)
> rm(temp)
> head(surv)

> ###seg
> seg<-
read.delim("C:/Users/FRANCISCO/Desktop/mestrado/tese/resultados/dis
tance/seg.csv",dec=".",sep=";")
> head(seg)
> seg1<-latlong2km(seg$longitude,seg$latitude,lon0=lon0,lat0=lat0)
> str(seg1)
> seg$x<-1000*seg1$km.e
> seg$y<-1000*seg1$km.n
> head(seg)

> ###obssp
> obsa1<-
read.delim("C:/Users/FRANCISCO/Desktop/mestrado/tese/resultados/dis
tance/obsa1.csv",dec=".",sep=";")
> obsa1<-latlong2km(obsa1$obsxx,obsa1$obsyy,lon0=lon0,lat0=lat0)
> str(obsa1)
> obsa1$x<-1000*obsa1$km.e
> obsa1$y<-1000*obsa1$km.n
> obsa1$detected<-1
> head(obsa1)
```

```

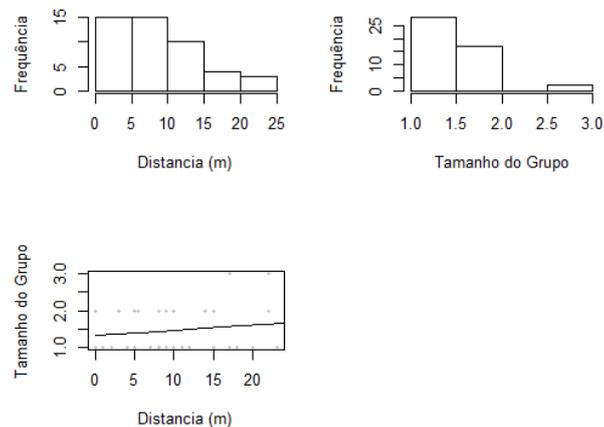
> str(obsal)

> ###distsp
> distal<-
read.delim("C:/Users/FRANCISCO/Desktop/mestrado/tese/resultados/dis
tance/distal.csv",dec=".",sep=";")
> head(distal)

> #Exploratory data analysis

> ##Distance data
> par(mfrow = c(2, 2))
> hist(distal$distance, main = "", xlab = "Distancia (m)", ylab =
"Frequência")
> hist(distal$size, main = "", xlab = "Tamanho do Grupo", ylab =
"Frequência")
> plot(distal$distance, distal$size, main = "", xlab = "Distancia
(m)",ylab = "Tamanho do Grupo", pch = 19, cex = 0.5, col =
rgb(0.74, 0.74, 0.74, 0.7))
> l.dat <- data.frame(distance = seq(0, 8000, len = 1000))
> lo <- lm(size ~ distance, data = distal)
> lines(l.dat$distance, as.vector(predict(lo, l.dat)))

```



### ##Spatial data - transects

```

> p<-
qplot(data=surv,x=x,y=y,geom="polygon",fill=I("lightblue"),ylab="y"
,xlab="x",alpha=I(0.7))
> p<-p+coord_equal()
> p<-p+gg.opts
> p<-p+geom_point(aes(x,y,group=Transect.Label),data=seg)
> print(p)

```

### ##Spatial data - altitude

```

> p <- ggplot(pred)
> p <- p + gg.opts
> p <- p + coord_equal()
> p <- p + labs(fill = "altitude", x = "x", y = "y", size = "Group
size")
> p <- p + geom_tile(aes(x = x, y = y, fill = altitude, width =
width, height = height))
> p <- p + geom_path(aes(x, y, group = Transect.Label), data = seg)
> p <- p + geom_point(aes(x, y, size = size), data = obsal, colour
= "red",alpha = I(0.7))
> print(p)

```

```
##Spatial data - landuse
> p <- ggplot(pred)
> p <- p + gg.opts
> p <- p + coord_equal()
> p <- p + labs(fill = "landuse", x = "x", y = "y", size = "Group
size")
> p <- p + geom_tile(aes(x = x, y = y, fill = landuse, width =
width, height = height))
> p <- p + geom_path(aes(x, y, group = Transect.Label), data = seg)
> p <- p + geom_point(aes(x, y, size = size), data = obsal, colour
= "red", alpha = I(0.7))
> print(p)
```

```
#Detection function
> library("Distance", lib.loc="~/R/win-library/3.1")
```

```
> ##No covariates
> hrmodel<-ds(data=distal,as.numeric(max(distal$distance)), key =
"hr", adjustment = NULL)
Fitting hazard-rate key function
AIC= 293.505
No survey area information supplied, only estimating detection
function.
> hnmodel<-ds(data=distal,as.numeric(max(distal$distance)), key =
"hn", adjustment = NULL)
Fitting half-normal key function
AIC= 292.162
No survey area information supplied, only estimating detection
function.
```

```
> ### "hnmodel" is a better model
> summary(hnmodel)
Summary for distance analysis
Number of observations : 47
Distance range : 0 - 23
Model : Half-normal key function
AIC : 292.1616
Detection function parameters
Scale Coefficients:
      estimate      se
(Intercept) 2.722323 0.2464346
      Estimate      SE      CV
Average p      0.7208156 0.09901456 0.1373646
N in covered region 65.2039199 10.27021492 0.1575092
> str(hnmodel)
> par(mfrow = c(1,1))
> plot(hnmodel)
```

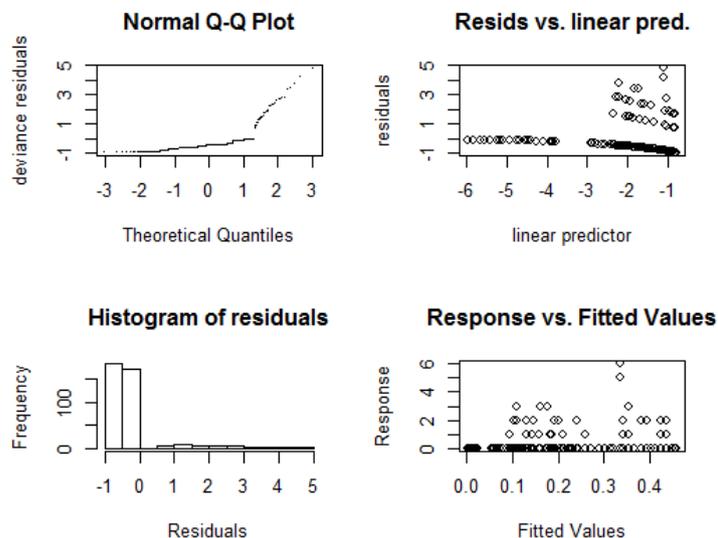
```
#Fitting a DSM
```

```
> ##Simple spatial model
> mod1 <- dsm(N ~ s(x, y, k=4), hnmodel$ddf, seg, obsal)
> plot(mod1, select = 1)
Family: quasipoisson
Link function: log
Formula:
N ~ s(x, y, k = 4) + offset(off.set)
<environment: 0x13a16d40>
Parametric coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -10.9998      0.2988  -36.81  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```

Approximate significance of smooth terms:
              edf Ref.df      F p-value
s(x,y) 2.909  2.992 4.308 0.00531 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
R-sq.(adj) = 0.0231  Deviance explained = 10.9%
GCV = 0.80218  Scale est. = 1.8136    n = 393
off.set <-1000*1000
> mod1.pred <- predict(mod1, pred, off.set)
> summary(mod1.pred)
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 0.3273 14.1600 23.6900 29.6500 46.5500 75.9200
> pp <- cbind(pred, mod1.pred)
> p <- ggplot(pp) + gg.opts
> p <- p + geom_tile(aes(x = x, y = y, fill = mod1.pred,width =
width, height = height))
> p <- p + coord_equal()
> p <- p + geom_path(aes(x = x, y = y), data = surv)
> p <- p + labs(fill = "Abundance")
> print(p)
sum(mod1.pred)
[1] 681.9194
> gam.check(mod1)
Method: GCV  Optimizer: outer newton
full convergence after 4 iterations.
Gradient range [1.230824e-06,1.230824e-06]
(score 0.8021808 & scale 1.813596).
Hessian positive definite, eigenvalue range
[0.0004135028,0.0004135028].
Model rank = 4 / 4
Basis dimension (k) checking results. Low p-value (k-index<1) may
indicate that k is too low, especially if edf is close to k'.
              k' edf k-index p-value
s(x,y) 3.00 2.91  0.75  0

```



```

>
dsm.cor(mod1,Transect.Label="Transect.Label",Segment.Label="Sample.
Label", max.lag = 10)
pred.varprop <- split(pred, 1:nrow(pred))
> offset.varprop <- as.list(rep(off.set, nrow(pred)))
> mod1.varprop <- dsm.var.prop(mod1, pred.data =
pred.varprop,off.set = offset.varprop)
> summary(mod1.varprop)
Summary of uncertainty in a density surface model calculated

```

by variance propagation.

```
Quantiles of differences between fitted model and variance model
  Min.   1st Qu.   Median     Mean   3rd Qu.   Max.
-3.608e-16 0.000e+00 0.000e+00 1.595e-16 3.886e-16 8.327e-16
Approximate asymptotic confidence interval:
```

```
  5%      Mean   95%
441.6537 681.9194 1052.8932
```

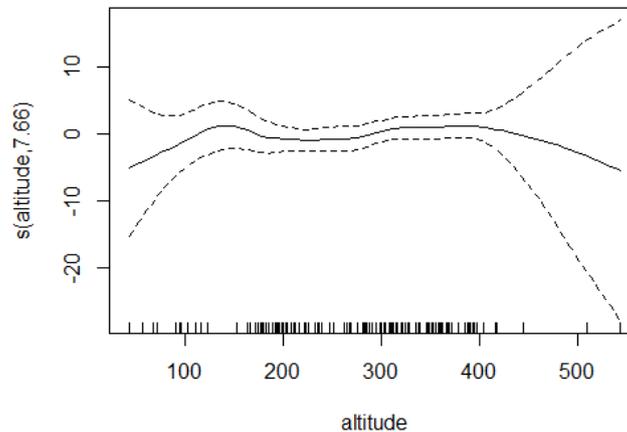
(Using delta method)

```
Point estimate      : 681.9194
Standard error      : 153.0055
Coefficient of variation : 0.2244
```

```
> plot(mod1.varprop, xlab = "Easting", ylab = "Northing")
> str(mod1.varprop)
```

```
##Spatial model with covariates
```

```
> mod2 <- dsM(N ~ s(x, y, k = 10) + s(altitude, k = 20), hmmodel,
seg, obsal, select = TRUE)
> plot(mod2, select = 1)
plot(mod2, select = 2)
```



```
> summary(mod2)
```

```
Family: quasipoisson
```

```
Link function: log
```

```
Formula:
```

```
N ~ s(x, y, k = 10) + s(altitude, k = 20) + offset(off.set)
```

```
<environment: 0x14a9c20c>
```

```
Parametric coefficients:
```

```
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -37.58      10.51    -3.577 0.000394 ***
```

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Approximate significance of smooth terms:
```

```
              edf Ref.df      F p-value
s(x,y)         8.834     9 2.602 0.00362 **
s(altitude)    7.656    19 0.505 0.24341
```

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
R-sq.(adj) = 0.161  Deviance explained = 35%
```

```
GCV = 0.64773  Scale est. = 1.1131  n = 393
```

```
> off.set <- -1000*1000
```

```
> mod2.pred <- predict(mod2, pred, off.set)
```

```
> summary(mod2.pred)
```

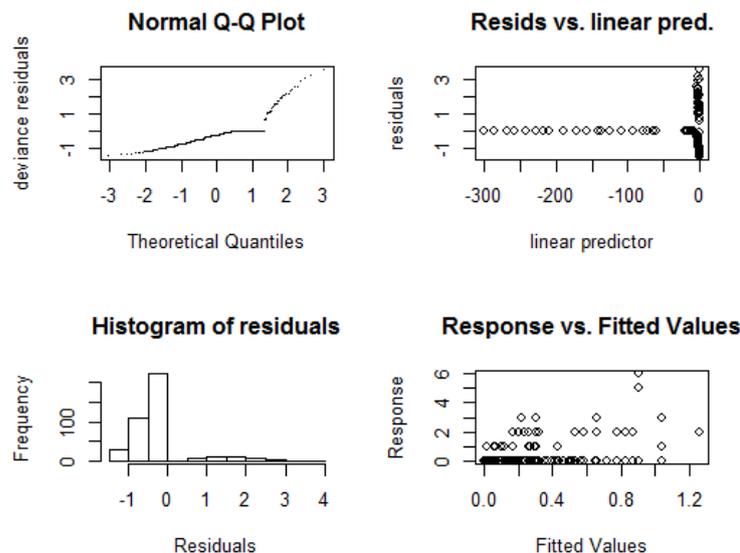
```
  Min.   1st Qu.   Median     Mean   3rd Qu.   Max.
0.0000  0.3483   4.5940  31.2000  24.3600  208.5000
```

```

> pp <- cbind(pred, mod2.pred)
> p <- ggplot(pp) + gg.opts
> p <- p + labs(fill = "Abundance")
> p <- p + geom_tile(aes(x = x, y = y, fill = mod2.pred,width =
width, height = height))
> p <- p + coord_equal()
> p <- p + geom_path(aes(x = x, y = y), data = surv)
> print(p)
sum(mod2.pred)
[1] 717.6235
> gam.check(mod2)
Method: GCV Optimizer: outer newton
full convergence after 18 iterations.
Gradient range [-1.60471e-08,5.504948e-06]
(score 0.6477265 & scale 1.113104).
Hessian positive definite, eigenvalue range [1.604663e-
08,0.001755069].
Model rank = 29 / 29
Basis dimension (k) checking results. Low p-value (k-index<1) may
indicate that k is too low, especially if edf is close to k'.

```

	k'	edf	k-index	p-value
s(x,y)	9.000	8.834	0.858	0.08
s(altitude)	19.000	7.656	1.003	0.94



```

dsm.cor(mod2,Transect.Label="Transect.Label",Segment.Label="Sample.
Label", max.lag = 10)
pred.varprop <- split(pred, 1:nrow(pred))
> offset.varprop <- as.list(rep(off.set, nrow(pred)))
> mod2.varprop <- dsm.var.prop(mod2, pred.data =
pred.varprop,off.set = offset.varprop)
> summary(mod2.varprop)
Summary of uncertainty in a density surface model calculated
by variance propagation.
Quantiles of differences between fitted model and variance model
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
-5.781e-13 -6.062e-14 -8.162e-16 -4.050e-15 1.901e-14 6.311e-13
Approximate asymptotic confidence interval:
5% Mean 95%
280.3923 717.6235 1836.6532
(Using delta method)
Point estimate : 717.6235
Standard error : 364.8322
Coefficient of variation : 0.5084

```

```
> plot(mod2.varprop, xlab = "Easting", ylab = "Northing")  
> str(mod2.varprop)
```



**Anexo 4-** Registo fotográfico de início de um ninho de galinhola. A presente fotografia foi recolhida durante os trabalhos de amostragem em 15 de novembro de 2014. (foto: Francisco P. Azevedo).



**Anexo 5-** Registo fotográfico de um dejetos de galinhola. A presente fotografia foi recolhida durante os trabalhos de amostragem em 14 de setembro de 2014 (foto: Francisco P. Azevedo).





## | Considerações Finais

Com este estudo foi possível obter as primeiras estimativas populacionais da galinhola baseadas numa recolha sistemática de dados e usando dois métodos distintos, a amostragem por distâncias e a prospeção intensiva. Todos os registos obtidos foram incluídos na base de dados da Iniciativa da BirdLife em São Tomé e Príncipe. Foi ainda possível obter o registo mais a sul para ocorrência da galinhola e aumentar a sua área de distribuição conhecida bem como novas informações sobre a sua ecologia.

Através do uso do DSM foi possível obter uma estimativa média do número total de galinholas de 2965 indivíduos, com a prospeção intensiva obtivemos um valor de 2361 galinholas. Ambas as estimativas revelam valores superiores aos conhecidos até à data. Contudo os intervalos de confiança obtidos a 95% para a estimativa do número de galinholas numa área de 100 km<sup>2</sup> variam nas duas metodologias usadas. Na amostragem por distâncias o intervalo obtido foi de 1922 a 4578 indivíduos enquanto com a prospeção intensiva o intervalo obtido foi superior, de 347 a 4374 indivíduos, podendo esta diferença dever-se possivelmente ao diferente número de repetições usado para cada amostragem. A amostragem por distâncias aparenta ser a mais apropriada para o contexto geográfico e para a espécie em estudo. Esta amostragem é menos desgastante fisicamente, mais fácil de aplicar, mais rápida e mais económica.

Com base nos resultados obtidos, sugerimos que a espécie continue classificada como Criticamente em Perigo. Contudo, propomos uma troca no critério (UICN) utilizado para classificar a espécie. O tamanho populacional deixaria de ser o critério utilizado, passando a ser a sua diminuta área de distribuição o principal foco da sua classificação como Criticamente em Perigo. Sugerimos ainda uma monitorização constante da espécie acompanhada com a implementação de várias ações de conservação. São estas a revisão e a renegociação das áreas concessionadas às empresas, a implementação de medidas de compensação ambiental de modo a financiar ações educativas na área do ambiente e por fim a continuidade de estudos científicos com a galinhola. O contributo das populações locais é fundamental para a implementação de medidas de conservação aplicadas à espécie, sendo que parte das medidas se prendem com o envolvimento das populações e educação das gerações mais jovens. Contudo as entidades governamentais tais como a Direção Geral do Ambiente de São Tomé e Príncipe, têm um papel crucial na sua aplicação e no seu cumprimento.

Tal como com a galinhola existe uma grande falta de informação sobre os efetivos populacionais de outras íbis nomeadamente de íbis do mesmo género. Assim este trabalho pode servir como referência para a realização de estudos com espécies semelhantes à galinhola de modo a aumentar a informação sobre as mesmas.

## Resultados adicionais e complementares

Para além da preparação do artigo científico, e da enorme experiência inerente ao mesmo, foi ainda possível participar noutros pequenos projetos, que passaram pela recolha de geoplanídeos, pela obtenção de uma foto de pau-vermelho *Staudtia pterocarpa* e pela obtenção de novos registos fotográficos de rãs dos géneros *Ptychadena* e *Hyperolius*. A recolha de geoplanídeos surgiu a pedido do Doutor Ronald Sluys, investigador no *Naturalist Biodiversity Center*, Leiden, Holanda. Apesar dos exemplares (**Anexo I**) não estarem ainda identificados, serão certamente um contributo importante para o estudo de uma componente pouco estudada da fauna santomense, mas que pode ter importantes consequências ecológicas, uma vez que estas espécies se alimentam de moluscos terrestres, dos quais São Tomé possui uma comunidade muito rica em endemismos. O pau-vermelho é uma espécie de árvore endémica de grandes dimensões, típica das florestas de baixa altitude e classificada como vulnerável, da qual não existia registo fotográfico no habitat natural. Este registo foi entretanto publicado pela UICN (<http://globaltrees.org/threatened-trees/trees/staudtia-pterocarpa/>). Durante o trabalho de campo foi ainda possível observar e fotografar *Ptychadena newtoni* (**Anexo II**) e *Hyperolius* sp. (**Anexo III**) num local onde os anfíbios têm sido mal estudados. O registo de *P. newtoni* ampliou a área de distribuição da espécie em cerca de 12 km para sul, tendo sido facultado ao Doutor Bob Drewes, investigador na California Academy of Sciences, São Francisco, Estados Unidos da América. O de *Hyperolius* sp. sugere a ocorrência de hibridação numa nova área, que vai em breve ser explorada pela Doutora Rayna Bell, investigadora na Cornell University, Ithaca, Estados Unidos da América.

As exigências intrínsecas a este trabalho passaram, numa fase inicial, pela adaptação ao clima, alimentação e costumes locais. Durante o trabalho de campo as barreiras naturais foram por vezes difíceis de transpor dificultando a continuidade da pesquisa. Houve momentos em que o elevado número de horas de trabalho de campo, sempre realizado a pé, resultou num grande desgaste de toda a equipa, obrigando ao descanso forçado da mesma. A intensidade da chuva, as cheias e derrocadas que provocava, por vezes também originaram algumas interrupções forçadas no trabalho de campo. Relativamente ao trabalho escrito, por vezes foi complicado resolver alguns dos sucessivos erros obtidos através do uso do R (R Development Core Team, 2014), exigindo assim uma atenção redobrada. Apesar destas normais dificuldades o presente estudo pode ser considerado um importante contributo para o conhecimento da espécie bem como para a elaboração e aplicação de futuras medidas que visem a proteção da galinhola.

A galinhola é uma das espécies únicas da ilha de São Tomé, mas como ela existem centenas de outras espécies únicas sobre as quais sabemos pouco, ou quase nada. As florestas de São Tomé estão ameaçadas e com elas todos os seres que delas dependem, pelo que é urgente tomar medidas de conservação. Este estudo pretende ser uma contribuição nesse sentido, porque só protegemos aquilo que conhecemos.

## |Referências

- Álvares F., (*in press*) A caça de subsistência em São Tomé e seu impacto na Fauna Terrestre in Reiner F., (Coordenação) *S. Tomé e Príncipe, as ilhas ilustres. 500 anos no caminho de S.Tomé*. Ed. Intermezz.
- Atkinson I.A.E., (1985) The spread of commensal species of *Rattus* to oceanic islands and their effects on island avifaunas. In Moores P.J., (ed.) *Conservation of Island Birds*, ICBP Technical Publication. No. 3. International Council for Bird Preservation: Cambridge.
- Atkinson P., Peet N., Alexander J., (1991) The status and conservation of the endemic bird species of Sao Tomé and Príncipe, West Africa. *Bird Conservation International*, 1, 255-282.
- Barros N., (2013) *BirdLife mission in Sao Tome and Principe 08/02/2013 to 29/03/2013: Emergency fieldwork on 3 CR species in STP*. Relatório não publicado, BirdLife International.
- Bibby C., Jones M., Marsden S., (1998) *Expedition Field Techniques Bird Surveys*. Expedition Advisory Centre Royal Geographical Society e The Institute of British Geographers: London.
- BirdLife International., (2013) *Bostrychia bocagei*. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/details/22697478/0>. Acedido em maio de 2015.
- BirdLife International., (2014) *Plano de Acção Internacional para a conservação das espécies de aves Criticamente em Perigo de São Tomé*. BirdLife International: Cambridge.
- Buchanan G.M., Donald P.F., Butchart S.H.M., (2011) Identifying priority areas for conservation: a global assessment for forest-dependent birds. *PLoS ONE*, 6 (12), e29080.
- Buckland S.T., Goudie I.B.J., Borchers D.L., (2000) Wildlife population assessment: past developments and future directions. *Biometrics*, 56, 1-12.
- Buckland S.T., Marsden S.J., Green, R.E., (2008) Estimating bird abundance: making methods work. *Bird Conservation International*, 18, S91-S108.
- Carvalho M., Palmeirim J.M., Rego F.C., Sole N., Santana A., Fa J.E., (2014) What motivates hunters to target exotic or endemic species on the island of São Tomé, Gulf of Guinea. *Oryx*, 9 (2), 278-286.
- Chapin J.P., (1923) The Olive Ibis of Dubus and its representative on São Thomé. *American Museum of Natural History*, 84, 1-9.
- Christy P., (2001) São Tomé and Príncipe. in Fishpool L.D.C. & Evans M.I., (eds.) *Important Bird Areas in Africa and associated islands: Priority sites for conservation*. Pisces Publications and BirdLife International: Newbury e Cambridge.

CIA., (2015) The World Factbook - Africa: Sao Tome and Principe. Disponível em: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/tp.html>. Acedido em janeiro de 2015.

Dallimer M., King T., Atkinson R.J., (2009) Pervasive threats within a protected area: conserving the endemic birds of São Tomé, West Africa. *Animal Conservation*, 12, 209-219.

de Lima R.F., Dallimer M., Atkinson P.W., Barlow J., (2013a) Biodiversity and land-use change: understanding the complex responses of an endemic-rich bird assemblage. *Diversity and Distributions*, 19, 411-422.

de Lima R.F., Sampaio H., Buchanan G., (2013b) *Survey of critically endangered birds South of the São Tomé Obô Natural Park*. Relatório não publicado, BirdLife International.

del Hoyo J., Elliot A., Sargatal J., (1992) *Handbook of the Birds of the World*, vol. 1: *Ostrich to Ducks*. Lynx Edicions: Barcelona.

Direção Geral do Ambiente., (2006) *Lei do Parque Natural do Obô (Lei n.6/2006)*. Ministério dos Recursos Naturais e Ambiente: São Tomé e Príncipe.

Dutton J., (1994) Introduced mammals in Sao Tome and Principe: possible threats to biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 3, 927-938.

Gibbons D.W., & Gregory R.D., (2006) Birds in Sutherland W.J. (Ed.), *Ecological Census Techniques: a handbook* (2ª edição). Cambridge University Press: Cambridge.

Greene T., (2012) *Birds: complete counts—plot sampling (complete counts of a portion of a study area)*. Department of Conservation Te papa Atawhai: New Zealand.

Hedley S.L., Buckland S.T., Borchers D.L., (2004) Spatial distance sampling models in Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.L., Borchers D.L., (eds.) *Advanced Distance Sampling*. Oxford University Press: Oxford.

Jones P., & Tye A., (2006) *The birds of São Tomé and Príncipe, with Annobón: islands of the Gulf of Guinea*. British Ornithologist' Union: Oxford.

Maia H., Gascoignet A., de Deus D., de Lima F., (2014) Notes on the breeding ecology and conservation of the Critically Endangered Dwarf Olive Ibis *Bostrychia bocagei*. *Bulletins of the African Bird Club*, 21 (2), 202-205.

Margarido N.C.I., (2015) *Seleção de habitat pela galinhola Bostrychia bocagei, ave criticamente ameaçada e endémica da ilha de São Tomé*. Dissertação de Mestrado em Biologia da Conservação. Universidade de Évora: Évora.

Miller D.L., Burt M.L., Rexstad E.A., Thomas L., (2013) Spatial models for distance sampling data: recent developments and future directions. *Methods in Ecology and Evolution*, 4, 1001-1010.

Olmos F., & Turshak G.L., (2010) Bird observations from São Tomé: Monte Carmo as a priority conservation site. *African Bird Club Bulletin*, 33, 54-65.

Peet N.B., & Atkinson P.W., (1994) The biodiversity and conservation of the birds of São Tomé and Príncipe. *Biodiversity and Conservation*, 3, 851-867.

R Development Core Team., (2014) R: A language and environment for statistical computing. Disponível em: [www.r-project.org/](http://www.r-project.org/). Acedido em fevereiro de 2015.

Silva H.L.E., (1958) Esboço da carta de aptidão agrícola de São Tomé e Príncipe. *Garcia de Orta*, 6, 61-86.

## |Anexos

**Anexo I-** Fotografias de quatro exemplares de geoplanídeos observados durante os trabalhos de amostragem. (Fotos: Francisco P. Azevedo)



**Anexo II**– Fotografia de exemplar de *Ptychadena newtoni*, registado durante os trabalhos de amostragem. Vista dorsal, em cima/ na imagem superior e vista ventral, em baixo/na imagem inferior. (Foto: Francisco P. Azevedo)



**Anexo III**— Fotografia de exemplar de híbrido de *Hyperolius* sp., registado durante os trabalhos de amostragem. Vista dorsal, em cima/ na imagem superior e vista ventral, em baixo/na imagem inferior. (Foto: Francisco P. Azevedo)

