

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

Estimativa de densidade de aves utilizando amostragem por distâncias
em uma área verde urbana

Aluna: Liliane de Araujo Coelho
Orientador: Andreas Kindel

Trabalho apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel no Curso
de Ciências Biológicas (Ênfase Ambiental).

Porto Alegre, dezembro de 2009.

Agradecimentos

O processo do Trabalho de Conclusão de Curso envolve muito mais do que o leitor poderá absorver nas próximas páginas. Envolve horas de sono perdido, dias de estudo, meses de dedicação, sem contar todo o conhecimento que vem se acumulando desde o início da graduação. E mais importante que a questão do tempo, são as pessoas que estiveram envolvidas em tudo isso. Gostaria de agradecer primeiramente a todos aqueles que compreenderam minha ausência no último semestre, mas mesmo assim continuaram a me apoiar de maneira surpreendente: família, amigos, namorado.

Aos amigos de Goura: mesmo estando longe, meu coração está com vocês. É quase impossível pensar em metodologias para o estudo de aves sem pensar em como aplicá-las aí.

Aos professores que me introduziram ao mundo das aves: Claiton Martins-Ferreira, Márcio Borges Martins e Daniel Danilewicz Schiavon. Aos dois últimos agradeço muito pelas inúmeras saídas a campo e todo aprendizado proveniente delas. Ao Daniel ainda agradeço por, quem diria?, ter ministrado uma aula sobre a metodologia que exploro nesse trabalho muito antes de qualquer idéia sobre o TCC.

À Carla S. Fontana, que na mesma época que descobria o mundo das aves, me mostrou o maravilhoso mundo das aves em contexto urbano através de uma palestra sobre seu trabalho, que me inspira até hoje.

Ao Glayson A. Bencke, que sempre me apoiou nos *inúmeros* projetos de TCC, com opinião sincera e curiosidade. Agradeço pelas discussões e todo conhecimento prático e teórico, pelas oportunidades e amizade. Se não fosse por ele, é provável que esse trabalho não existisse.

Aos queridos colegas do Laboratório de Ecologia de Populações e Comunidades pela amizade e apoio e discussões metodológicas.

Aos meus amigos e queridos companheiros de observação de aves, grandes ornitólogos! Giuliano Brusco “Ceará”, Cris Oliveira, Alan Bolzan, Ana Júlia Lenz, André de Mendonça-Lima, Jan Karel Felix Mahler Junior e Larissa Oliveira Gonçalves. Vocês são demais e não existem palavras suficientes para agradecer a companhia, risadas e passarinhadas. À Larissa agradeço pela companhia em todo processo, compartilhando as

ansiedades, alegrias, medos e agüentando a tagarelice; pela ajuda nos momentos finais, foi essencial. Nela descobri uma grande amiga.

Agradeço também ao Adriano Cunha, que permitiu tantas ausências e incertezas nos horários de estágio, apoiando assim meu trabalho e confiando em mim. Sem essa compreensão toda, esse trabalho não seria possível. Aos colegas do estágio também agradeço por todo incentivo.

Finalmente agradeço ao meu orientador, Andreas Kindel. Ele é o grande responsável por tudo isso. Além de me orientar no TCC, ele me apresentou pessoas incríveis e abriu inúmeras oportunidades. Me fez pensar, ter senso crítico, ser independente. Posso afirmar com orgulho que ele realmente me orientou de maneira exemplar, não consigo imaginar algo melhor.

Obrigada a todos!

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi redigido segundo as normas do periódico *Revista Brasileira de Ornitologia*, acessíveis em www.ararajuba.org.br/sbo/ararajuba/instru_por.pdf .

Estimativa de densidade de aves utilizando amostragem por distâncias em uma área verde urbana

Liliane Coelho e Andreas Kindel

Abstract

Estimation of bird density through distance sampling in an urban green area

The monitoring of avian population in urban environments can be difficult due to high heterogeneity, a complex structure and sometimes low visibility. It is recommended that for the purpose of monitoring a robust methodology that truly reflects population changes is used. Bird counts based in different types of relative indexes rely on the assumption that there is a fixed proportion of birds being detected, even between different areas. It is known nowadays that detection probability varies between species, habitats and other factors, so results from relative indexes are not indicated and should be used with caution. One of the methodologies that accounts for the detection probability is distance sampling, in which the number of individuals that were actually present but were not detected may be estimated from a detection function modeled from the perpendicular distances distribution of the objects to the observer or line transect. In this study, we compare these two approaches in a green area, using the rufous-bellied thrush (*Turdus rufiventris*), a common species in urban environments. The density estimated from point transects (21,58 ind/ha) almost doubled that from line transects (10,80 ind/ha), had a higher coefficient of variation (0,36 against 0,26 from line transects) and a smaller detection probability (0,21 against 0,39). Line transects cover better the different habitats distributed in small patches, a characteristic of urban heterogeneity. Based in the literature and our estimates, we recommend the use of line transects as a safer and more precise approach at the site studied.

Key-words: line-transects, point-transects, *Turdus rufiventris*, urban birds, urban environment, Porto Alegre, RS

Resumo

O monitoramento de populações de aves em ambientes urbanos pode ser difícil devido à alta heterogeneidade, estrutura complexa e às vezes baixa visibilidade. Diferentes metodologias podem ser usadas para contagem de aves, mas, para monitoramentos, é interessante que metodologias robustas que reflitam mudanças reais em populações sejam usadas. Contagens baseadas em índices relativos se baseiam no fato de que sempre a mesma proporção de aves é detectada, mesmo entre diferentes áreas. Sabe-se porém que a probabilidade de detecção varia entre espécies, habitats e outros fatores; assim, resultados de índices relativos não são indicados, e devem ser utilizados com precaução. Uma das metodologias que considera a detectabilidade é a amostragem por distâncias, em que o número de indivíduos não detectados, mas presentes, pode ser estimado a partir de uma função de detecção derivada da distribuição das distâncias perpendiculares do objeto ao observador ou transecto linear. A amostragem por distâncias pode ser abordada através de transectos lineares ou pontuais (pontos). Nesse estudo, testamos as duas abordagens em uma área verde urbana utilizando o sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*), uma espécie comum em ambientes urbanos. A densidade estimada a partir dos pontos (21,58 ind/ha) foi quase o dobro da estimada dos transectos lineares (10,80 ind/ha), teve um coeficiente de variação maior (0,36; 0,26 para os transectos) e uma probabilidade de detecção menor (0,21; 0,39 para transectos). Transectos lineares amostram melhor áreas heterogêneas, e baseados na literatura e nossas estimativas, recomendamos o uso de transectos lineares para uma abordagem mais precisa e segura da densidade de aves na área estudada.

Palavras-chave: áreas urbanas, aves urbanas, pontos, transectos lineares, *Turdus rufiventris*, RS

Introdução

O monitoramento de populações de aves é uma importante ferramenta na conservação (Buckland 2008). Muita atenção é dada a áreas pouco impactadas, enquanto estudos no ecossistema urbano recebem atenção bem menor (Marzluff e Erwin 2001, Fontana 2004). A importância de conhecer riqueza, diversidade e padrões em tais ambientes é enorme e muito interessante cientificamente, pois espécies presentes em ambientes urbanos apresentam em maior ou menor grau certa plasticidade ecológica, adaptações a um ambiente heterogêneo e fragmentado (Marzluff e Erwin 2001; Chace e Walsh 2004; Loss *et al.* 2009) e mudanças comportamentais. Em termos de conservação, temos como exemplo populações de espécies de aves urbanas que vem declinando na Europa (Robinson *et al.* 2005; Mason 2006; Shaw *et al.* 2008), além daquelas com importância para saúde humana (Giunchi *et al.* 2007).

Assim, ecossistemas urbanos oferecem alternativas interessantes para estudos com avifauna. Contagens em ambientes urbanos podem, porém, ser difíceis de serem efetuadas, devido a características do ambiente como a estrutura complexa e pouca visibilidade. Diferentes metodologias podem ser utilizadas de acordo com o objetivo proposto, mas para fins de monitoramento, é interessante que a metodologia escolhida seja capaz de refletir mudanças na população de forma realista (Thompson 2002).

Para contagem de aves existem diversos métodos, que podem ser divididos em dois grupos principais: índices de abundância relativa e técnicas que estimam diretamente a densidade das aves (Rosenstock *et al.* 2002). Para os índices, geralmente o observador contabiliza as detecções das aves em uma área pré-definida. A partir dessas informações são definidos índices, *e.g.* Índice Pontual de Abundância (IPA) que equivale ao número de contatos dividido pelo número de pontos amostrados (Aleixo e

Vielliard 1995). Esse tipo de metodologia é amplamente utilizada por ornitólogos do mundo inteiro. O princípio básico é que todos os indivíduos na área definida estão sendo detectados. Sabe-se, porém, que isso não é verdadeiro para a maioria dos casos. A detectabilidade de uma espécie é influenciada principalmente pela experiência do observador, pelas características do ambiente em que o estudo foi realizado e pelas características da própria espécie (*e.g.* tamanho, coloração, comportamento) (Rosenstock *et al.* 2002). Assim, tais medidas são relativas, e devem ser usadas com precaução. O cálculo de densidade por métodos indiretos, através de índices, não é indicado, pois mesmo que sejam tomadas medidas que tentem padronizar a detecção, ainda assim assume-se que o número de indivíduos detectados representa uma proporção constante da população (Thompson 2002), o que na realidade não ocorre (Norvell *et al.* 2003).

Já o segundo grupo de metodologias em contagens de aves considera que nem todos os indivíduos da unidade amostral são detectados, e de forma empírica quantifica a probabilidade de detecção de cada indivíduo, sendo possível acessar indivíduos presentes porém não detectados (Thompson 2002). O método que tem mais avançado nesse sentido é o de amostragens por distâncias (*distance sampling*) (Thomas *et al.* 2002), que consiste em registrar, para cada indivíduo detectado, a distância perpendicular ao transecto linear (ou radial no caso de pontos) e a partir do conjunto das medidas, determinar uma função de detecção da espécie em relação a distância do observador. A função de detecção possibilita estimar o total de indivíduos presentes na área, detectados ou não.

Apesar de os pontos fracos de estimativas por índices relativos já terem sido alertados, ornitólogos continuam a utilizar tais metodologias em detrimento de outras mais

confiáveis (Buckland *et al.* 1993, 2004 e 2008 ; Thomas *et al.* 2002; Thompson 2002; Rosenstock *et al.* 2002; Norvell *et al.* 2003; Marques *et al.* 2007). O principal motivo de tal escolha se baseia principalmente no fato de a estimativa por índices parecer mais simples e barata, porém a amostragem por distâncias não requer na prática muito mais do pesquisador, e isso já foi demonstrado (Norvell *et al.* 2003).

A amostragem por distâncias pode ser abordada por transectos lineares ou pontos. A escolha da unidade amostral dependerá dos objetivos do estudo e das características do ambiente (Bibby *et al.* 1998; Gregory *et al.* 2004). O contexto urbano pode apresentar características favoráveis tanto para pontos, quanto para transectos lineares, dependendo do local e da escala a ser aplicado. Pontos são indicados para situações onde há dificuldade no deslocamento do observador, em pesquisas direcionadas à muitas espécies e estudos que relacionam habitats a espécies, enquanto transectos lineares têm as vantagens de obter um maior número de registros, as chances de registrar mais de uma vez o mesmo indivíduo são menores, não há perda de registros como ocorre no deslocamento entre pontos, entre outros.

Considerando a importância de se realizar monitoramentos de populações de aves em ambientes urbanos e a falta de estudos utilizando metodologias de amostragem por distâncias em tais ambientes, o presente trabalho pretende avaliar a aplicação da metodologia através de transectos lineares e pontos em uma área verde urbana de Porto Alegre utilizando o sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris* Vieillot, 1818) como organismo modelo de estudo.

Material e Métodos

Área de estudo

A área escolhida foi o Jardim Botânico de Porto Alegre (JBPA; 30°02'S, 51°13'W), administrado pela Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. O Jardim Botânico é uma área de visitação pública inserida na zona urbana da cidade. Com uma superfície de 40,5 ha, o JBPA apresenta uma grande variedade de ambientes: banhados, lagos, mata secundária e capoeira, arboretos, jardins, parques, com espécies nativas e exóticas, além de vias pavimentadas e espaços construídos. Para a realização do estudo, utilizou-se a mesma área amostrada por Pereira (2007), que corresponde área que recebe visitação ou está sujeita a manejo direto e que totaliza 14,75 ha.

Espécie estudada

O sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*) ocorre em quase todo o Brasil, do Maranhão ao Rio grande do Sul, na Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai. Ocupa regiões de mata, parques, jardins e havendo arborização pode ocorrer até mesmo no centro de cidades grandes (Sick 1997). Fontana *et al.* (2004) estimam a densidade da espécie em Porto Alegre em 0.0958 ind/km². Na área de estudo ocorre em abundância, sendo uma ave facilmente detectada.

Desenho amostral

Ao amostrar uma área, nem todos os indivíduos são detectados pelo observador, devido aos mais diversos fatores. A amostragem por distâncias se diferencia de outros métodos de contagem de aves por levar em consideração a probabilidade de detecção de cada

indivíduo. Existem duas principais variedades de unidades amostrais na amostragem por distâncias, transectos lineares e transectos pontuais (“point transects”), tratados aqui simplesmente como “pontos”, mas a lógica é a mesma (Buckland *et al.* 1993; Marques *et al.* 2007).

Foram dispostos cinco transectos lineares de comprimento variável de forma sistemática na área de estudo, com intervalos de cerca de 100 metros entre elas. O comprimento total dos transectos lineares foi de 3277 metros. As transecções abrangeram diversos ambientes e considera-se que foram representativas da área de estudo (Figura 1).

Os pontos foram dispostos conforme Pereira (2007) (Figura 2), consistindo em nove unidades com distância entre elas de 150 metros, dispostos na área de estudo de maneira a acomodar o maior número de pontos. Considera-se que os pontos são representativos da área de estudo.

Coleta de dados

As amostragens foram efetuadas entre o dia 5 e 21 de outubro de 2009, sempre em dias sem chuva ou vento. Foram realizadas uma série de saídas piloto para o reconhecimento da área e localização exata das unidades amostrais. O período de amostragem começava sempre às 08h30min e se entendia até no máximo 10h30min. Mesmo não sendo esse o horário de maior atividade da avifauna, se mostrou adequado por ser um intervalo em que a atividade dos sabiás era constante, consistindo principalmente em forrageamento, facilitando a detecção dos indivíduos.

Cada indivíduo detectado era confirmado como sendo da espécie e adulto com auxílio de um binóculo 7x35. Na área de estudo estão presentes outras espécies do gênero

(*Turdus leucomelas*, *T. amaurochalinus* e *T. albicollis*) que podem ser confundidas se observadas de longe. Além disso, pelo fato do estudo ser realizado na época reprodutiva, teve-se o cuidado de checar se os indivíduos registrados eram adultos. Assim, só foram registrados indivíduos que puderam ser avistados, mesmo que a detecção tenha se dado primeiramente por audição.

Após a detecção do indivíduo, a distância do mesmo até o transecto ou observador (no caso dos pontos) foi estimada através de um telêmetro (“*laser rangefinder*”) com resolução de 1m. Para distâncias abaixo de 16 metros, o observador estimou as distâncias, que quando necessário, foram confirmadas com trena. As distâncias foram sempre estimadas para a posição da primeira detecção dos indivíduos.

Os transectos lineares foram percorridos a pé seguindo um mapa da área. Os indivíduos eram procurados na linha do transecto à frente, em árvores e nas laterais do transecto.

Para os pontos, esperou-se dois minutos (como em van Rensburg 2009) a partir da chegada do observador ao ponto para que a atividade das aves voltasse ao normal. Salienta-se que, mesmo sendo um curto período de tempo, as aves parecem estar bastante acostumadas com a presença humana. Após esse período inicial, os indivíduos eram registrados durante cinco minutos.

Tanto em pontos quanto em transectos, as distâncias foram estimadas com auxílio de telêmetro a partir de 16m, e abaixo disso o observador estimava a distância a olho e utilizava trena quando necessário. Nos pontos, as distâncias eram registradas em relação ao observador, ou seja, ao centro do ponto, e nos transectos a distância registrada era perpendicular a linha. Foram realizadas três amostragens, cada uma correspondendo ao conjunto dos nove pontos ou cinco transectos, completado no mesmo dia.

Existem três pressupostos principais para a aplicação do método de amostragem de distâncias:

(1) todas as aves na linha ou ponto são detectadas; (2) as aves são detectadas antes de movimentos evasivos devido a presença do observador e (3) as distâncias são medidas ou estimadas de forma acurada. Foram tomados cuidados para atender os pressupostos conforme Rosenstock *et al.* (2002), descritos no item anterior.

Um quarto pressuposto pode ser adicionado; as unidades amostrais devem ser representativas da área estudada (Buckland *et al.* 2008). Além desses pressupostos, existem outras recomendações relativas à precisão e tamanho da amostra. Quanto maior n , número de registros, mais precisa será a estimativa. Em geral, um mínimo de 60-80 observações são necessárias para estimativas de abundância confiáveis. Em locais cuja área não permite a distribuição de muitas unidades amostrais, (*e.g.* de 10 a 20 transectos lineares, Buckland *et al.* 2008), como é o caso do presente estudo, a repetição dos transectos ou pontos pode ser realizada para alcançar um n apropriado, sem violação da independência amostral (Rosenstock *et al.* 2002).

Análises dos dados

Para a análise dos dados de amostragem por distância foi utilizado o software DISTANCE 6.0 (Thomas *et al.* 2009). Primeiramente foi realizada uma fase exploratória dos dados, seguindo a recomendação de Buckland *et al.* (1993) e Thomas *et al.* (2009). Nessa fase, são construídos histogramas com a frequência das distâncias observadas. A análise dos gráficos permite verificar se houveram arredondamentos ou movimentos de atração ou repulsão do objeto em relação ao observador. Nessa fase se

determina ainda se as distâncias maiores serão cortadas e/ou se serão agrupadas em intervalos que facilitem as análises. O corte das maiores distâncias é recomendado (Buckland *et al.* 1993) para as análises pois registros a distâncias muito grandes e que ocorrem de maneira descontínua (“outliers”) não colaboram efetivamente no cálculo da densidade e dificultam o ajuste das funções aos dados.

A probabilidade de detecção é então modelada como uma função das distâncias observadas a partir dos transectos ou pontos. A função modelada é a *função de detecção* ($g(x)$), que é a probabilidade de detectar um objeto que esteja a uma distância x do ponto ou transecto. Tal função é composta por uma função principal (*key function*) e termos de ajuste (*adjustment terms*).

O melhor modelo foi escolhido baseado no menor valor de AIC (*Akaike's Information Criterion*). O AIC é um método utilizado para seleção de modelos baseado em parcimônia, onde o modelo com melhor ajuste e menor número de parâmetros é considerado o melhor (MacKenzie *et al.* 2006). O Delta AIC é a diferença entre o AIC do modelo em relação ao melhor modelo considerado. Valores de Delta AIC inferiores a 2 são considerados semelhantes, e a escolha nesses casos se deu por exame crítico de outros testes estatísticos de ajuste (teste de Kolmogorov-Smirnov, teste Cramér-von-Mises e o gráfico Q-q) (Buckland *et al.*, 1993; Buckland 2006; Thomas *et al.* 2009).

Foram utilizadas as seguintes estimativas calculadas pelo programa: a densidade baseada na curva de detecção, a abundância (número de indivíduos para a área total, ou o produto da densidade pela área total), a probabilidade de detecção (a média da probabilidade de um indivíduo ser detectado a cada distância y), a taxa de encontro (número de registros sobre o esforço amostral) e a distância efetivamente amostrada, ou

μ , a distância em que o número de indivíduos não registrados é igual ao número de registros efetuados.

Resultados

Neste trabalho, foram obtidos 112 registros de sabiá-laranjeira durante os transectos lineares e 82 durante os pontos. A distribuição das distâncias perpendiculares e radiais obtidas durante os transectos e pontos está representada na **Error! Reference source not found**.3. Para os pontos, observa-se que o número de registros aumentou até a distância de 24 m, diminuindo abruptamente a partir dessa. A área dos raios aumenta conforme uma função quadrática, estando então a distribuição encontrada de acordo com a esperada. Já em transectos espera-se que a quantidade de registros diminua em função do aumento da distância. Observa-se no histograma da figura 3b uma distribuição bimodal, com picos nas classes de distâncias 0-2 m e 16-18 m, não condizente com o esperado. Através do histograma da figura 3b é possível ainda justificar o corte dos dados dos transectos em $d=40$.

De acordo com a análise visual dos histogramas, a função de detecção foi modelada considerando as seguintes funções (*key functions*) e termos de ajuste (*adjustment terms*)

Transectos lineares:

1. *Half-normal* com até três *polynomial terms*
2. *Uniforme* com até três *cosine terms*

Pontos:

1. *Half-normal* com até dois *polynomial terms*

2. *Half-normal* com até dois *cosine terms*

3. “*Hazard-rate*” com até dois *cosine terms*

A ordem dos modelos testados para a função de detecção é apresentado na Tabela 1. Para as duas metodologias utilizadas, o modelo com menor AIC foi o que utilizou a função *Half-normal* com polinômios simples como termos de ajuste. Os dois modelos da função de detecção são aceitáveis e representados na **Error! Reference source not found.4**.

A densidade estimada, abundância estimada e a probabilidade de detecção para cada modelo são apresentados na **Error! Reference source not found.** A área efetivamente amostrada, representada nos transectos lineares por largura e nos pontos por raio, foi maior nos pontos (20,28 m) do que nos transectos (15,67 m). A densidade estimada pelos pontos (21,58 ind/ha) foi muito superior àquela estimada pelos transectos lineares (10,80 ind/ha), apesar dos intervalos de confiança se sobreporem. A variabilidade dos pontos também foi maior. Esse resultado reflete-se diretamente na estimativa de abundância (**Error! Reference source not found.5**). A probabilidade de detecção apresentada na **Error! Reference source not found.** consiste na média da probabilidade de detecção de todas as distâncias entre 0 e w (ponto de corte ou final). As transecções apresentam a probabilidade de detecção 1,85 vezes maior (0,392) que a dos pontos (0,212).

Discussão

Dentre os resultados obtidos, o que mais chama a atenção foi que a densidade estimada a partir dos pontos foi o dobro da estimada pela transecção, com o intervalo de confiança (95%) das duas metodologias se sobrepondo. Ainda assim, o coeficiente de variação na estimativa de densidade através dos pontos é maior do que nos transectos lineares. Em comparação a diversas metodologias que utilizam pontos, Buckland (2006) também encontrou variação menor em transectos. A variância estimada para a densidade compreende em maior parte a variação na razão de encontros (variabilidade espacial) e a variação da estimativa da probabilidade de detecção. Tal resultado reflete a escolha em considerar a área de estudo homogênea, enquanto que para a espécie ela claramente não é. Os 14,75 ha estudados do Jardim Botânico podem ser divididos, de maneira grosseira, em áreas abertas e áreas arborizadas. Dos nove pontos, em dois não houve registros do sabiá-laranjeira em nenhum dos três dias amostrados. De fato, o coeficiente de variação da taxa de encontro dos pontos (0,39) foi superior a dos transectos (0,25). Os transectos, porém, amenizam a heterogeneidade pois estendem-se por áreas maiores e gradientes de habitats. Para a utilização dos pontos seria ideal que a área fosse estratificada. Contudo, considerando que a área do estudo é pequena e não é possível alocar um número de pontos suficiente para que fosse obtido um número mínimo de registros necessários para aplicação do método de amostragem por distâncias, a estratificação não foi viável.

A diferença tão grande entre as estimativas pode ser resultado da heterogeneidade do ambiente e da maior sensibilidade dos pontos a esse fator, e/ou por quebra de algum pressuposto durante a coleta dos dados.

O primeiro pressuposto da amostragem por distâncias define que a probabilidade de detecção no ponto ou na linha do transecto deve ser igual a 1, ou seja, todos objetos são

detectados. Farnsworth *et al.* (2005) discutem a dificuldade de atender esse pressuposto quando se amostra com pontos. Uma série de medidas é recomendada (Barraclough, 2000) para amenizar o efeito do observador nos registros próximos ao ponto, e tais sugestões foram seguidas dentro do possível. Durante os transectos também houve cuidados em relação à detecção na linha ou a pequenas distâncias, e foi observado um grande número de registros em $x = 0$.

O segundo pressuposto define que os objetos são detectados em suas posições iniciais. No histograma das distâncias perpendiculares dos transectos lineares, observa-se uma distribuição bimodal, que pode indicar que houve movimento de fuga dos objetos em relação ao observador antes de sua detecção. De fato, a atenção dada à linha para obtenção de registros a distâncias pequenas pode ter prejudicado a detecção da posição inicial de indivíduos em outras distâncias.

Outra explicação para a distribuição bimodal das distâncias é alguma falha na medida das distâncias. As distâncias medidas devem ser exatas, conforme define o terceiro pressuposto. O excesso de registros para algumas distâncias pode indicar o arredondamento de valores, como por exemplo, nas distâncias 0, 4 e 16m nos transectos. Cabe ressaltar que as medidas foram feitas com auxílio de telêmetro a partir de 16m, sendo muitas vezes confirmada com a trena, assim como os registros feitos abaixo de 16m.

A probabilidade de detecção estimada foi de 0,39 em transectos e 0,21 em pontos, indicando que a detecção de um indivíduo na área é mais provável quando transecções são utilizadas. Já a distância efetivamente amostrada (largura para transectos e raio para pontos) foi maior em pontos. Buckland (2006) indica resultados semelhantes, com transecções apresentando uma distância efetivamente menor. O ambiente sendo o

mesmo, a diferença é explicada pelo maior número de registros a distâncias maiores pelos pontos (Buckland *et al.*, 1993) e porque o número de aves potencialmente disponíveis para detecção aumenta linearmente com a distância de um ponto, mas é distribuída de maneira uniforme a partir da distância de uma linha (Buckland 2006).

Amostragens utilizando pontos são menos precisas que amostragens utilizando transectos. Buckland (2006) em um estudo comparando variações na metodologia de pontos para a estimativa de densidade através da amostragem por distâncias utiliza como controle a estimativa feita pelos transectos. Pontos são indicados para situações em que realizar transectos é pouco prático, em terrenos difíceis, com vegetação densa, quando o foco do estudo são muitas espécies, ou espécies inconspícuas (Rosenstock *et al.* 2002; Gregory *et al.* 2004; Buckland 2006). Se o objetivo do estudo é relacionar espécie e hábitat, pontos são preferíveis (Barracough 2000). O tempo gasto no deslocamento entre os pontos e o esforço perdido durante o trajeto são aspectos importantes a considerar, visto que para algumas espécies conseguir um número suficiente de registros pode ser problemático (Buckland *et al.* 2008). A entrada de aves na área amostrada durante o tempo de amostragem pode superestimar a densidade e, em relação a exatidão nas medidas, erros ou arredondamentos tem um grande efeito nas contagens por pontos. Buckland *et al.* (2008) exemplificam: se todas as distâncias forem superestimadas em 10%, as estimativas de abundância terão um viés negativo de 9% em transectos e 17% em pontos; se as distâncias forem subestimadas em 10%, então as estimativas terão um viés positivo de 11% para transectos e 23% para pontos. Se houverem erros nas medidas, mas a média dos erros for zero, as estimativas de abundância a partir dos transectos praticamente não teriam viés algum, enquanto as estimativas a partir dos pontos tendem a ter um alto viés.

O ambiente urbano apresenta características únicas com respeito à aplicação da amostragem por distâncias. Em áreas verdes, foco do estudo, o trânsito de pessoas é alto. Horários em que não há circulação de pessoas e maior atividade da avifauna podem não ser favoráveis em termos de segurança para o observador. Essa característica pode prejudicar a detecção (e por isso também a importância de metodologias que incorporem a probabilidade de detecção). O manejo constante em áreas de jardins, parques, praças torna o ambiente heterogêneo. Algum conhecimento prévio sobre a espécie e sua distribuição na área é desejado para um melhor desenho amostral, podendo-se levar em consideração a estratificação dos dados (Giunchi *et al.* 2007) para estimativas mais precisas. A presença de estruturas específicas no ambiente (postes, cercas, árvores isoladas, caminhos, etc) podem auxiliar na obtenção de medidas de distância acuradas, através de mapeamento de tais estruturas em saídas piloto. Para algumas espécies de aves, estudos indicam que a densidade das populações urbanas é maior que de populações de outros locais (Bibby *et al.* 1992; Chace e Walsh 2004; Loss *et al.* 2009; van Rensburg *et al.* 2009). Para Shochat (2004), a alta previsibilidade de alimento unida a poucos eventos de predação, leva ao surgimento de uma população flutuante abundante. Abundância de aves é desejada para estudos por amostragem por distâncias, já que um grande número de registros é garantido e as estimativas mais precisas.

Estudos anteriores conduzidos no Jardim Botânico (Pereira e Bencke 2007), através do mapeamento de territórios (Bibby *et al.* 1992), encontraram 38 territórios para *T. rufiventris* na área. No entanto, através dessa metodologia não é possível estimar a densidade de indivíduos para essa espécie, visto que se considera a área de cada território ocupado por somente um casal. Como foi observado pelos autores, existe um

grande número de indivíduos não reprodutores na área. Infelizmente ainda não existem estudos que aprofundem a questão do comportamento territorial de populações urbanas de *Turdus rufiventris*.

A estimativa da densidade do sabiá-laranjeira no Jardim Botânico de Porto Alegre considerada mais segura é a estimada a partir dos transectos lineares, pois além dessa metodologia amostrar melhor a área, possibilitou um maior número de registros, e estimativas com menor variação, corroborando com o descrito na literatura (Barraclough 2000; Rosenstock 2002; Buckland 2006). O uso de uma metodologia que considera a probabilidade de detecção é fundamental também em monitoramentos em ambientes urbanos, e encorajam-se próximos estudos com outras espécies e outras áreas, incorporando métodos mais sofisticados em que a probabilidade de detecção não seja definida em função apenas da distância, mas também em função de outras variáveis (Marques *et al.* 2007), como características do ambiente ou das espécies.

Agradecimentos

Agradecemos a Glayson A. Bencke por todo apoio, discussões, idéias e aprendizado, Maurício Silveira pelo apoio e ajuda na aplicação da metodologia, a Fundação Zoobotânica pelo equipamento. A Tiago Marques e Vinícius Bastazini pela atenção e ajuda em alguns aspectos teóricos.

Referências

- Aleixo, A. e Vielliard, J. M. E. (1995) Composição e dinâmica da mata de Santa Genebra, Campinas, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.12, p.493-511.
- Barracough, R. K. (2000) Distance Sampling: A discussion document produced for the Department of Conservation. Wellington, N.Z. : Dept. of Conservation, Science e Research internal report, 0114-2798 ;175
- Bibby, C. J., Burgess, N. D. e Hill, D. A. (1992) *Bird census techniques*. San Diego, CA: Academic Press Limited.
- Bibby, C., Jones, M. e Marsden, M. (1998) Expedition Field Techniques - Bird Surveys. Published by the Expedition Advisory Centre, Royal Geographical Society.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. e Laake, J.L. (1993) *Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*, Chapman e Hall, London, reprinted (1999) by Research Unit for Wildlife Population Assessment, St Andrews.
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Borchers, D. L. e Thomas, L., Eds. (2004) *Advanced distance sampling*. Oxford: Oxford University Press.
- Buckland, S. T. (2006) Point transect surveys for songbirds: robust methodologies. *The Auk* 123:345--345
- Buckland, S. T., Marsden, S. J. e Green, R. E. (2008) Estimating bird abundance: making methods work. *Bird Conservation International* 18:S91–S108
- Farnsworth, G. L.; Nichols, J. D.; Sauer, J. R.; Fancy, S. G.; Pollock, K. H; Shriner, S. A. e T. R. Simons (2005) Statistical Approaches to the Analysis of Point Count Data: A Little Extra Information Can Go a Long Way. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. :736-743
- Fontana, C. S. 2004. *Estrutura de uma comunidade urbana de aves: um experimento em Porto Alegre, Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- Giunchi, D., Gaggini, V. e Baldaccini, N. (2007) - Distance sampling as an effective method for monitoring feral pigeon (*Columba livia f. domestica*) urban populations. *Urban Ecosystems* 10:397- 412
- Gregory, R. D., Gibbons, D. W. e Donald, P. F. (2004) Bird census and survey techniques p. 17-52 *Em Sutherland, W. J., Newton, I., Green, R.E. Bird Ecology and Conservation - A Handbook of Techniques*. Oxford University Press Inc., New York.
- Loss, S.R.; Ruiz, M. O. e Brawn J.D. (2009) Relationships between avian diversity, neighborhood age, income, and environmental characteristics of an urban landscape. *Biological Conservation* 142: 2578–2585

- Mackenzie, D. I., J. D. Nichols, J. A. Royle, K. H. Pollock, L. L. Bailey, e J. E. Hines (2006) *Occupancy Estimation and Modeling: Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence*. Academic Press, Amsterdam.
- Marques, T. A., Thomas, L., Fancy, S. G. e Buckland, S. T. (2007) Improving estimates of bird density using multiplecovariate distance sampling. *Auk* 124:1229–1243.
- Marzluff, J.M. e Erwing, K. (2001) Restoration of fragmented landscapes for the conservation of birds: a general framework and specific recomendations for urbanizing landscapes. *Restoration Ecol.* 9: 280–292.
- Mason, C. (2006) Avian species richness and numbers in the built environment: can new housing developments be good for birds? *Biodiversity and Conservation* 15: 2365–2378
- Norvell, R. E., Howe F. P. e Parrish J. R. (2003) A seven-year comparison of relative abundance and distance-sampling methods. *Auk* 120:1013–1028.
- Pereira, M. S. E Bencke, G. A. (2007) Censo de aves por mapeamento de territórios no Jardim Botânico de Porto Alegre, RS, Brasil. *Em: XV Congresso Brasileiro de Ornitologia, 2007, Porto Alegre. Programa e livro de resumos. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. p. 132-132.*
- Pereira, M. S. (2007) *Aplicação de dois métodos de amostragem quantitativa da avifauna no Jardim Botânico de Porto Alegre, RS, Brasil*. Relatório final apresentado ao CNPq.
- Robinson, R. A.; Siriwardena, G. M. e Crick, H. Q. P. (2005) Size and trends of the House Sparrow *Passer domesticus* population in Great Britain. *Ibis* 147: 552–562
- Rosenstock, S., Anderson D. R., Giesen, K. M., Leukering T. E Carter M. F. (2002) Landbird counting techniques: Current practices and an alternative. *Auk* 119:46–53.
- Shochat, E. (2004) Credit or debit? Resource input changes population dynamics of city-slicker birds. *Oikos* 106:3.
- Shaw, L. M.; Chamberlain, D. e Evans, M. (2008) The house sparrow *Passer domesticus* in urban areas: reviewing a possible link between post-decline distribution and human socioeconomic status. *Journal of Ornithology* 149: 293 - 299
- Sick, H. 1997. *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro:Nova Fronteira, 862p, 47 pranchas [ed. Revisada e ampliada por José Fernando Pacheco].
- Thomas, L., Buckland, S. T., Burnham, K. P., Anderson, D. R., Laake J. L., Borchers D. L., e Strindberg, S. (2002) Distance Sampling. *Em: Encyclopedia of Environmetrics Volume 1*. Chichester: John Wiley e Sons, Ltd, 2002. p 544–552

Thomas, L., Laake, J.L., Rexstad, E., Strindberg, S., Marques, F.F.C., Buckland, S.T., Borchers, D.L., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Burt, M.L., Hedley, S.L., Pollard, J.H., Bishop, J.R.B. e Marques, T.A. (2009) Distance 6.0. Release 2. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>

Thompson, W. L. (2002) Toward reliable bird surveys: Accounting for individuals present but not detected. *Auk* 119:18–25.

Van Rensburg, B.J., Peacock, D. S. e Robertson, M.P. (2009) Biotic homogenization and alien bird species along an urban gradient in South Africa. *Landscape and Urban Planning*, Volume 92: 233-241

Tabelas

Tabela 1 Ordem dos modelos de função candidatos ao melhor ajuste aos dados baseado no menor valor de AIC.

Table 1 Ranking of candidate models used based on the smallest AIC value.

Método	Modelo	No de parâmetros	Delta AIC	AIC
Pontos	HN + 2 polynomial terms	3	0,000	591,274
	HN	1	2,380	593,654
	HR + 1 cosine term	3	2,491	593,764
	HR + 2 cosine term	4	3,974	595,248
	HN + 1 polynomial term	2	4,213	595,487
	HN + 1 cosine term	2	4,361	595,634
	HR	2	4,764	596,037
	HN + 2 cosine terms	3	6,300	597,574
Transectos	HN + 1 polynomial term	2	0,000	735,514
	HN	1	0,533	736,048
	HN + 2 polynomial terms	3	0,905	736,419
	UNI + 3 cosine terms	3	2,136	737,650
	UNI + 2 cosine terms	2	2,607	738,121
	HN + 3 polynomial terms	4	2,748	738,263
	UNI + 1 cosine term	1	3,302	738,816
	UNI	0	83,417	818,931

HN: Half-normal;

HR: Hazard-rate;

UNI: Uniform;

Delta AIC: diferença entre o AIC do modelo e o menor AIC;

AIC: Akaike's Information Criterion

Tabela 2. Estimativas de taxa de encontro, distância efetivamente amostrada, densidade, abundância e probabilidade de detecção geradas pelo programa *Distance*. IC 95% entre parênteses. CV= Coeficiente de variação.

Table 2. Encounter rate, effective sampled distance, density, abundance and detection probabilities computed form Distance. CI 95% are reported in parentheses. CV= coefficient of variation.

	Pontos	Transectos lineares
Número de registros	82	111
Taxa de Encontro	3,037	0,034
CV Taxa de Encontro	0,344	0,250
Largura efetivamente amostrada		15,675 (13,452 - 18,266)
Raio efetivamente amostrado	21,164 (18,595 - 24,088)	
Densidade estimada	21,582 (9,803 - 47,514)	10,803 (5,535 - 21,085)
CV Densidade estimada	0,368	0,261
Abundância estimada	318 (145 - 701)	159 (82 - 311)
Probabilidade de detecção	0,212 (0,164 - 0,273)	0,392 (0,336 - 0,456)
CV Probabilidade de detecção	0,130	0,077

Figuras

Legendas

Figura 1: Posição dos transectos lineares na área de estudo. *Line-transects positions at the studied area.*

Figura 2: Posição dos pontos na área de estudo. *Point-transects positions at studied area.*

Figura 3: Histograma das distâncias observadas nos pontos (a) e transectos lineares (b). Barras em intervalos de 2m. *Histograms with the detected distances of point (a) and line-transects (b). The bar width represents 2m interval.*

Figura 4: Gráfico da Probabilidade de detecção (linha contínua), histograma das distâncias perpendiculares e área efetivamente amostrada (μ , linha tracejada) para pontos (a) e transectos lineares (b). *Probability of detection plot (continuous line), histogram of perpendicular distances and effective sampled area (μ , dashed line) of point (a) and line-transect (b).*

Figura 5: Abundância estimada para pontos (a) e transectos lineares (b). As barras representam IC95%. *Estimated abundances from points (a) and line-transect (b). The bars represent CI95%.*

Figura 1



Figura 2



Figura 3

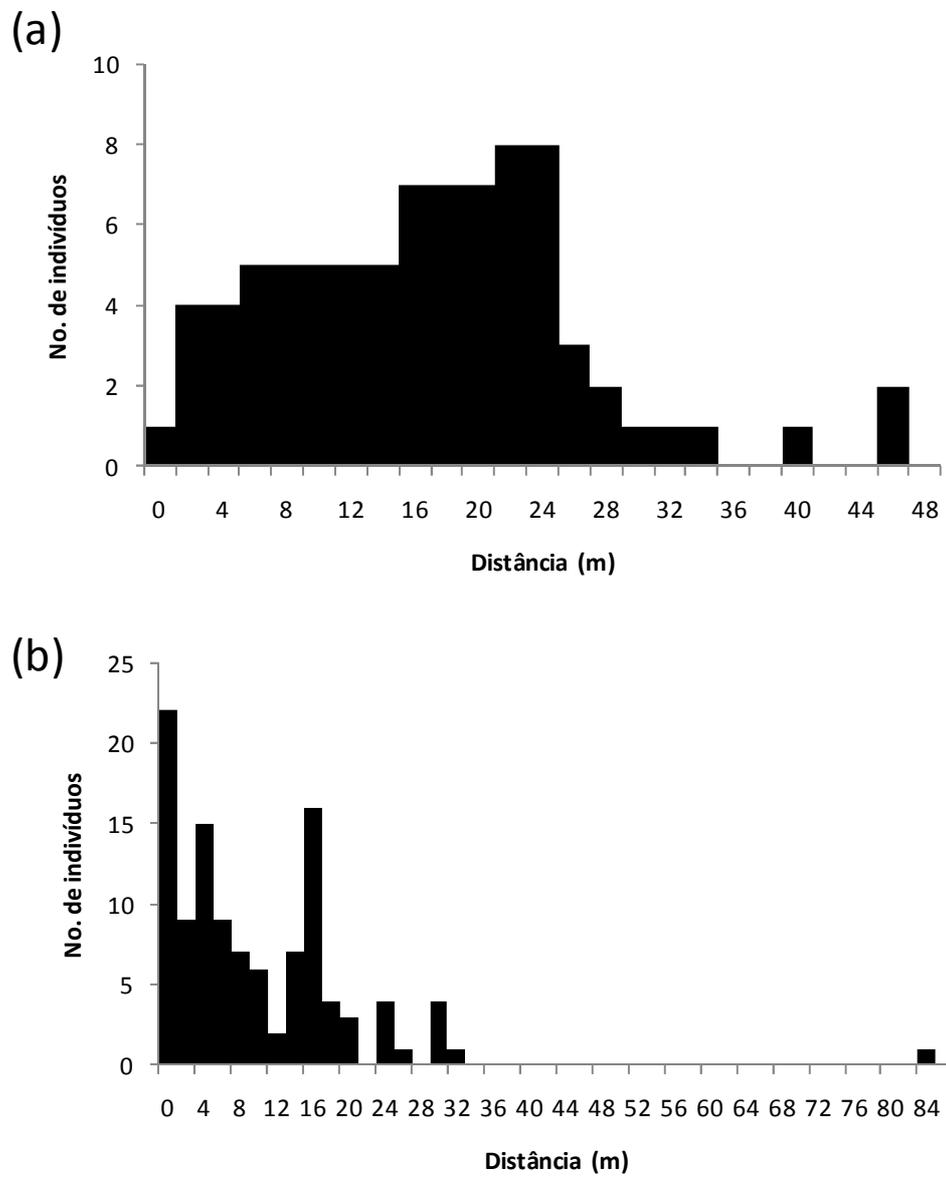


Figura 4

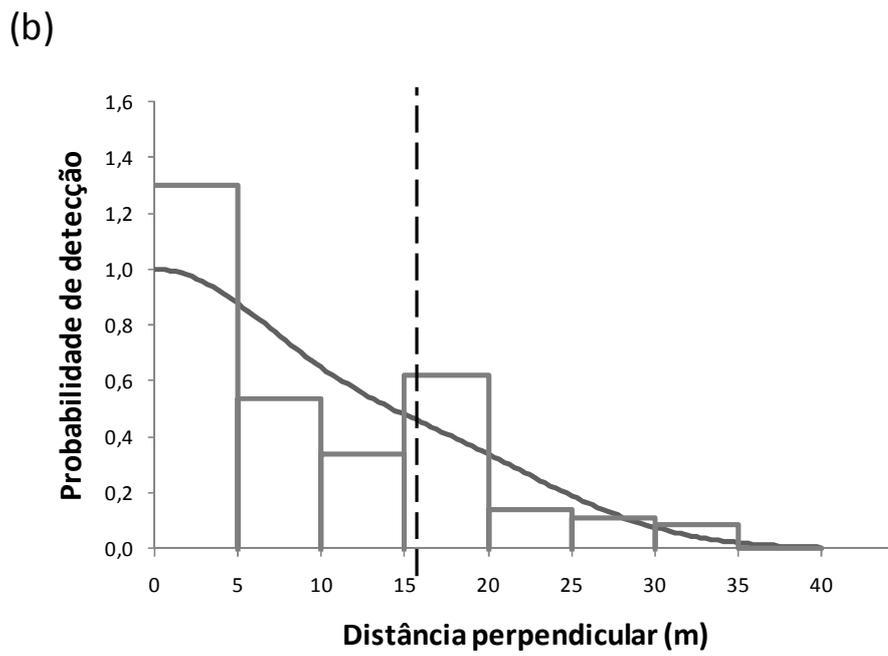
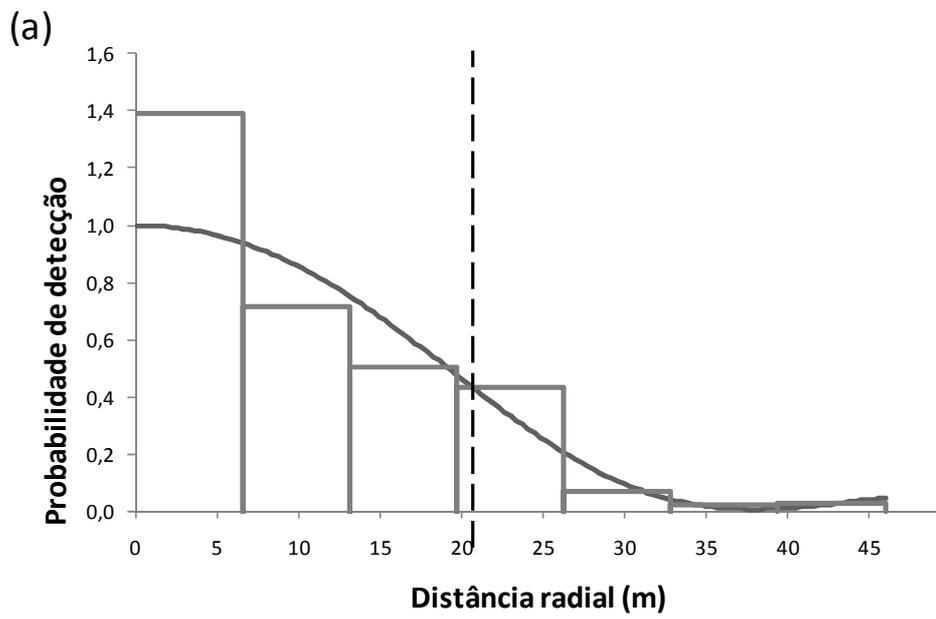


Figura 5

