

Uso de Levantamentos Aéreos para o Manejo de Populações Silvestres



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimárzzio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Dietrich Gerhard Quast

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral

Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena T. Luz Barbosa

Diretores-Executivos

Embrapa Pantanal

Emiko Kawakami de Resende

Chefe-Geral

José Anibal Comastri Filho

Chefe-Adjunto de Administração

Aiesca Oliveira Pellegrin

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

José Robson Bezerra Sereno

Gerente da Área de Comunicação e Negócios



ISSN 1517-1981
Março, 2004

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 61

Uso de Levantamentos Aéreos para o Manejo de Populações Silvestres

Guilherme de Miranda Mourão
Willam Ernest Magnusson

Corumbá, MS
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320-900, Corumbá, MS

Caixa Postal 109

Fone: (67) 233-2430

Fax: (67) 233-1011

Home page: www.cpap.embrapa.br

Email: sac@cpap.embrapa.br

Comitê de Publicações:

Presidente: *Aiesca Oliveira Pellegrin*

Secretário-Executivo: *Marco Aurélio Rotta*

Membros: *Balbina Maria Araújo Soriano*

Evaldo Luis Cardoso

José Robson Bezerra Sereno

Secretária: *Regina Célia Rachel dos Santos*

Supervisor editorial: *Marco Aurélio Rotta*

Revisora de texto: *Mirane Santos da Costa*

Normalização bibliográfica: *Romero de Amorim*

Tratamento de ilustrações: *Regina Célia R. dos Santos*

Foto da capa: *Ubiratan Piovezan*

Editoração eletrônica: *Regina Célia R. dos Santos e Élcio Lopes Sarath*

1ª edição

1ª impressão (2004): Formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Mourão, Guilherme de Miranda.

Uso de levantamentos aéreos para o manejo de populações silvestres /
Guilherme de Miranda Mourão, Willam Ernest Magnusson - Corumbá: Embrapa
Pantanal, 2004.

20 p.; 21 cm (Documentos / Embrapa Pantanal ISSN 1517-1973; 61).

1. Levantamento aéreo - Manejo - Animal silvestre. 2. Animal silvestre -
Levantamento aéreo - Manejo. 3. População - Animal silvestre - Manejo. I.
Magnusson, Willam Ernest. II. Embrapa Pantanal. III. Título. IV. Série.

CDD: 526.982 (21.ed.)

© Embrapa 2004

Autores

Guilherme de Miranda Mourão

Biólogo, Dr. em Ciências Biológicas,
Embrapa Pantanal
Rua 21 de setembro, 1880, Caixa Postal 109,
CEP 79.320-900, Corumbá, MS
Telefone (67) 233-2430
gui@cpap.embrapa.br

Willam Ernest Magnusson

Biólogo, PhD em Ecologia,
INPA
Dept. de Ecologia - INPA - CP 478
Manaus, AM, 69011-970
Telefone (92) 643-1834

Apresentação

Os levantamentos aéreos são métodos utilizados para obtenção de informações sobre abundância de espécies domésticas e/ou silvestres que possam ser facilmente visualizadas, ocupem habitats de vegetação aberta e topografia plana, tenham hábitos diurnos e reação favorável a presença de aeronaves. Como ferramentas de baixo custo, em relação aos benefícios esperados, os levantamentos aéreos realizados no Pantanal tem permitido estimar anualmente, taxas de aumento/diminuição de populações de jacarés, veados campeiros, capivaras, além de densidades populacionais de tuiuiús e cervos do Pantanal, de forma simultânea, bem como a distribuição dos desmatamentos e sua taxa de incremento.

Este documento disponibiliza a metodologia de censos aéreos à comunidade científica e acadêmica, de forma clara e concisa, envolvendo a coleta e análise dos dados para os propósitos de manejo de populações silvestres.

Emiko Kawakami de Resende
Chefe-Geral da Embrapa Pantanal

Sumário

Uso de Levantamento Aéreos para o Manejo de Populações Silvestres.....	9
Introdução	9
Propósitos de manejo de populações silvestres	9
Problemas de escala em manejo de populações silvestre	10
Limites de uma população.....	10
Escala de manejo	11
Aplicabilidade	12
Áreas factíveis de levantamentos aéreos no Brasil	12
Tipos de aparelhos usados	13
Levantamentos aéreos.....	14
Precisão e acurácia.....	16
Análise de dados	17
Estimativa simples	17
Estimativa ponderada	18
Estimativa com probabilidade proporcional ao tamanho	18
Algumas Considerações	19
Referências Bibliográficas	20

Uso de Levantamento Aéreo para o Manejo de Populações Silvestres

*Guillherme de Miranda Mourão
Willam Ernest Magnusson*

Introdução

O Brasil tem poucos recursos financeiros para aplicar em conservação e precisa se preocupar em usá-los de forma adequada. Entretanto, um dos métodos mais eficientes e baratos para se obter informações sobre grandes vertebrados em áreas extensas ainda é quase desconhecido pela comunidade de conservação no Brasil. Neste documento, mostramos que uma grande parte do Brasil, incluindo algumas das áreas mais alteradas pelo homem, é apropriada para levantamentos aéreos. Esperamos que as autoridades de manejo usem estas informações para dar início a levantamentos aéreos regulares em todos os ambientes de vegetação aberta do Brasil. Esses levantamentos permitirão uma real avaliação dos efeitos antrópicos sobre a fauna de grandes vertebrados em áreas abertas. Com essas informações, os governos e as organizações não-governamentais (ONGs) poderão direcionar seus escassos recursos para as áreas e espécies sujeitas a maior impacto e, mais importante, poderão antecipar os problemas antes que estes se tornem críticos e economicamente incorrigíveis.

Propósitos de manejo de populações silvestres

Chamamos manejo de população silvestre à intervenção na população-alvo, visando propósitos definidos. De fato, os propósitos de manejo de populações silvestres podem ser resumidos em quatro questões básicas (Caughley & Sinclair, 1994):

- 1) Tratamento de populações pequenas ou em declínio visando aumentar sua densidade e/ou área de distribuição.

- 2) Uso econômico sustentado da população.
- 3) Tratamento de populações com densidade ou taxa de crescimento inaceitavelmente alta, visando estabilizar ou reduzir sua densidade.
- 4) Monitoramento de populações e, apenas no caso de ser necessário, empregar o tratamento (1) ou (3) descrito acima.

No Brasil, os três primeiros tipos de problemas acima têm sido chamados "preservação", "uso sustentado" e "controle", respectivamente.

Levantamentos populacionais podem ajudar a definir com que tipo de problema estamos lidando em cada caso. Por exemplo, o levantamento pode ter revelado uma população reduzida, com uma distribuição geográfica restrita e numa área sujeita a modificação dos habitats. A espécie seria vulnerável e necessitaria de adoção de medidas preservacionistas. No outro extremo, o levantamento pode ter revelado uma população demasiado densa, talvez ao ponto de provocar a exaustão dos recursos, como no caso de pastoreio excessivo provocado por elefantes na Tanzânia (Barnes & Douglas-Hamilton, 1986) ou problemas de acidentes envolvendo *alligators* e humanos em alguns locais da Flórida (Hines & Woodward, 1980). Neste caso o controle da densidade populacional pode ser necessário.

Embora os levantamentos populacionais sejam uma poderosa ferramenta para a tomada de decisão, é importante notar que eles não são suficientes para definir o propósito de manejo adequado para cada caso. É uma decisão humana, se as populações silvestres devem ter muitos ou poucos indivíduos, e as forças que atuam na sociedade humana é que vão determinar o propósito de manejo dessas populações.

Problemas de escala em manejo de populações silvestres

Limites de uma população

Uma população é o conjunto de indivíduos que têm uma probabilidade muito mais alta de acasalarem entre si do que com os indivíduos de outra população (Pianka, 1982). As populações são entidades conceituais não tão bem definidas como sistemas biológicos mais simples, principalmente porque é mais difícil definir os limites de uma população do que os de uma célula ou indivíduo. Por exemplo, as populações de peixes de um lago podem ser bem definidas, enquanto que as populações de peixes de um açude conectado com um rio, nem tanto. Os habitats ocupados por populações silvestres são freqüentemente

complexos, distribuídos irregularmente ou em mosaicos e apresentando áreas de diferentes densidades populacionais, tornando difícil a tarefa de delimitação da população em estudo. Na prática, muitos pesquisadores têm resolvido esta questão limitando "artificialmente" suas populações de trabalho, baseados em limites de propriedades ou em limites políticos, como por exemplo: a população de capivaras da fazenda Nhumirim (Alho et al., 1987) ou a população de ocelotes da Venezuela (Sunquist et al., 1989). Entretanto, para fins de manejo, essa delimitação artificial pode criar problemas porque os animais silvestres não reconhecem as divisões políticas e podem transitar para fora e para dentro da área em estudo. O levantamento de apenas uma fração da área de distribuição de uma população pode levar a resultados enganosos, a menos que se considere imigração e emigração. De uma maneira geral é aconselhável que se estude a população na extensão de sua distribuição e, como diferentes populações se distribuem em áreas de diferentes tamanhos, surgem problemas de escala.

Escala de manejo

O manejo de populações é sujeito a duas escalas espaciais:

- a) o tamanho da área de distribuição da população; e
- b) o tamanho da menor unidade sobre a qual se dispõe de informação (grão ou *pixel*). Por exemplo, os problemas de manejo de uma população de micos-leões-dourados num fragmento de floresta de 50 km² (Kleiman et al., 1988) são claramente diferentes daqueles enfrentados no manejo de populações silvestres em áreas extensas como o Serengeti-Mara na África Oriental, com 36.500 km² (Talbot & Stewart, 1964); a porção brasileira do Pantanal Mato-grossense, com 140.000 km²; ou a zona pastoral no sul da Austrália (Caughley & Grigg, 1981), com mais de 240.000 km². No caso de áreas pequenas, os biólogos podem obter as informações necessárias para o manejo usando os métodos convencionais de levantamentos, contagens no nível do solo em quadrantes ou transectos, frequência de capturas, marcação e recaptura etc. Já no caso de áreas extensas (e frequentemente remotas), o uso de métodos convencionais é economicamente proibitivo, e o levantamento aéreo é o método viável para se obter informações sobre abundância e distribuição de grandes vertebrados (Caughley, 1977; Caughley & Grigg, 1981; Barnes et al., 1986). A escolha do tamanho do *Pixel* se relaciona com o nível de resolução requerido para o manejo e é função de características da população, dos habitats e de quanto dinheiro se dispõe para os levantamentos. O tamanho do *Pixel* determina a resolução dos mapas de distribuição eventualmente resultantes do levantamento. Em levantamentos aéreos, com transectos sistemáticos, o tamanho do *Pixel* é determinado pela distância entre os transectos e pelo intervalo de tempo em que se faz

as anotações. Pode ser de várias dezenas de km² e ainda ter resolução suficiente para propósitos de manejo (p. ex. ler Caughley & Grigg, 1981, com *Pixel* de 140 km²). Levantamentos aéreos são especialmente indicados para áreas extensas e em situações onde conhecer os padrões gerais é importante do que conhecer especificidades locais.

Aplicabilidade

Levantamentos aéreos têm sido usados para obter informações sobre abundância e/ou distribuição de grandes vertebrados terrestres, incluindo aves (Caughley & Grice, 1982), crocodilianos e/ou seus ninhos (Magnusson et al., 1978; Bayliss et al., 1986), e mamíferos terrestres (Talbot & Stewart, 1964) e aquáticos (Kochman et al., 1985; Freeland & Bayliss, 1989). As espécies-alvo devem ser conspícuas, ou seja, de animais grandes, com forma e cores destacadas, hábitos diurnos e que ocupem habitats de vegetação aberta, no caso de terrestres, ou de águas claras, para animais marinhos que freqüentam a superfície. O comportamento e reação dos animais à presença da aeronave também é importante. Por exemplo, elefantes não são um modelo de visibilidade, a despeito de seu tamanho, porque não formam boa imagem de procura (Caughley, com. pess.), e a validade do uso de contagens aéreas de rinocerontes tem sido contestada, em parte devido ao comportamento críptico dos animais em reação à presença da aeronave (Goddard, 1979).

Áreas factíveis de levantamentos aéreos no Brasil

Levantamentos aéreos são recomendados para habitats abertos e uma topografia plana facilita a navegação (Cairns et al. 1991) embora algum esforço tenha sido feito desenvolver metodologias apropriadas para regiões montanhosas (Siniff & Skoog, 1964). No Brasil, em toda a área de vegetação campestre e/ou savânica com topografia plana, existe potencial para a utilização da técnica. Entretanto, algumas áreas do território nacional são especialmente promissoras: (1) várzeas do rio Oiapoque no noroeste do Amapá, e (2) faixa litorânea do Amapá, adequadas para levantamentos de aves (Antas, com. pess.) e possivelmente grandes mamíferos terrestres; (3) várzea amazônica, adequada para levantamentos de jacaretinga (Magnusson & Mourão, 1997); (4) porção leste da ilha de Marajó, adequada para levantamento de aves e mamíferos, especialmente capivaras; (5) zona litorânea e costeira, adequada para aves marinhas e cetáceos, especialmente na costa do Nordeste, em áreas de águas cristalinas, incluindo o arquipélago de Abrolhos e Fernando de Noronha; (6) os cerrados do Brasil Central; (7) Parque Nacional do Xingu; (8) ilha do Bananal; (9) várzea do rio Guaporé e (10) Pantanal Mato-

grossense, adequados para levantamentos de diversos grandes vertebrados, incluindo cervo-do-pantanal, veado-campeiro, capivara, jacaré, ema e diversas aves aquáticas, entre outros; (11) várzeas do rio Paraná para aves aquáticas, capivaras e populações residuais de cervos; (12) lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, para aves aquáticas (Burger, com. pess.).

A experiência de outros países. Levantamentos aéreos são usados em vários países desde os anos 50 (Edwards, 1954). Na África, vêm sendo usados para o monitoramento de longo prazo nas mudanças populacionais de grandes mamíferos (Sinclair, 1972). Cangurus têm sido monitorados anualmente na Austrália. Os levantamentos são feitos sempre ao final do inverno, seguindo-se uma metodologia padronizada, para facilitar a comparação dos resultados ao longo dos anos de estudo (Cairns et al., 1991). As informações obtidas com esses levantamentos têm sido usadas para esclarecer aspectos do aproveitamento sustentado de populações de cangurus (Sinclair, 1977).

Tipos de aparelhos usados

Diferentes tipos de aeronaves têm sido usados em levantamentos aéreos, incluindo pequenos aviões de asa alta, helicópteros e até ultra-leves. Cada tipo de aeronave tem características próprias, de modo que a escolha da mesma deverá ser feita em função das exigências de cada estudo. Pequenos monomotores tem sido o tipo de aeronave mais utilizado para áreas extensas, talvez por serem mais econômicos e seguros do que helicópteros. No Brasil, o preço da hora de voo fretado em um CESSNA-182, em regiões afastadas dos grandes centros, como o Pantanal tem oscilado entre US\$ 150 a US\$ 300, conforme a cotação do dólar e outros mistérios da economia. Já o preço da hora/voo em helicópteros não sai por menos de US\$ 1.000. Helicópteros podem voar vagarosamente, e têm maior flexibilidade nas manobras, podendo ser indicados quando as contagens precisam ser altamente acuradas.

Aeronaves da classe ultraleve têm sido usadas para levantamentos de aves aquáticas em estudos de pequena e média escala no Rio Grande do Sul (Burger, com. pess.) e no Pantanal, para monitoramento de ninhos de jacarés desde 1989, numa área de cerca de 60 km² (Campos, 1991, Coutinho & Campos 1996).

Fotografias aéreas de baixa altitude, tanto verticais quanto oblíquas, têm sido usadas numa série de estudos (Grzimek & Grzimek, 1960; Gilmer et al., 1988) e são especialmente apropriadas quando a espécie-alvo se distribui em grandes e densos agrupamentos, como acontece com muitas espécies de aves aquáticas. Fotografias aéreas podem ser usadas para a contagem de toda a amostra, ou em subamostras, para corrigir a acurácia das contagens diretas (Bayliss & Yeomans, 1990), embora tendam a apresentar erros de visibilidade

(Pollock & Kendall, 1987). Em alguns casos pode haver áreas com concentrações de aves na ordem de milhões de indivíduos e nestes casos, a consorciação de fotografias aéreas verticais com digitalizadores ópticos tem sido empregada (Gilmer et al., 1988).

Videografia também vem sendo empregada e, com o rápido aperfeiçoamento da tecnologia e diminuição dos preços do equipamento, tende a ser cada vez mais utilizada. Entretanto, Johnson et al. (1991) sugerem que *videotapes* podem ser menos acurados do que observadores, principalmente em terreno irregular. Tanto fotografia aérea quanto videografia têm sido usadas para levantamentos de habitats (Fenwood & Webb, 1981; Sidle & Ziewitz, 1990), e especialmente a última tende a se tornar uma alternativa barata e acessível para sensoriamento remoto (Sidle & Ziewitz, 1990).

Levantamentos aéreos

Levantamentos aéreos de animais silvestres são contagens feitas a partir de aeronaves em vôos de baixa altitude (geralmente de 50 a 200 m acima do solo). O(s) observador(es) vasculha(m) a área de contagem, em geral definida por marcas visuais (régua ou cordas) fixadas paralelamente à fuselagem da aeronave (Fig. 1) e anotam, ou gravam em fitas cassetes, o número de animais observados.

Há dois tipos de fatores que influenciam na visibilidade dos animais: a) fatores controlados diretamente pelos observadores, como velocidade e altura do vôo, largura da faixa de contagem, e horário do levantamento; e b) fatores não controlados diretamente, como condições climáticas (cobertura de nuvens, temperatura, vento etc.), característica do animal, como imagem de procura e comportamento, características do ambiente, como cobertura vegetal, hidrografia e topografia, e experiência e fadiga do observador.

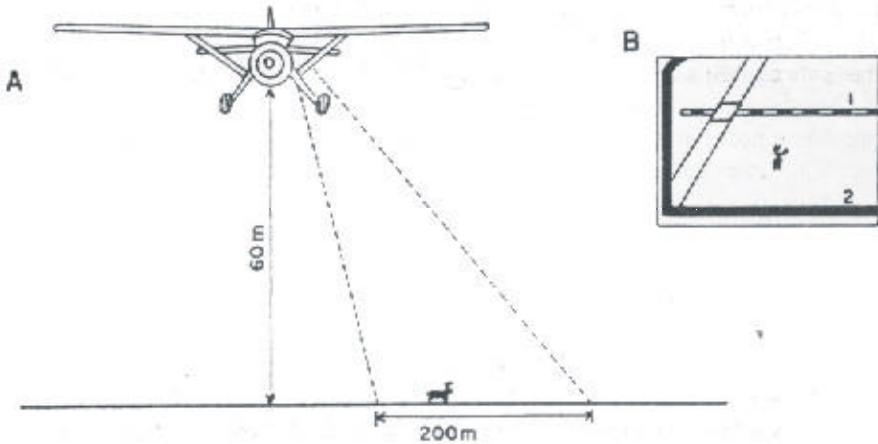


Fig. 1. (A) Ilustração de como são feitas as contagens, em altura de voo e largura da faixa de contagem padronizadas. (B) Uma régua fixada (1) ao mastro de sustentação da asa delinea até a borda da janela do avião (2) a faixa de contagem, que pode ser calibrada usando-se alvos de largura conhecida no solo.

Na fase de planejamento, a primeira decisão a tomar é se a amostragem será feita seguindo-se "quadrantes" ou "transectos", os dois sistemas que têm sido mais empregados nesses estudos. No sistema de quadrantes, a área amostral pode ser percorrida inúmeras vezes, variando-se a velocidade e a altura do voo quando necessário, e assim uma proporção maior dos animais presentes pode ser detectada. No sistema de transectos a área amostral é percorrida uma única vez com velocidade e altura padronizada, e os observadores admitem que apenas uma fração da população pode ser detectada. Caugley (1977) discute as vantagens e desvantagens de cada sistema e indica que a maior eficiência das contagens no sistema de quadrantes é uma vantagem ilusória. Caugley indica que a probabilidade de se obter uma contagem de 100% dos animais presentes numa área é remota, mesmo usando-se o sistema de quadrantes e em condições ideais de visibilidade. Assim, o sistema de transectos é o mais apropriado para a maioria dos casos, porque facilita o emprego de fatores de correção que aumentam a acurácia das contagens e, nos casos em que não é necessário se obter estimativas do tamanho absoluto das populações, propicia índices padronizados. Uma vantagem adicional do sistema de transectos é que, quando eles são distribuídos sistematicamente, propicia a fácil elaboração de mapas de distribuição. O sistema de quadrantes é recomendado para áreas onde não é possível aeronavegação em transectos, como nos regiões montanhosas, ou ainda quando se está trabalhando com alvos estáticos,

factíveis de serem plotados em mapas ou aerofotografias, como ninhos, pousos ou ninhais de aves. Neste último caso, a utilização do método de mapeamento com dois observadores descrito em Magnusson et al. (1978) propiciará maior acurácia.

Precisão e acurácia

Chamamos de precisão à repetibilidade das mensurações, e de acurácia a quanto as mensurações diferem do valor real daquilo que foi mensurado. Levantamentos aéreos são grosseiros como método de recenseamento (contagem total) principalmente devido a erros sistemáticos de visibilidade, associados às condições em que são feitas as contagens, como altura de voo e velocidade da aeronave, largura da faixa de contagem, condições climáticas e características da espécie-alvo e do habitat. Em outras palavras: levantamentos aéreos não são acurados.

Se for essencial para os requerimentos do manejo conhecer o tamanho absoluto da população, então teremos que nos preocupar em desenvolver fatores de correção para aumentar a acurácia das contagens aéreas. Várias abordagens têm sido usadas neste sentido, incluindo comparações com contagens no solo (Edwards, 1954), uso de uma subpopulação de animais marcados (Bear et al., 1989), mapeamento com dois observadores (Magnusson et al., 1978), contagem dupla (Caughley & Grice, 1982, Bayliss & Yeomans 1989), amostragem com transectos de linha (Johnson *et al.* 1991) e múltiplas contagens da mesma área em condições de diferentes alturas e velocidades (Caughley et al., 1976). Cada um desses métodos é baseado em modelos com premissas próprias, e o melhor método será definido em função das características de cada população, das circunstâncias de cada caso (Pollock & Kendall, 1987) e do volume de recursos financeiros disponíveis. Entretanto, é importante ressaltar que se desejarmos aumentar a acurácia de nosso levantamento, todo o delineamento experimental deverá ser feito levando isto em conta. Alternativamente podemos admitir que a contagem não é total, mas poderá ser usada como um índice do tamanho populacional. Esta abordagem é especialmente adequada quando desejamos monitorar mudanças de longo no tamanho populacional. Neste caso, estaremos mais preocupados com a precisão do que com a acurácia das contagens. A precisão das estimativas pode ser aumentada seguindo-se uma metodologia rigorosamente padronizada, a fim de manter os erros sistemáticos constantes, permitindo uma estimativa acurada da taxa de aumento ou diminuição da população (r). São exemplos dessa abordagem os trabalhos de Sinclair (1972) e Cairns *et al.* (1991).

Análise dos dados

O método de análise apropriado para cada caso é função da variação de tamanho das unidades amostrais, se foram feitas com ou sem reposição e se foram selecionadas por probabilidade. As equações dadas a seguir são recomendadas por Caughey (com. pess.) e podem ser, em grande parte, encontradas em Caughley (1979).

Notação:

y = número de animais em uma dada unidade amostral

a = área de uma dada unidade amostral

A = área total da região do levantamento

n = número de unidades amostradas

D ou d = densidade média estimada

$SE(D)$ = erro-padrão da densidade média estimada

Y = número total estimado para a região de tamanho A

$SE(Y)$ = erro-padrão do número total estimado

Estimativa simples

Este método é adequado quando as unidades amostrais são do mesmo tamanho. A densidade e o número serão estimados respectivamente por:

$$D = \frac{\sum y}{\sum a}$$

e

$$Y = A * D$$

que apresentam um erro-padrão da estimativa, quando a amostragem é feita com reposição de:

$$SE(D)_1 = \frac{1}{a} * \left[\frac{\sum y^2 - (\sum a)^2}{n} \right]^{1/2} / n(n-1)$$

e

$$SE(Y) = A * SE(D)_1$$

Quando a amostragem é sem reposição, então:

$$SE(D)_2 = SE(D)_1 * [1 - (\Sigma a) / A]^{1/2}$$

e

$$SE(Y) = SE(D)_2$$

Estimativa ponderada

É usada quando as unidades amostrais têm diferentes tamanhos, como no caso de transectos ao longo de uma área de forma irregular. Os estimadores de densidade e abundância continuam sendo, respectivamente, as duas primeiras equações apresentadas, mas os estimadores do erro-padrão devem ser ajustados:

$$SE(D)_3 = n / \Sigma a * [1 / n (n-1) * (\Sigma y^2 + D^2 \Sigma a^2 - 2D \Sigma ay)]^{1/2}$$

e

$$SE(Y) = A * SE(D)_3$$

e quando a amostra é sem reposição:

$$SE(D)_4 = SE(D)_3 * [1 - (\Sigma a) / A]^{1/2}$$

e

$$SE(Y) = A * SE(D)_4$$

Estimativa com probabilidade proporcional ao tamanho

É usada quando as potenciais unidades amostrais (transectos ou quadrantes) tiverem uma probabilidade de serem sorteadas proporcional ao seu tamanho. Neste caso, quando a amostragem se der com reposição, os estimadores da densidade e abundância serão, respectivamente,

$$d = 1 / n * \Sigma (y / a)$$

e

$$Y = A * d$$

com erro-padrão da estimativa dado por:

$$SE(d) = \left[\frac{\sum(y/a)^2 - [\sum(y/a)]^2 / n}{n-1} \right]^{1/2}$$

e

$$SE(Y) = A * SE(d)$$

Algumas Considerações

Levantamentos aéreos são adequados para fornecer informações necessárias ao manejo e conservação da fauna silvestre em inúmeras áreas do País. Áreas extensas podem ser monitoradas a baixo custo. Os benefícios esperados são informações sobre muitas espécies importantes do ponto de vista da conservação ou com potencial econômico. Por exemplo, a Embrapa Pantanal, com a ajuda do Fundo Mundial para a Natureza (WWF/ USA), do Instituto de Preservação Ambiental Conservação Internacional no Brasil (CI-Brasil) e CNPq/PELD, tem avaliado a eficiência uso de levantamentos aéreos no Pantanal. Pelo custo aproximado de US\$ 20.000/ano, é possível estimar as densidades populacionais absolutas de cervos-do-pantanal em todo o Pantanal. Usando os mesmos vôos é possível estimar as taxas de aumento/diminuição das populações de jacarés, veados-campeiros, capivaras.

Os dados obtidos com levantamentos aéreos podem ser usados diretamente para o manejo de populações silvestres, porque eles podem cobrir toda a área de distribuição das populações manejadas. O mesmo não acontece com estudos intensivos locais. Por exemplo, enquanto dois levantamentos aéreos podem indicar que a população de cervo-do-pantanal está aumentando, o estudo intensivo em algumas fazendas só pode que está acontecendo na área dessas fazendas. Um ano com uma enchente especialmente intensa pode resultar em um aumento da população de todo o Pantanal, mesmo que as populações das fazendas localizadas em áreas mais baixas diminuam, devido à emigração para áreas contíguas. Schaller e Vasconcelos (1978) reportam migrações de até 40km para a espécie.

O Brasil dispõe de poucos recursos financeiros para a conservação. Eles precisam ser usados da forma mais eficaz. Não há mais como justificar que se estude detalhadamente a biologia de uma espécie nos lugares onde ela ainda é freqüente, enquanto a mesma está se extinguindo na maior parte de sua área de distribuição. Também não se justifica desperdício os recursos destinados à preservação em estudos de espécies com populações vigorosas, apenas porque prevalece a crença de que esta espécie está ameaçada e/ou em extinção. O ponto de partida de estudos para a conservação deve sempre ser o levantamento do *status* da população. Levantamentos aéreos, quando factíveis, são o meio mais eficiente de obter esta informação.

Referências Bibliográficas

ALHO, J. R.; CAMPOS, Z.; GONÇALVES, H. Ecologia da capivara *Hydrochaeris hydrochaeris* (Rodentia) do Pantanal: atividade, sazonalidade, uso do espaço e Manejo. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v.47, n.1/2, p.99- 110, 1987.

BARNES, F. W.; DOUGLAS-HAMILTON, I. The numbers and distribution patterns of large mammals in the Ruaha-Rungwa area of Southern Tanzania. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, v.19, p.411-425, 1986.

BAYLISS, P.; WEBB, G. J. W.; WHITEHEAD, P. J.; DEMPSEY, K.; SMITH, A. Estimating the abundance of saltwater crocodiles, *Crocodylus porosus* Schneider, in tidal wetlands of the Northern Territory: a mark-recapture experiment to correct spotlight counts to absolute numbers, and the calibration of helicopter and spotlight counts. *Australian Wildlife Research*, Victoria, v.13, p.309-320, 1986.

BAYLISS, P.; YEOMANS, K. M. Correcting bias in aerial survey population estimates of feral livestock in Northern Australia using the double-count technique. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, v.26, p.925-93, 1989.

BAYLISS, P.; YEOMANS, K. M. Use of aerial photography to correct bias in aerial survey estimates of magpie goose and whistling duck density in the Northern Territory. *Australian Wildlife Research*, Victoria, v.17, p.1-10, 1990.

BEAR, D. G.; WHITE, C. G.; CARPENTER, L. H.; GILL, R. B.; ESSEX, D. I. Evaluation of aerial mark-resighting estimates of elk populations. *Journal of Wildlife Management*, Washington, v.53, n.4, p.908-915, 1989.

- CAIRNS, S. C.; POPLER, A. R.; GRIGG, G. C. Density and habitat associations of red kangaroos, *Macropus rufus*, and western grey kangaroos, *M. fuliginosus*, in the South Australian pastoral zone. *Australian Wildlife Research*, Victoria, v.18, p.377-402, 1991.
- CAMPOS, Z. M. da S. *Fecundidade das fêmeas, sobrevivência dos ovos e razão sexual de filhotes recém-eclodidos de Caiman crocodilus yacare (Crocodilia: Alligatoridae) no Pantanal, Brasil*. 1991. 61p. Dissertação (Mestrado) - INPA, FUA, Manaus.
- CAUGHLEY, G. *Analysis of Vertebrate Populations*. Londres: J. Wiley e Sons, Londres, 1977.
- CAUGHLEY, G. Sampling techniques for aerial censuses. In *AERIAL surveys of fauna populations*. Canberra: Australian National Parks and Wildlife Service, 1979. p.15-23
- CAUGHLEY, G.; GRIGG, G. C. Surveys of the distribution and density of kangaroos in the pastoral zone of South Australia, and their bearing on the feasibility of aerial survey in large and remote areas. *Australian Wildlife Research*, Victoria, v.8, p.1-11, 1981.
- CAUGHLEY, G.; GRICE, D. A correction factor for counting emus from the air, and its application to counts in Western Australia. *Australian Wildlife Research*, Victoria, v.9, p.252-259, 1982.
- CAUGHLEY, G.; SINCLAIR, A. R. E. *Wildlife Ecology and Management*. Blackwell Scientific Publications, Cambridge, 1994.
- CAUGHLEY, G.; SINCLAIR, R.; SCOTT-KEMMIS, D. Experiments in aerial survey. *Journal of Wildlife Management*, Washington, v.40, n.2, p.290-300, 1976.
- COUTINHO, M. E.; CAMPOS, Z. Effect of habitat and seasonality on the densities of caiman in Southern Pantanal, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, New York, v.75, p.741-747, 1996.
- EDWARDS, R. Y. Comparison of an aerial and ground census of moose. *Journal of Wildlife Management*, Washington, v.18, n.3, p.403-404, 1954.
- FENWOOD, I. D.; WEBB, L. O. An aerial photo inventory of woodcock habitat in West Virginia. *Wildlife Society Bulletin*, St. Lawrence, v.9, p.306-307, 1981.
- FREELAND, W. J.; BAYLISS, P. The irrawaddy river dolphin (*Orcaella brevirostris*) in coastal waters of the Northern Territory, Australia: distribution, abundance and seasonal changes. *Mammalia*, Paris, v.53, n.1, p.49-58, 1989.

GILMER, D. S.; BRASS, J. A.; STRONG, L.; CARD, D. H. Goose counts from aerial photographs using an optical digitizer. *Wildlife Society Bulletin*, St. Lawrence, v.16, p.204-206, 1988.

GODDARD, J. The validity of censusing black rhinoceros populations from the air. *East. African Wildlife Journal*, v.5, p.18-23, 1979.

GRIRZIMEK, M.; GRZIMEK, B. Flamingoes censused in east Africa by aerial photography. *Journal of Wildlife Management*, Washington, v.24, p.215-217, 1960.

HINES, T. C.; WOODWARD, A. R. Nuisance alligator control in Florida. *Wildlife Society Bulletin*, St. Lawrence, v.8, p.234-241, 1980.

JOHNSON, B. K.; LINDZEY, F. G.; GUENZEL, R. J. Use of aerial line transect surveys to estimate pronghorn populations in Wyoming. *Wildlife Society Bulletin*, St. Lawrence, v.19, p.315-321, 1991.

KLEIMAN, D. G.; HOAGE, R. T.; GREEN, K. M. The lion tamarins, *genus Leontopithecus*. In: MITTERMEIER, R. A.; RYLANDS, A. B.; COIMBRA FILHO, A. F.; FONSECA, G. A. B. (Ed.). *Ecology and behavior of neotropical primates*. Contagem: Littera Maciel Uda, 1988. p.299-347.

KOCHMAN, H. I.; RATHBUN, G. B.; POWELL, I. A. Temporal and spatial distribution of manatees in Kings Bay, Crystal River, Florida. *Journal of Wildlife Management*, Washington, v.49, n.4, p.921-924, 1985.

MAGNUSSON, W. E.; CAUGHLEY, G. J.; GRIGG, G. C. A double-survey estimate of population size from incomplete counts. *Journal of Wildlife Management*, Washington, v.42, p.174-176, 1978.

MAGNUSSON, W. E. & MOURÃO, G. Manejo extensivo de jacarés no Brasil. In: C. Valladares-Pádua e R. E. Bodmer (eds.). *Manejo e Conservação de Vida Silvestre no Brasil Tropical*. MCT-CNPq/Sociedade Civil Mimirauá, Brasília, D.F., pp. 214-221, 1997.

PIANKA, E. C. *Ecología evolutiva*. Barcelona: Omega, 1982.

POLLOCK, K.; KENDALL, W. Visibility bias in aerial surveys: a review of estimation procedures. *Journal of Wildlife Management*, Washington, v.51, n.2, p.502-509, 1987.

SCHALLER, G. B.; VASCONCELOS, J. M. A marsh deer census in Brazil. *Oryx*, Oxford, v.14, p.345-351, 1978.

SIDLE, J. G.; ZIEWITZ, J. W. Use of aerial videography in wildlife habitat studies. *Wildlife Society Bulletin*, St. Lawrence, v.18, p.56-62, 1990.

SINCLAIR, A. R. E. Long term monitoring of mammal populations in The Serengeti: census f non-migratory ungulates, 1971. *East. African Wildlife Journal*, v.10, p.287-297. 1972.

SINCLAIR, R. G. Harvesting kangaroos in New South Wales. *Australian Wildlife Research*, Victoria, v.4, p.207-218, 1977.

SINIFF, D. B.; SKOOG, D. O. Aerial censusing of caribou using stratified random sampling. *Journal of Wildlife Management*, Washington, v.28, n.2, p.391-401, 1964.

SUNQUIST, M. E.; SUNQUISI, F.; DANECKE, D. E. Ecological separation in a Venezuelan llanos camivore community. In: REDFORD, K. H.; EISENBERG, F. (Ed.). *Advances in Neotropical Mammalogy*. Gainesville: Sandhill Crane Press, 1989. p.197-232.

TALBOT, L. M.; STEWART, D. R. M. First wildlife census of the entire Serengeti-Mara region, East Africa. *Journal of Wildlife Management*, Washington, v.28, n.4, p.815-827, 1964.



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

Rua 21 de setembro, 1880 - Caixa Postal 109

CEP 79320-900 Corumbá-MS

Telefone: (67)233-2430 Fax (67) 233-1011

<http://www.cpap.embrapa.br>

email: sac@cpap.embrapa.br

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**