



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Biológicas

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**INCUBAÇÃO ARTIFICIAL, SUBSTITUIÇÃO DE OVOS E PAIS  
ADOTIVOS DE *ELAENIA CHIRIQUENSIS* (TYRANNIDAE):  
FERRAMENTAS METODOLÓGICAS PARA O MANEJO E  
CONSERVAÇÃO DE AVES**

**YONARA PATRÍCIA PRADO LÔBO**



Brasília – DF

2011

Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Biológicas

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**Incubação artificial, substituição de ovos e pais adotivos de *Elaenia chiriquensis* (Tyrannidae): ferramentas metodológicas para o manejo e conservação de Aves**

**YONARA PATRÍCIA PRADO LÔBO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

**Orientador:** Miguel Ângelo Marini, Ph. D.

Brasília – DF

2011

Universidade de Brasília  
Instituto de Ciências Biológicas  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Dissertação de Mestrado

**Incubação artificial, substituição de ovos e pais  
adotivos de *Elaenia chiriquensis* (Tyrannidae):  
ferramentas metodológicas para o manejo e  
conservação de Aves**

**YONARA PATRÍCIA PRADO LÔBO**

**Banca Examinadora:**

---

**Prof. Dr. Miguel Ângelo Marini**

Orientador – UnB

---

**Dra. Carla Suertegaray Fontana**

Membro Titular – PUCRS

---

**Prof. Dr. Ricardo Bomfim Machado**

Membro Titular – UnB

---

**Prof. Dr. Jader Marinho-Filho**

Membro Suplente – UnB

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por iluminar meus caminhos e me dar paciência e equilíbrio durante a realização desse trabalho.

Agradeço e dedico esse trabalho especialmente a minha família. Agradeço o apoio incondicional e incentivo durante este período. Obrigada aos meus pais, Lôbo e Marina, pelo carinho e confiança que sempre depositaram em mim. As minhas irmãs, Yara e Yoná, pelo apoio, motivação e por compreenderem minha ausência nos vários bons momentos que deixamos de compartilhar juntas. Obrigada família, sem vocês este trabalho não seria possível!

Agradeço em especial ao meu orientador e amigo, Prof. Miguel Â. Marini, pela confiança depositada em mim, pelo auxílio durante as várias fases deste trabalho, bem como pela compreensão, conselhos e incentivo durante os momentos de dúvida ou insegurança. Esse seu jeito amigo, companheiro, atencioso e “pai” de orientação fizeram com que as dificuldades que apareceram no desenvolver de nosso trabalho fossem superadas de uma forma mais simples e motivadora. Obrigada por ter me proporcionado tanto conhecimento, por fazer parte desse momento importante da minha vida e, principalmente, por sua amizade durante todos esses anos.

A minha amiga, irmã e companheira de laboratório, Mariana Silveira. Obrigada amiga pelo apoio, companheirismo e por sua amizade. Você me ajudou muito na realização desse trabalho, não é à toa que te chamo de minha “co-orientadora” né! Realizar esse trabalho em sua companhia ficou muito mais fácil. Obrigada pelos momentos valiosos! Sou grata também pela sua família por me abrigar durante parte das atividades desenvolvidas neste trabalho. Tio Clayton, tia Edilene e irmã torta Luciana, muito obrigada pelo apoio e carinho de vocês!

Aos meus colegas de laboratório e em especial aos amigos Daniel Gressler “o mala” e André Guaraldo pelo companheirismo, por todo conhecimento compartilhado, pelas ajudas em campo, por me ajudarem muito na elaboração deste trabalho e por todos os momentos de boas risadas! Sou grata também à Priscila Costa pelo companheirismo e troca de experiências. Obrigada Pri pelos materiais e informações que foram essenciais para a realização deste trabalho!

Aos meus amigos que sempre me apoiaram e incentivaram nesta minha caminhada. Sou grata a todos por compartilharem comigo este momento e me proporcionarem preciosos momentos de diversão. Obrigada em especial a Clarissa e a Lívia por me acompanharem em um dia de campo. Espero que tenham gostado! Agradeço a todos pela paciência e por compreenderem os meus momentos de “sonolência” durante o período de campo! Obrigada amigos!

Aos professores Carla Suertegaray Fontana, Ricardo Bomfim Machado e Jader Marinho-Filho por terem aceitado o convite para a participação na banca examinadora.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia pelo apoio logístico e pela ajuda na resolução de problemas burocráticos.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Decanato de Pesquisa e Pós Graduação (DPP/UnB) pelo apoio a ida ao 25º Congresso Internacional de Ornitologia (Campos do Jordão, SP).

Ao IBAMA pela licença concedida para as manipulações das ninhadas.

À administração da Estação Ecológica de Águas Emendadas (SEMARH/ DF) pela permissão para a realização de nossos estudos na reserva.

À todos, amigos, colegas ou familiares, que de alguma forma ou em algum momento me apoiaram nessa caminhada... Muito obrigada!

## ÍNDICE

<b>Resumo</b> .....	1
<b>Abstract</b> .....	3
<b>Introdução</b> .....	5
<b>Métodos</b> .....	11
<i>Área de estudo</i> .....	11
<i>Espécie estudada</i> .....	11
<i>Procura de ninhos</i> .....	13
<i>Desenho experimental</i> .....	13
<i>Monitoração de ninhos</i> .....	18
<i>Considerações sobre o manejo</i> .....	19
<i>Análises estatísticas</i> .....	25
<b>Resultados</b> .....	29
<i>Efeito da incubação em cativeiro</i> .....	29
<i>Efeito da frequência de visitação</i> .....	34
<i>Considerações sobre o manejo</i> .....	40
<b>Discussão</b> .....	43
<i>Eficiência da manipulação</i> .....	43
<i>Efeito da quantidade de manejo utilizada</i> .....	47
<i>Efeito da frequência de visitação</i> .....	49
<i>Considerações sobre o manejo</i> .....	50
<b>Conclusão</b> .....	56
<b>Referências</b> .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Imagem de satélite da Estação Ecológica de Águas Emendadas e da sua localização no Distrito Federal, com o local de estudo em destaque. (Fonte: Google Earth). .....12
- Figura 2. Espécie estudada, *Elaenia chiriquensis* (Tyrannidae) (Foto: Yonara Lobo). . 13
- Figura 3. (a) ninho com ovos naturais; (b) ninho experimental com ovos artificiais (Fotos: Yonara Lobo). .....15
- Figura 4. Folha verde colocada entre os ovos artificiais após a substituição dos ovos naturais. ....16
- Figura 5. Ninhego devolvido ao ninho juntamente com sua casca. Ovo artificial no ninho. ....18
- Figura 6. Cronograma representando a quantidade de dias corridos e de campo necessários para a realização da metodologia sem a reposição dos ovos artificiais baseado nas premissas estabelecidas. ....23
- Figura 7. Cronograma representando a quantidade de dias corridos e de campo necessários para a realização da metodologia com a reposição dos ovos artificiais e sem a utilização de mães adotivas baseado nas premissas estabelecidas. ....24
- Figura 8. Cronograma representando a quantidade de dias corridos e de campo necessários para a realização da metodologia com a reposição dos ovos artificiais e com a utilização de mães adotivas baseado nas premissas estabelecidas. ....26
- Figura 9. Taxa média de eclosão dos ovos  $\pm$  EP (nº de filhotes eclodidos /nº de ovos da ninhada) de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (ovos incubados na natureza) e manipulada (ovos incubados artificialmente) nos dois anos de estudo. O tamanho

amostral para cada ano e ninhada (controle I e manipulada, respectivamente) foi: 2009, n = 18 e 20; 2010, n = 31 e 30; 2009 e 2010, n = 49 e 50. ....31

Figura 10. Taxa de sobrevivência diária (TSD  $\pm$  EP) durante a fase de ninhego de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (ovos incubados na natureza) e manipulada (ovos incubados artificialmente) sem e com a utilização de pais adotivos nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada [controle I, manipulada (sem pais adotivos) e manipulada (com pais adotivos), respectivamente] foi: 2009, n = 18, 19 e 21; 2010, n = 14, 15 e 31. ....32

Figura 11. Taxa de produção de filhotes (nº de filhotes que voaram/nº total de ninhos) de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (ovos incubados na natureza) e manipulada (ovos incubados artificialmente) sem e com a utilização de pais adotivos nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada [controle I, manipulada (sem pais adotivos) e manipulada (com pais adotivos), respectivamente] foi: 2009, n = 18, 20 e 20; 2010, n = 31, 30 e 30; 2009 e 2010, n = 49, 50 e 50. ....33

Figura 12. Sucesso aparente dos ninhos (nº de ninhos bem sucedidos/nº total de ninhos) de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (ovos incubados na natureza) e manipulada (ovos incubados artificialmente) sem e com a utilização de pais adotivos nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada [controle I, manipulada (sem pais adotivos) e manipulada (com pais adotivos), respectivamente] foi: 2009, n = 18, 20 e 20; 2010, n = 31, 30 e 30; 2009 e 2010, n = 49, 50 e 50. ....34

Figura 13. Taxa média de eclosão dos ovos  $\pm$  EP (nº de filhotes eclodidos/nº de ovos da ninhada) de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (monitoração diária) e controle II (monitoração a cada 3-4 dias) nos anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e controle II, respectivamente) foi: 2009, n = 18 e 55; 2010, n = 31 e 63; 2009 e 2010, n = 49 e 118. ....36



Figura 14. Comparação das taxas de sobrevivência diária (TSD  $\pm$  EP) durante a fase de incubação de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (monitoração diária) e controle II (monitoração a cada 3-4 dias) nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e controle II, respectivamente) foi: 2009, n = 18 e 55; 2010, n = 31 e 63. ....36

Figura 15. Comparação das taxas de sobrevivência diária (TSD $\pm$  EP) durante a fase de ninhego de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (monitoração diária) e controle II (monitoração a cada 3-4 dias) nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e controle II, respectivamente) foi: 2009, n = 7 e 21; 2010, n = 14 e 21. ....37

Figura 16. Comparação das taxas de sobrevivência diária (TSD  $\pm$  EP) de todo período de ninho de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (monitoração diária) e controle II (monitoração a cada 3-4 dias) nos anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e controle II, respectivamente) foi: 2009, n = 18 e 25; 2010, n = 31 e 63. ....38

Figura 17. Taxa de produção de filhotes (nº filhotes que voaram/nº total de ninhos) de *Elaenia chiriquensis* para ninhos das ninhadas controle I (monitoração diária) e controle II (monitoração a cada 3-4 dias) nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e controle II, respectivamente) foi: 2009, n = 18 e 55; 2010, n = 31 e 63; 2009 e 2010, n = 49 e 118. ....39

Figura 18. Sucesso de Mayfield de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (monitoração diária) e controle II (monitoração a cada 3-4 dias) nos anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e controle II, respectivamente) foi: 2009, n = 18 e 55; 2010, n = 31 e 63; 2009 e 2010, n = 49 e 118. ....40

Figura 19. Custo do manejo por filhote produzido (R\$) para cada metodologia: sem a reposição dos ovos artificiais, com a reposição dos ovos artificiais e sem a utilização de pais adotivos e com a reposição dos ovos artificiais e com a utilização de pais adotivos. ....43

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Duração da fase de ninhego de ninhadas manipuladas e controle I e das fases de ninho, incubação e ninhego de ninhadas controle I e controle II nas análises da taxa de sobrevivência diária (TSD) de cada uma dessas fases. ....29

Tabela 2. Parâmetros reprodutivos de *Elaenia chiriquensis* de ninhadas controle I (n=49) e manipuladas (n=50) durante as estações reprodutivas dos dois anos de estudo 2009 e 2010 em conjunto (taxa de eclosão, taxa de produção de filhotes e sucesso aparente dos ninhos) e separadamente (taxa de sobrevivência diária). ....35

Tabela 3. Custo total das metodologias: sem a reposição dos ovos artificiais, com a reposição dos ovos artificiais e sem a utilização de pais adotivos e com a reposição dos ovos artificiais e com a utilização de pais adotivos. ....43

Tabela 4. Parâmetros reprodutivos de *Elaenia chiriquensis* de ninhadas controle I (n=49) e controle II (n=118) durante as estações reprodutivas dos dois anos de estudo 2009 e 2010 em conjunto (taxa de eclosão e taxa de produção de filhotes) e separadamente (taxas de sobrevivência diária e Sucesso de Mayfield). ....45

## Resumo

A redução do tempo de exposição de ovos de aves durante a incubação na natureza é um tipo de estratégia de manejo com potencial de reduzir as taxas de predação de ninhos e aumentar o sucesso reprodutivo, contribuindo para o aumento populacional de espécies ameaçadas. Dessa forma, foi testado se a estratégia de manipulação de ninhadas através da incubação artificial de ovos da espécie *Elaenia chiriquensis* (Lawrence, 1865), removidos de seus ninhos na natureza, e a posterior devolução dos ninhegos recém-nascidos ao seu ninho original é uma metodologia eficiente para aumentar o tamanho populacional da espécie, bem como avaliar, financeiramente, o custo-benefício por filhotes produzidos por diferentes técnicas de manejo. Os ninhos de *E. chiriquensis* foram procurados e manipulados durante as estações reprodutivas de 2009 e 2010, na Estação Ecológica de Águas Emendadas, Distrito Federal. Os ninhos foram monitorados diariamente ou a cada 3-4 dias. Ovos artificiais foram colocados nos ninhos enquanto os ovos verdadeiros foram incubados no laboratório. Ninhegos recém-nascidos, oriundos da incubação artificial foram devolvidos ao seu ninho de origem ou a ninhos com pais adotivos. A eficiência da metodologia foi verificada através dos parâmetros reprodutivos: taxa de eclosão, taxa de produção de filhotes e o sucesso aparente dos ninhos. As taxas de sobrevivência diária (TSDs) na fase de ninhego foram estimadas através do programa MARK. Foi testado também o efeito da frequência de visitação nos parâmetros reprodutivos. *Elaenia chiriquensis* aceitou incubar os ovos artificiais. A taxa de eclosão foi maior para os ovos incubados artificialmente. As ninhadas manipuladas apresentaram uma maior taxa de produção de filhotes e sucesso aparente dos ninhos do que ninhadas não manipuladas, sendo que a utilização de pais adotivos, para os ninhegos que perderam seus ninhos originais aumentou a eficiência da manipulação, mas a um maior custo por filhote produzido, sendo essa metodologia mais bem aplicada

em manejos de populações em declínio cujo objetivo seja um aumento populacional rápido. A manipulação dos ninhos não interferiu negativamente na taxa de sobrevivência diária dos ninhegos. A monitoração diária não interferiu na eficiência da metodologia e provou ser eficiente para manter os ninhos ativos após eventos de predação, permitindo a devolução dos ninhegos recém-nascidos aos seus ninhos originais. Essa metodologia de manipulação de ninhadas mostrou-se eficiente e viável para aumentar o tamanho populacional da espécie estudada, podendo também ser utilizada para promover o aumento populacional e a conservação de espécies ameaçadas.

**Palavras-chave:** *Cerrado, dinâmica populacional, monitoração de ninho, predação de ovos, sucesso reprodutivo.*

## **Abstract**

To reduce the exposure time of birds' eggs during incubation in the wild is a management strategy with potential to reduce nest predation rates and enhance breeding success, thus increasing population size of endangered species. Therefore, we tested whether clutch manipulations through artificial incubation of Lesser Elaenia (*Elaenia chiriquensis*) eggs and further reintroduction of the new-born nestlings to their original nest is an efficient methodology to increase this species population. We also evaluated the financial cost-benefit of fledglings produced by different methods. We conducted nest searches and manipulations during breeding seasons of 2009 and 2010, at Estação Ecológica de Águas Emendadas, Distrito Federal, and monitored the nests daily or at every 3 or 4 days. Eggs removed from nests were artificially incubated in laboratorial facilities and, meanwhile, replaced by artificial eggs. The efficiency of this methodology was tested through the following breeding parameters: hatching rate, rate of fledgling production, and nest apparent success. Additionally, we estimated the daily survival rates at the nestling stage using MARK software, and tested the effect of visiting frequency on breeding parameters. *Elaenia chiriquensis* accepted to incubate artificial eggs. Artificially incubated eggs presented higher hatching rate. Manipulated clutches presented higher rates of fledgling production and nest apparent success than non-manipulated nests. In addition, the use of adoptive parents for those hatchlings which parental nest was predated increased manipulation efficiency, but at a higher cost per nestling produced. Thus, this methodology is recommended to be used in the management of populations in decline when there is a need to promote a rapid population increase. We did not find any negative manipulation interference on nestlings' daily survival rate. Daily monitoring did not interfere in the methodology efficiency, and proved to be effective to keep nests active after predation events, thus

allowing hatchlings return to their parental nest. The presented clutch manipulation methodology revealed to be effective and viable, being a great potential tool for increasing and conserving threatened species populations.

**Key words:** *Cerrado, egg predation, nest monitoring, population dynamics, reproductive success.*

## Introdução

Estratégias de manejo da vida selvagem têm sido frequentemente definidas e aplicadas diante do atual grau de degradação dos ambientes naturais que ameaçam direta ou indiretamente a diversidade biológica. Uma população pode ser manejada na tentativa de aumentá-la, diminuí-la, explorá-la de forma sustentável ou de deixá-la seguir seu curso, sendo necessária a monitoração dessa população em cada uma dessas formas de manejo (Caughley & Sinclair 1994, Ojasti 2000).

O manejo pode ser preventivo ou protetor, minimizando influências externas sobre uma população ou seu habitat e permitindo livremente que os processos ecológicos determinem a dinâmica do sistema. O manejo também pode ser manipulativo, influenciando o tamanho de uma população de forma direta, acrescentando ou retirando indivíduos em uma população, ou através de meios indiretos como: alterando a disponibilidade de alimento, o habitat, a densidade de predadores, ou a prevalência de doenças (Sinclair *et al.* 2006). O uso do manejo manipulativo é apropriado quando uma população está em risco, seja quando apresenta um tamanho populacional diminuto, bem como um tamanho populacional muito elevado. Para populações ameaçadas, a adoção dessa estratégia de manejo pode proporcionar o aumento no seu tamanho populacional e, com isso, garantir sua manutenção e perpetuação ao longo do tempo (Cullen Jr. *et al.* 2003, Tomas *et al.* 2004).

O manejo pode ser realizado *in situ*, envolvendo comunidades e populações naturais no ambiente natural, ou *ex situ*, mantendo os indivíduos em condições artificiais sob a supervisão humana (Primack & Rodrigues 2001). Muitas ferramentas *in situ* e *ex situ* têm sido amplamente utilizadas com o objetivo de reduzir as taxas de predação ou aumentar o sucesso reprodutivo de aves selvagens. Dentre as estratégias *in*



*situ* utilizadas com o objetivo de evitar a predação dos ninhos estão, por exemplo, a utilização de cercas elétricas em colônias de aves marinhas (Goodrich 1982, Minsky 1980, Rimmer & Deblinger 1992, Spear *et al.* 2007) e gaiolas protetoras de ninhos de aves que nidificam no chão para excluir predadores terrestres e aumentar o sucesso de eclosão dessas aves (Moseby & Read 2006, Isaksson *et al.* 2007). Outras estratégias de manejo também são utilizadas para aumentar o sucesso reprodutivo de aves como, a colocação de ninhos artificiais e a translocação dos filhotes para o estabelecimento de novas populações em um novo sítio de nidificação (Priddel *et al.* 2006), bem como a implementação de inseminação artificial, lidando com problemas inerentes à reprodução, tais como deficiências físicas e comportamentais (Blanco *et al.* 2009).

Estratégias de manejo *ex situ* são muitas vezes vistas como um método de conservação secundário ao manejo *in situ*, quando se considera que a conservação de espécies dentro de suas comunidades naturais é o método mais efetivo (Martinelli 2006). No entanto, em muitas situações, o manejo *ex situ*, como a reprodução de animais em cativeiro, pode ser vital para a conservação de muitas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. Criadouros conservacionistas reproduzem em cativeiro diversas espécies de aves selvagens que podem constituir um plantel para programas de translocação, como reintroduções e revigoramento populacional (Marini & Marinho-Filho 2005). Entretanto, a propagação de aves em cativeiro é trabalhosa, custosa e não efetiva para todas as espécies (Conway 1986). Quando os pais não conseguem incubar espontaneamente os ovos em situações de contenção em cativeiro ou exposição a condições ambientais extremas ou doenças, a incubação artificial é a estratégia utilizada como alternativa (Snelling 1972, Burnham 1983, Kuehler *et al.* 1993), podendo também ser adotada em situações nas quais os ovos de aves selvagens são, por motivos diversos, retirados de seus ninhos na natureza (Kuehler 1996, 2000, 2001). Nesse caso,

em que os ovos são retirados da natureza, essa estratégia permite uma menor necessidade de manutenção em longo prazo da reprodução de aves em cativeiro e oferece um ambiente artificial protegido de predação durante o período de incubação. No entanto, animais nascidos e criados em cativeiro podem ser privados de situações que levem ao desenvolvimento natural de seu repertório comportamental necessário à sua sobrevivência na natureza, podendo ter baixas chances de se estabelecerem no habitat natural em programas de translocação (Guimarães Filho & Fagioli 1997).

Fazer a integração de estratégias de manejo *in situ* e *ex situ* pode proporcionar resultados ainda mais positivos em programas de conservação de espécies. A incubação artificial de ovos de aves selvagens retirados de seus ninhos na natureza pode envolver abordagens complementares de manejo *in situ* e *ex situ* sem que seja necessária a criação dos filhotes e adultos em cativeiro e por isso, representar uma estratégia de manejo potencial para promover aumento populacional através da manipulação de ninhadas. Essa estratégia consiste na remoção de ovos naturais e sua substituição por ovos artificiais, na incubação artificial dos ovos removidos e na devolução dos ninhos recém-nascidos ao seu ninho original. A devolução dos recém-nascidos aos seus respectivos pais permite que recebam cuidado parental desde o início da fase de ninhego, limitando as interferências humanas apenas à fase de ovo. Além disso, o retorno imediato dos recém-nascidos também proporciona uma redução nos custos com a manutenção dos filhotes em cativeiro e em programas de reintrodução dos indivíduos na natureza. Esta característica destaca a importância deste método, uma vez que orçamentos para programas de conservação são limitados e, portanto, é prudente determinar a estratégia de manejo mais eficiente para melhorar a persistência de uma população a um menor custo (Wilson *et al.* 2006, Duca *et al.* 2009).

Durante a incubação artificial, por criar condições diferentes das naturais, implementar o melhor método e garantir o correto desenvolvimento do embrião é extremamente importante. O ovo das aves possui todos os recursos necessários para dar suporte ao desenvolvimento do embrião: nutrientes, minerais, fonte de energia e água (Visschedijk 1991). Entretanto, existem outros requisitos essenciais para o correto desenvolvimento que são concedidos na natureza pelos pais, como o aquecimento e a rotação periódica dos ovos (Klimstra 2009). Desse modo, é importante que a incubadora promova a umidade, temperatura e rotação dos ovos ideais para a espécie. Outro fator importante é verificar se o desenvolvimento embrionário transcorre bem ao longo do processo de incubação artificial. Para isso, Westerskov (1950) sugere, por exemplo, a utilização de um ovoscópio (*candling*). Essa técnica permite verificar, nos primeiros dias de incubação, ovos que não eclodirão e, ao longo dos dias, aqueles ovos cujo desenvolvimento embrionário estagnou.

A estratégia de manipulação de ninhadas de aves selvagens por meio da incubação artificial reduz o tempo de exposição dos ovos à predação, podendo resultar, por exemplo, em uma taxa de eclosão de ovos maior do que a encontrada naturalmente na região tropical. Nesta região, a predação exerce um forte impacto negativo sobre o sucesso reprodutivo de populações de aves (Skutch 1985, Stutchbury & Morton 2001, Lopes & Marini 2005, França 2008), sendo considerada a causa principal da mortalidade de ninhadas de aves (Ricklefs 1969, Martin 1993) e atingindo até 80% do total de ninhos no Neotrópico (Skutch 1985, Robinson *et al.* 2000, Stutchbury & Morton 2001). Este fato tem sido relatado para muitas espécies de passeriformes (Ricklefs 1969, Murphy 1983, Martin 1992, 1995), inclusive espécies de Cerrado como *Elaenia chiriquensis* (que em outro estudo teve 67% de seus ninhos perdidos por predação; Medeiros & Marini 2007), *Neothraupis fasciata* (61%; Duca 2007) e *Suiriri*

*islerorum* (88%; França & Marini 2009). O controle da predação de ninhos e de outros fatores que atuam sobre ela pode auxiliar no aumento do tamanho populacional e com isso reduzir o risco de extinção de espécies (George 1987, Newton 1998). Quanto menor o período de incubação de ovos e crescimento de filhotes, menor é o tempo de exposição e o risco de predação (Martin 1987). Sendo assim, nos habitats em que há forte pressão de predação a redução do tempo de exposição de ovos no ninho, utilizando-se, por exemplo, a incubação artificial, pode reduzir as taxas de predação e, conseqüentemente, aumentar o sucesso reprodutivo de aves.

Além da predação, a destruição e degradação de habitats também representam uma ameaça a muitas espécies de aves. A fragmentação de habitats florestais na região Neotropical pode causar uma perda de espécies de aves após anos de isolamento (Kattan *et al.* 1996, Aleixo & Vielliard 1995, Stratford & Stouffer 1999, Marini 2001), além de ameaçar muitas espécies de aves devido a um aumento na disseminação de agentes infecciosos (Sehgal 2010). O Cerrado brasileiro, considerado a maior e mais ameaçada savana tropical do mundo (Silva & Bates 2002), possui uma elevada diversidade biológica e o segundo maior número de espécies de aves ameaçadas e endêmicas (Marini & Garcia 2005), sendo a destruição de habitats o principal problema para as espécies desse bioma (Marini 2001, Klink & Machado 2005). Embora já tenha sido constatada a importância do Cerrado na biodiversidade mundial (Myers *et al.* 2000), ainda existe pouco esforço direcionado à sua conservação quando comparado aos outros biomas brasileiros (Klink & Machado 2005). Para algumas espécies de aves com populações à beira da extinção, o reforço e a proteção do hábitat podem não ocorrer rápido o suficiente para garantir um abrigo seguro. Sendo assim, estudos que priorizam estratégias de manejo são fundamentais para promover a persistência das espécies nos

fragmentos remanescentes. Nestes casos, a manipulação de aves selvagens e a intervenção humana podem ser úteis ferramentas de manejo (Kuehler *et al.* 2001).

Neste estudo foram manipuladas ninhadas de chibum, *Elaenia chiriquensis* (Tyrannidae), com o objetivo de determinar se a estratégia de manipulação de ninhadas é uma metodologia eficiente para aumentar o tamanho populacional da espécie, bem como avaliar, financeiramente, o custo-benefício por filhotes produzidos por diferentes técnicas de manejo. Esta espécie é ideal para esse tipo de estudo por apresentar alta aceitação da manipulação de suas ninhadas (Sousa 2008). Além disso, nidifica em grande número de ninhos nos cerrados do Distrito Federal e, apesar da predação exercer forte pressão seletiva no seu sucesso reprodutivo, não apresenta ameaças de extinção local.

A hipótese norteadora desse estudo é a de que a manipulação de ninhadas de aves selvagens é uma metodologia eficiente para aumentar o tamanho populacional da espécie. As previsões para essa hipótese são de que: os ovos incubados em laboratório têm maior taxa de eclosão do que os ovos incubados naturalmente em campo; os ninhos com ovos incubados em laboratório têm maior produção de filhotes e sucesso aparente do que os ninhos com ovos incubados naturalmente em campo; a probabilidade de predação dos ninhos, provenientes da incubação artificial, não é afetada por este tipo de manejo dos ninhos. Outra hipótese testada neste estudo foi a de que a taxa de produção de filhotes e sucesso aparente dos ninhos varia com a quantidade de técnicas de manejo utilizadas (manipulação de ninhadas sem a utilização de pais adotivos e com a utilização de pais adotivos). A previsão para essa hipótese é de que a utilização de pais adotivos para receber ninhos oriundos da incubação artificial, que tiveram seus ninhos totalmente destruídos, aumenta a produção de filhotes e o sucesso aparente de ninhos manipulados.

Devido à necessidade de monitoração diária dessa metodologia, foi testado o efeito da frequência de visitação nos seguintes parâmetros reprodutivos: taxa de eclosão; probabilidade de predação dos ovos, ninhegos e ninhos; taxa de produção de filhotes; e sucesso aparente dos ninhos.

## **Métodos**

### *Área de estudo*

O estudo foi realizado em 2009 e 2010 na Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE), localizada em Planaltina-DF a 50 km de Brasília (15° 42' a 15° 38'S e 47° 33' a 47° 37'W) (Figura 1), unidade de conservação que possui 10.547 ha de área protegida (Decreto nº 11.137). Grande parte da área da ESECAE é natural, não tendo sido relatado desmatamento da vegetação. Paralelamente à sua criação, a área de vegetação do entorno da ESECAE foi consideravelmente reduzida pela expansão urbana e atividade agrícola, apresentando atualmente uma distância mínima de 20 km de outras áreas naturais. A coleta de dados foi feita principalmente em uma área delimitada de 100 ha (1 km x 1 km), a uma distância de aproximadamente 1,5 km da borda da reserva (Figura 1). Esta área possui a maioria das fitofisionomias do Cerrado (*sensu* Ribeiro & Walter 1998), entre elas, campo limpo (7,7% da área total), campo sujo (5,7%), parque cerrado (4,0%), cerrado ralo (29,6%), cerrado típico (51,7%) e cerrado denso (0,3%).

### *Espécie estudada*

*Elaenia chiriquensis* (Figura 2), popularmente conhecida como chibum, é uma espécie migratória, típica do Cerrado, que está presente em todos os países amazônicos, além do Panamá e Costa Rica (Marini & Cavalcanti 1990, Sick 1997). Possui uma alimentação

mista, mas predominantemente frugívora (Marini & Cavalcanti 1998). Considerada tipicamente tropical por apresentar tamanho de ninhada característico de dois ovos, é muito abundante no Cerrado do DF e em toda área de estudo durante sua estação reprodutiva, que ocorre de setembro a janeiro (Medeiros & Marini 2007). Seus ovos apresentam forma ovóide, coloração creme clara, variando entre branco gelo e branco rosado, apresentando também diminutas manchas ferrugíneas em seu pólo rombo (Medeiros & Marini 2007). Evidências sugerem que esta espécie pode apresentar reprodução tanto sincrônica como assincrônica, podendo variar o período de eclosão do primeiro para o segundo ovo de poucas horas até quase um dia (Medeiros & Marini 2007). O período de incubação de *E. chiriquensis* dura em média 14 dias e o tempo de permanência dos filhotes no ninho dura em média 15 dias, definido como sendo o período entre a eclosão do primeiro ovo e a saída do último filhote do ninho (Medeiros & Marini 2007). Demais aspectos da biologia reprodutiva de *E. chiriquensis* estão descritos em Medeiros & Marini (2007).

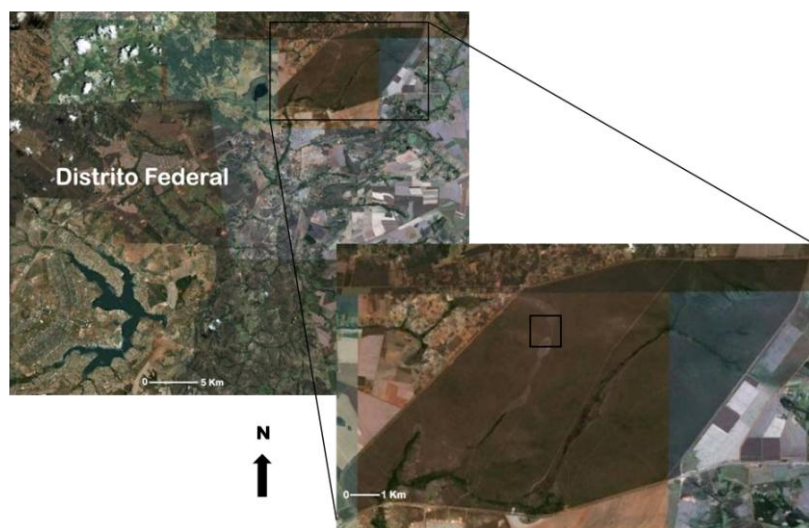


Figura 1. Imagem de satélite da Estação Ecológica de Águas Emendadas e da sua localização no Distrito Federal, com o local de estudo em destaque. (Fonte: Google Earth). Acessado em 19/12/2010.



Figura 2. Espécie estudada, *Elaenia chiriquensis* (Tyrannidae).

### *Procura de ninhos*

A procura de ninhos de *E. chiriquensis* ocorreu durante as estações reprodutivas de 2009 e 2010. Os ninhos foram procurados através da observação de adultos com comportamento reprodutivo e da inspeção de possíveis locais de nidificação. Os ninhos encontrados foram marcados com uma pequena fita plástica colorida posicionada a uma distância mínima de 5 m do ninho e com indicações de sua posição, de modo a facilitar as visitas posteriores.

### *Desenho experimental*

#### *Fase de postura e incubação de ovos*

Apenas as ninhadas com postura completa de dois ovos foram utilizadas nas manipulações. Ninhos manipulados (ninhada manipulada) tiveram seus ovos removidos e incubados artificialmente. Em seu lugar, foram colocados ovos artificiais confeccionados em gesso e pintados à mão, com formato e coloração semelhante aos



naturais (detalhes na seção 4.1.1). A substituição dos ovos naturais por artificiais teve como objetivo evitar o abandono do ninho pela fêmea e permitir, posteriormente, a devolução dos ninhos ao seu respectivo ninho. Adicionalmente, os ninhos manipulados foram monitorados diariamente, de modo a evitar o abandono do ninho pela fêmea em casos de predação através da rápida reposição dos ovos artificiais. Para outro grupo de ninhos (ninhada controle I), a mesma metodologia diária de monitoração foi utilizada, mas sem que houvesse manipulação da ninhada. Visto que a perturbação humana pode causar distúrbios nas taxas de predação de ovos e abandono de ninhos (Choate 1967, Robert & Ralph 1975, Major 1989, Gloutney *et al.* 1993, Bolduc & Guillemette 2003), alguns estudos indicam que o aumento da frequência de monitoração pode elevar as taxas de predação (Choate 1967, Westmoreland & Best 1985, Major 1989, Bety & Gauthier 2001). Por esse motivo, é recomendável que se faça a monitoração dos ninhos em um intervalo maior de tempo, a cada três ou quatro dias, por exemplo. Sendo assim, para avaliar se houve interferência positiva ou negativa da monitoração diária na predação, a ninhada controle I foi comparada a outro grupo de ninhos não manipulados (ninhada controle II) que tiveram uma menor frequência de visita realizada (a cada 3-4 dias). A manipulação dos ovos e ninhos foi feita com autorização do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, IBAMA (licenças nº 15968-2 e nº 25699-1 - SISBIO).

### **Confecção de ovos artificiais**

Para garantir que as fêmeas incubassem os ovos artificiais, buscou-se a criação de réplicas semelhantes aos ovos naturais (Figura 3). Para isso, os ovos artificiais foram confeccionados com gesso com o uso de moldes de silicone correspondentes ao

tamanho do ovo da espécie. Posteriormente, os ovos foram pintados à mão com tinta acrílica não tóxica e cobertos com verniz para protegê-los contra umidade.

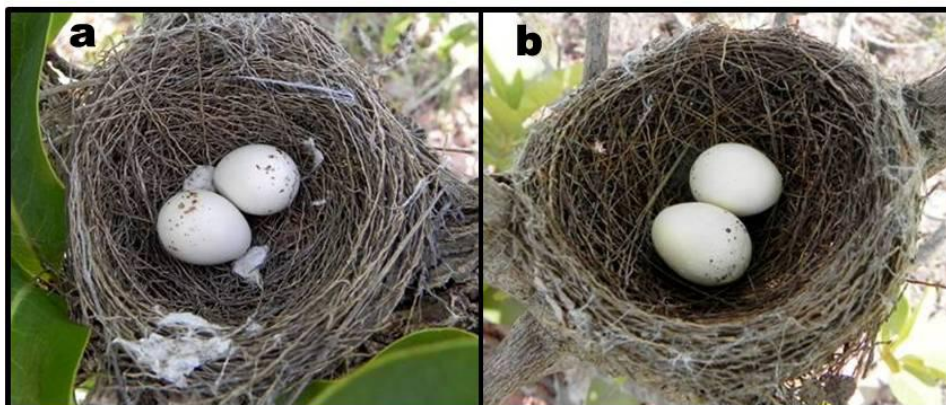


Figura 3. (a) ninho com ovos naturais; (b) ninho manipulado com ovos artificiais.

### **Substituição dos ovos naturais por ovos artificiais**

Para cada ninhada, os dois ovos naturais foram substituídos por dois ovos artificiais imediatamente após a postura do segundo ovo, ou seja, no início da incubação.

Reconhecidamente, na manutenção e limpeza do ninho, cascas de ovos, sacos fecais e outros materiais não vivos são normalmente levados para fora do ninho pelos adultos (Blair 1941, Nethersole-Thompson & Nethersole-Thompson 1941). Considerando estes comportamentos, para confirmar a aceitação dos ovos artificiais pela fêmea, uma pequena folha verde foi colocada entre os ovos artificiais após a substituição (Figura 4). Os ovos foram considerados aceitos e o ninho ativo quando, no dia seguinte, a folha não estivesse entre os ovos e a fêmea estivesse próxima ao ninho.

### **Transporte dos ovos naturais**

Após a substituição, os ovos naturais foram revestidos por algodão para protegê-los de choque e acondicionados em recipientes individuais (frascos de acrílico). As tampas dos

frascos continham inúmeras perfurações permitindo uma melhor troca gasosa do ovo com o exterior e também evitando superaquecimento. Esses ovos foram levados, em um tempo médio de 50 minutos, ao Laboratório de Ecologia e Conservação de Aves/UnB.



Figura 4. Folha verde colocada entre os ovos artificiais após a substituição dos ovos naturais.

### **Incubação dos ovos naturais**

Os ovos naturais foram incubados artificialmente até completarem seu desenvolvimento (~14 dias) em uma incubadora Premium Ecológica - IP35 PDA, a 37,5°C e 55% de umidade do ar. Os ovos foram colocados horizontalmente e mecanicamente girados em 180° ao longo do seu eixo longitudinal a cada duas horas.

Para verificar o correto desenvolvimento do embrião, os ovos foram observados através de um ovoscópio a cada três dias. Um dia antes de completar o desenvolvimento, os ovos foram retirados dos roletes da incubadora para evitar que, após a eclosão, os ninhegos ficassem presos entre eles. A partir deste momento, os ovos foram colocados ao lado dos roletes sobre ninhos artificiais confeccionados com tecido,

proporcionando um ambiente mais seguro para a eclosão e permanência do ninhego até a sua devolução para o ninho na natureza.

### *Fase de ninhego*

#### **Alimentação dos ninhegos**

Os recém-nascidos foram alimentados com uma ração comercial específica para ninhegos de aves (Papa para filhotes – Nutripássaros) a cada 40 minutos, em média, até sua devolução para o ninho na natureza.

#### **Transporte dos ninhegos**

Os ninhegos foram retirados da incubadora para serem devolvidos aos ninhos às 8h00 da manhã de cada dia. Para os ninhegos que nasceram depois desse horário, a devolução foi feita no mesmo horário na manhã seguinte. Dessa forma, o tempo máximo dos ninhegos recém-nascidos em cativeiro foi de 24 horas. Os ninhos artificiais, contendo os ninhegos juntamente com os fragmentos da casca de seus ovos foram transportados em caixa térmica parcialmente fechada, portando em seu interior uma bolsa térmica com água a uma temperatura próxima de 37°C, de modo a manter o ambiente a uma temperatura semelhante ao da incubadora.

#### **Devolução dos ninhegos ao seu ninho original**

Os ovos artificiais foram substituídos pelos ninhegos recém-nascidos. Os ninhegos foram colocados no ninho juntamente com os fragmentos da casca de seus ovos para criar um ambiente mais natural e próximo ao que ocorre na natureza no momento do seu nascimento (Figura 5). Os ninhegos foram considerados aceitos pelos adultos quando,

após 30 minutos, o ninhego ainda estivesse no ninho e a casca tivesse sido retirada pelos adultos.



Figura 5. Ninhego devolvido ao ninho juntamente com sua casca. Ovo artificial no ninho.

### **Pais adotivos**

Os ninhegos cujos ninhos originais foram perdidos durante o período de incubação dos ovos artificiais (destruídos por predação ou abandonados pelos adultos) foram colocados em ninhos de pais adotivos da mesma espécie. Estes eram ninhos não manipulados e que não pertenciam aos grupos de estudo, ninhadas controle I e controle II. Neste caso, a idade dos ninhegos nos ninhos adotivos deveria ser semelhante a dos ninhegos da ninhada manipulada, com no máximo um dia de diferença. Em cada ninho de pais adotivos, foram colocados apenas um ou os dois ninhegos da ninhada manipulada, criando ninhadas de dois ou três ninhegos. Este cuidado pode ajudar a evitar uma rejeição por parte dos pais e/ou irmãos adotivos devido ao tamanho corporal semelhante entre eles (O'Connor 1978). Os ninhegos colocados em ninhos com pais adotivos tiveram o tarso marcado com tinta preta atóxica para que fossem identificados nas visitas posteriores.

## *Monitoração de ninhos*

### *Fase de ovo*

Os ninhos das ninhadas manipuladas e controle I foram monitorados diariamente até a eclosão dos ovos, enquanto os ninhos da ninhada controle II foram monitorados a cada 3-4 dias. Com relação ao status de atividade, os ninhos foram considerados ativos, quando sua ninhada apresentava ovos íntegros (controle I e II) ou quando a fêmea fosse vista incubando os ovos (ninhadas manipuladas); predados, quando os ovos tinham desaparecido (todos os tratamentos) ou apresentavam indícios de predação (ninhadas manipuladas); e abandonados, quando os ovos encontravam-se intactos no ninho, sem a presença da fêmea e com sinais de abandono como: ovos frios, úmidos e/ou cobertos com folhas.

### *Fase de ninhego*

Como a manipulação dos ninhos se restringe apenas à fase de ovo, após a devolução dos ninhegos, estes passaram a ser monitorados em um intervalo de tempo maior e igual aos demais ninhos não manipulados, a cada 3-4 dias, até que os filhotes saíssem do ninho ou a ninhada fosse predada. Os ninhos da ninhada controle I também passaram a ser monitorados a cada 3-4 dias e a monitoração dos ninhos da ninhada controle II permaneceu do mesmo modo nesta fase.

Foram considerados ninhos bem sucedidos aqueles em que pelo menos um filhote voou ou apresentava condição física considerada suficiente para deixar o ninho, como rêmiges desenvolvidas e penas no corpo. Ninhos bem sucedidos tinham pelo menos um filhote sobrevivente no 13º dia, tempo de permanência mínimo dos filhotes de *E. chiriquensis* no ninho (observação pessoal). Um ninho foi considerado predado no caso do seu conteúdo ter desaparecido antes que os filhotes tivessem atingido um

estágio de desenvolvimento tal que os permitissem deixar o ninho com sucesso e considerado abandonado quando o filhote foi encontrado morto no ninho sem sinais de predação.

### *Considerações sobre o manejo*

Para analisar a viabilidade dessa técnica de manejo, foi calculada a aceitação pelas fêmeas dos ovos artificiais, assim como a aceitação dos ninhos oriundos da incubação artificial. Para isso, também foi calculada a porcentagem de ninhos mantidos ativos após evento(s) de predação através da substituição dos ovos artificiais perdidos durante a monitoração diária. De todos os ninhos encontrados na natureza, foi calculada a porcentagem de ninhadas reduzidas com apenas um ovo. Foi calculada a quantidade de ovos incubados artificialmente e na natureza que não eclodiram. Em 2010, foram identificadas as causas de não eclosão dos ovos (infertilidade do ovo ou morte do embrião) incubados artificialmente. Em ovos incubados por mais de 48 horas, a presença de tecido embrionário e a formação de vasos sanguíneos é geralmente suficiente para confirmar que a fecundação aconteceu (Sellier *et al.* 2005). No entanto, mesmo que a fecundação ocorra, a morte do embrião pode ocorrer precocemente (no período entre a fecundação e oviposição, por exemplo) (Christensen 2001). Devido a infertilidade e a morte precoce do embrião não serem visíveis a olho nu, para evitar uma incorreta identificação das causas de não eclosão dos ovos, os ovos nessa situação foram identificados como “inférteis”. Por fim, foram quantificadas as perdas de ovos e ninhos ocorridas devido à manipulação.

### *Custos do manejo*

O custo total do manejo foi avaliado somando-se os gastos com mão-de-obra responsável para a realização do trabalho (estimado em R\$100,00/dia); com combustível (utilizado para o deslocamento de 50 Km desde o local de incubação até o local de estudo, ou 100 km/dia); com os produtos utilizados na fabricação de ovos, no transporte de ovos e ninhegos, com a ração utilizada para alimentar os ninhegos; e com o custo de aquisição da incubadora. O custo foi avaliado para a metodologia utilizada nesse estudo de incubação artificial, substituição dos ovos naturais por artificiais e reposição dos ovos artificiais após eventos de predação devido a monitoração diária em ninhadas manipuladas sem ou com a utilização de pais adotivos. O custo também foi avaliado para uma metodologia hipotética em que também fosse realizada a incubação artificial, a substituição dos ovos naturais por artificiais, no entanto, sem a reposição dos ovos artificiais, ou seja, após um evento de predação total dos ovos o ninho se tornaria inativo, e por esse motivo, um intervalo de monitoração de ovos menor, a cada três ou quatro dias.

Para calcular os gastos com combustível e mão-de-obra foi estimada, inicialmente, a quantidade de dias de trabalho em campo necessária para cada metodologia. Para esse cálculo as seguintes premissas foram tomadas em todas as metodologias: (1) a utilização de apenas duas pessoas para a procura de ninhos e uma pessoa para a realização do restante das atividades; (2) por dia cinco ninhos são encontrados por cada pessoa, totalizando 10 ninhos/dia; (3) todos os ninhos são encontrados no meio da fase de construção, e que o intervalo desde essa etapa até a postura do 2º ovo é de oito dias; (4) o período de procura dos ninhos compreende dias consecutivos, independente de sábados, domingos e feriados; (5) foi considerado para tal cálculo o tempo médio de incubação (14 dias) e permanência do ninhego no ninho



(15 dias); (6) foram consideradas idas diárias a campo a partir da devolução do primeiro ninhego, pois a partir de tal momento, pelo menos um ninhego era devolvido ao ninho por dia; (7) após a devolução do ninhego, este passou a ser monitorado a cada três ou quatro dias. Para todas as metodologias o cálculo foi realizado para uma manipulação de 30 ninhos. A quantidade de dias de procura de ninhos foi calculada dividindo-se a quantidade de ninhos necessários para se obter os 30 ninhos manipulados e/ou ninhos de pais adotivos, considerada as taxas de predação de 9,6% até a postura do 2º ovo (para ninhos manipulados) e 57% durante o período de incubação (para ninhos de pais adotivos), por 10 que é quantidade máxima de ninhos encontrados por dia.

#### *Metodologia realizada sem a reposição dos ovos*

A quantidade de dias de procura de ninhos correspondeu a quatro dias de campo e foi calculada a partir da quantidade total de ninhos necessários para se obter 30 ninhos manipulados, considerando que a taxa de predação média dos ovos até a postura do 2º ovo foi de 9,6% nos dois anos de estudo (total de 34 ninhos). Desde o primeiro ninho com postura completa utilizado na manipulação até o nascimento e devolução do primeiro ninhego as idas ao campo foram feitas duas vezes por semana, compreendendo o período de incubação dos ovos e de monitoração dos ovos artificiais (feita apenas a cada três ou quatro dias). A partir desse momento até o nascimento do último ninhego, as idas ao campo se tornaram diárias devido à necessidade de devolução de pelo menos um ninhego recém-nascido por dia. Após o último ninhego devolvido as idas a campo passaram a ser a cada três ou quatro dias até a saída do último ninhego do ninho, correspondendo a duas idas a campo por semana. A partir desses cálculos, a quantidade de dias de trabalho em campo para essa metodologia foi de 20 dias (mais detalhes: Figura 6).

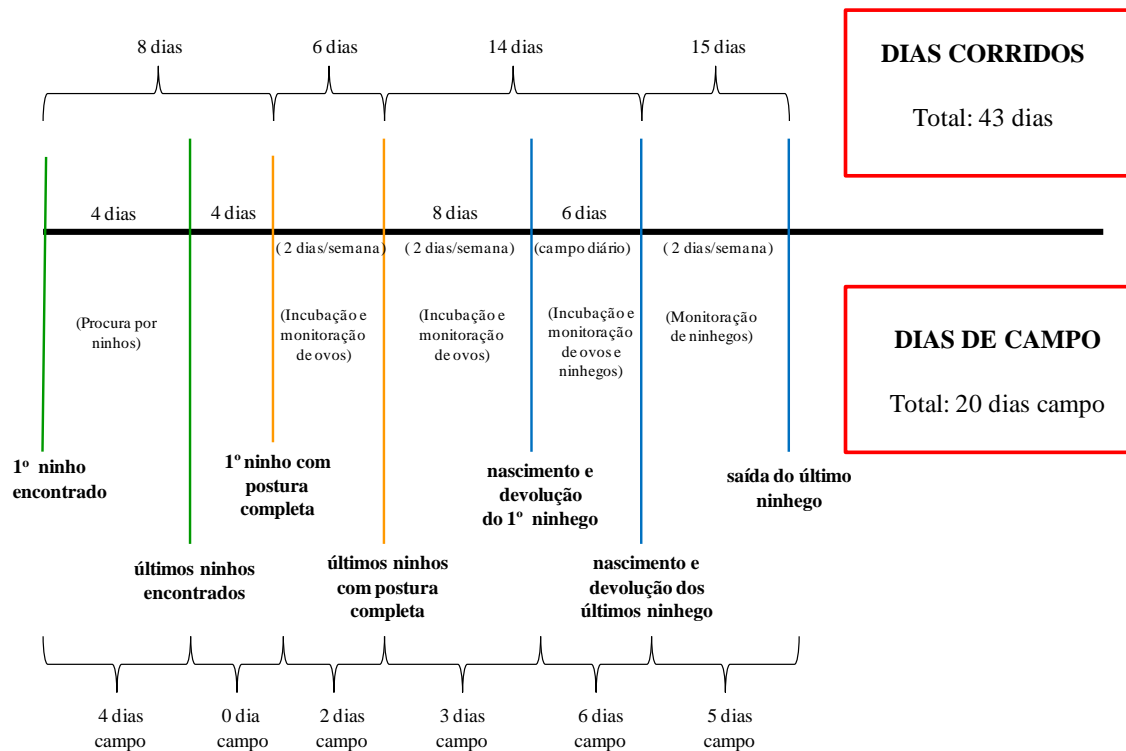


Figura 6. Cronograma representando a quantidade de dias corridos e de campo necessários para a realização da metodologia sem a reposição dos ovos artificiais baseado nas premissas estabelecidas.

*Metodologia realizada com a reposição dos ovos e sem a utilização de pais adotivos*

A quantidade de dias de procura de ninhos correspondeu a quatro dias de campo e foi calculada a partir da quantidade total de ninhos necessários para se obter 30 ninhos manipulados, considerando que a taxa de predação média dos ovos até a postura do 2º ovo foi de 9,6% nos dois anos de estudo (total de 34 ninhos). Desde o primeiro ninho com postura completa utilizado na manipulação até o nascimento dos últimos filhotes as idas ao campo foram diárias compreendendo o período de incubação dos ovos, de monitoração dos ovos artificiais e a reposição dos predados, de devolução dos ninhegos recém-nascidos aos ninhos, assim como, de monitoração dos ninhegos. Após a

devolução dos últimos filhotes a monitoração passou a ser a cada três ou quatro dias até a saída do último filhote do ninho, correspondendo a duas idas a campo por semana. A partir desses cálculos, a quantidade de dias de trabalho em campo para essa metodologia foi de 29 dias (mais detalhes: Figura 7).

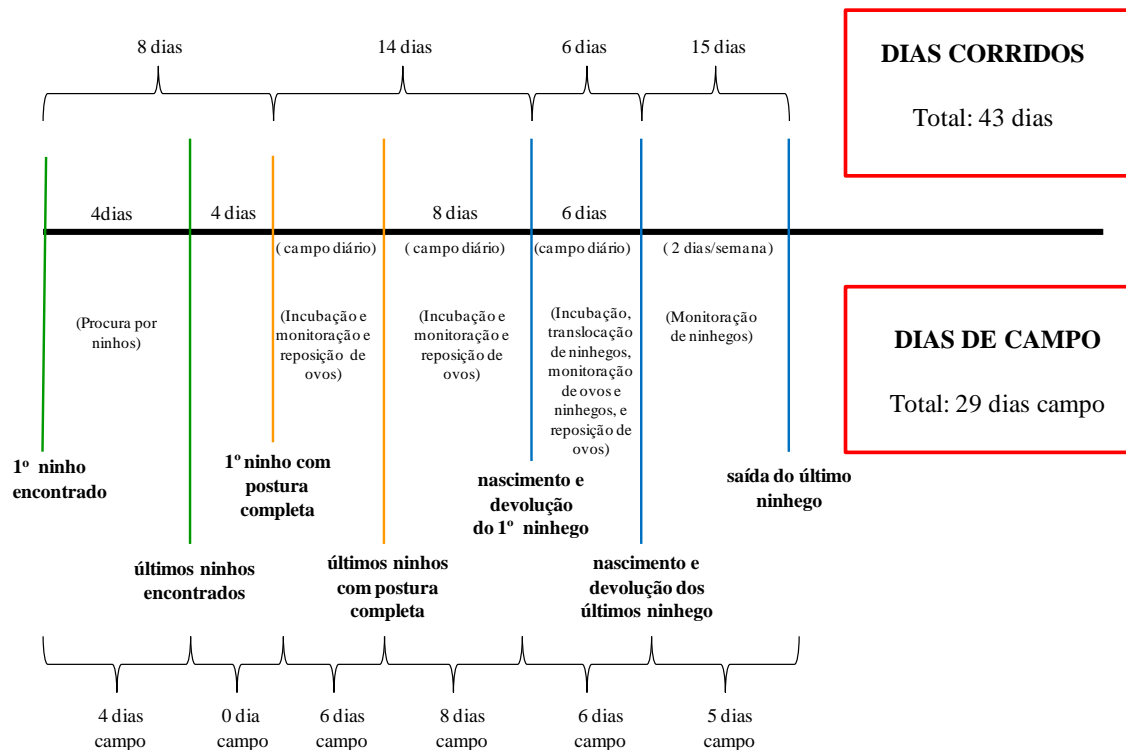


Figura 7. Cronograma representando a quantidade de dias corridos e de campo necessários para a realização da metodologia com a reposição dos ovos artificiais e sem a utilização de mães adotivas baseado nas premissas estabelecidas.

*Metodologia realizada com a reposição dos ovos e com a utilização de pais adotivos*

Essa metodologia obteve uma premissa exclusiva: dos cinco ninhos encontrados diariamente, dois foram manipulados e, os três restantes, foram considerados ninhos potenciais para serem utilizados como pais adotivos posteriormente. A quantidade de

dias de procura de ninhos correspondeu a 20 dias de campo e foi calculada a partir da quantidade total de ninhos necessários para se obter 30 ninhos manipulados, considerando que a taxa de predação média dos ovos até a postura do 2º ovo foi de 9,6% nos dois anos de estudo (total de 34 ninhos), somada à quantidade total de ninhos necessários para se obter 100 ninhos de pais adotivos (dois ninhos de pais adotivos para cada manipulado), considerando que a taxa de predação média durante a fase de incubação foi de 53,9% nos dois anos de estudo (total de 157 ninhos). Desde o primeiro ninho com postura completa utilizado na manipulação até o nascimento dos últimos filhotes as idas ao campo foram diárias compreendendo parte do período de procura de ninhos, de incubação dos ovos, de monitoração dos ovos artificiais e a reposição dos predados, de devolução dos ninhegos recém-nascidos aos ninhos originais ou com pais adotivos, assim como, de monitoração dos ninhegos. Após a devolução dos últimos filhotes a monitoração passou a ser a cada três ou quatro dias até a saída do último filhote do ninho, correspondendo a duas idas a campo por semana. A partir desses cálculos, a quantidade de dias de trabalho em campo para essa metodologia foi de 49 dias (mais detalhes: Figura 8).

### *Análises estatísticas*

Separadamente e para os dois anos (2009 e 2010) em conjunto, foram calculadas e comparadas: as taxas de eclosão dos ovos, de produção de filhotes e do sucesso aparente dos ninhos entre as ninhadas manipuladas e controle I, para analisar a eficiência da metodologia; e as taxas de eclosão dos ovos e de produção de filhotes entre as ninhadas controle I e controle II, para analisar o efeito da frequência de visitação.

A taxa de eclosão dos ovos (Mayfield 1975) de cada tratamento foi calculada encontrando a média  $\pm$  EP da taxa de eclosão de cada ninho para cada ano, ou seja:

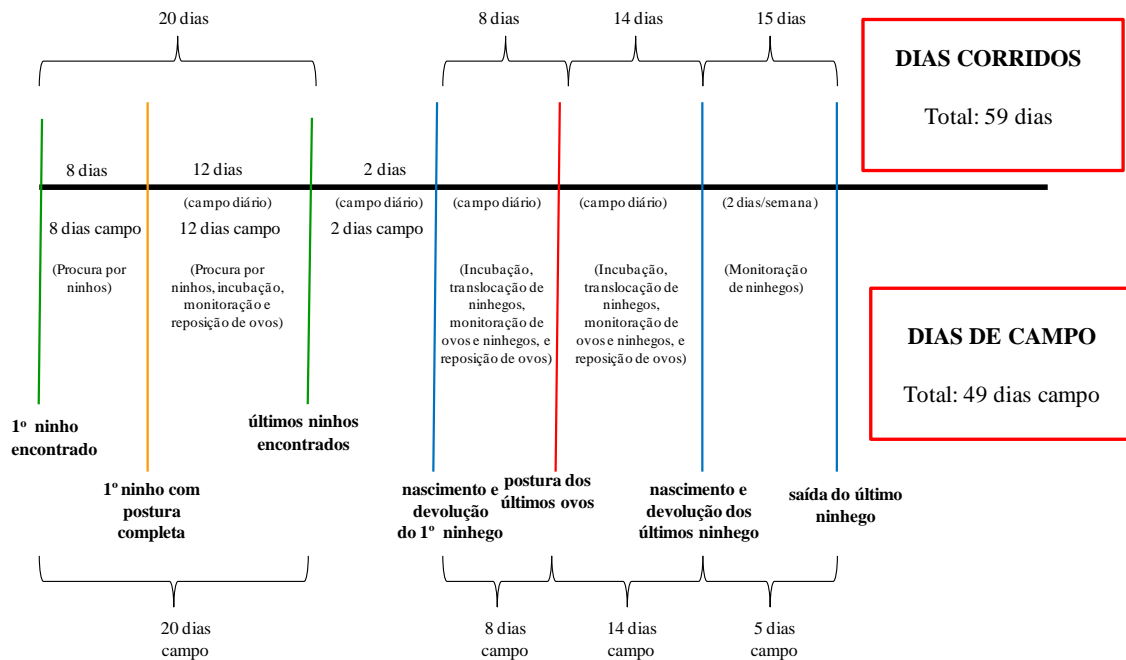


Figura 8. Cronograma representando a quantidade de dias corridos e de campo necessários para a realização da metodologia com a reposição dos ovos artificiais e com a utilização de mães adotivas baseado nas premissas estabelecidas.

$$\text{Taxa de eclosão} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de filhotes nascidos}}{\text{n}^\circ \text{ de ovos da ninhada}}$$

Foram descartados desta análise ninhos predados ainda na fase de incubação sem estabilização da quantidade de ovos, bem como aqueles já encontrados com filhotes. A taxa média de eclosão foi comparada entre os tratamentos através do teste de Mann-Whitney, pois os dados não possuem distribuição normal.

Para o cálculo da produção de filhotes foi utilizada a fórmula (Ricklefs & Bloom 1977):

$$\text{Produção de filhotes} = \frac{\text{n}^\circ \text{ total de filhotes que voaram}}{\text{n}^\circ \text{ total de ninhos}}$$

O sucesso aparente dos ninhos foi calculado utilizando a fórmula:

$$\text{Sucesso aparente} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de ninhos bem sucedidos}}{\text{n}^\circ \text{ total de ninhos}}$$

A taxa de produção de filhotes e o sucesso aparente foram comparados entre os tratamentos através do teste Qui-quadrado para duas amostras independentes. Foi adotado o nível de significância de  $p \leq 0,05$  para todas as análises.

### **Análises estatísticas: sobrevivência diária dos ninhos, ovos e ninhegos**

As taxas de sobrevivência diária (TSDs) dos ninhos, ovos e ninhegos foram estimadas pelo método da exposição logística usando o programa MARK (White & Burnham 1999). Para avaliar se houve interferências da manipulação na sobrevivência dos ninhegos após sua devolução ao ninho, foram estimadas as taxas de sobrevivência na fase de ninhego das ninhadas manipuladas e controle I. As taxas de sobrevivências dos ninhos, ovos e ninhegos das ninhadas controle I e controle II foram estimadas para avaliar se houve interferências da monitoração diária na sobrevivência diária. Embora o sucesso reprodutivo das aves possa variar ao longo da estação reprodutiva (Nilsson 1989, Hochachka 1990), não foram consideradas variações temporais nas TSDs ao longo do período de estudo, pois este período foi curto. Assim, para a análise de sobrevivência, realizada no programa MARK (White & Burnham 1999), foi considerado um modelo constante que se equipara ao modelo nulo de Mayfield (1961, 1975), isto é, um modelo que considera as TSDs constantes ao longo de toda a estação reprodutiva (Dinsmore *et al.* 2002).

Como procedimento inicial nas análises de sobrevivência diária de ninhos, ovos e ninhegos, foi necessário converter as datas do calendário (dia/mês/ano) em dias

corridos. A duração da fase de ninhego de ninhadas manipuladas e controle I e das fases de ninho, incubação e ninhego de ninhadas controle I e controle II foram encontradas através do primeiro e último dia de atividade do ninho para a realização das análises de sobrevivência diária de cada uma dessas fases (Tabela 1). Para a modelagem da TSD dos ninhos, o dia 1 da estação corresponde ao primeiro dia de atividade do primeiro ninho ativo e o último dia da estação ao último dia de atividade do último ninho ativo. Para a modelagem da TSD da fase de incubação, o dia 1 da estação corresponde ao primeiro dia de atividade do primeiro ninho ativo com ovo e o último dia da estação ao último dia do último ninho ativo com ovo. E para a modelagem da TSD da fase de ninhego, o dia 1 da estação corresponde ao primeiro dia de atividade do primeiro ninho ativo com ninhego e o último dia da estação ao último dia do último ninho ativo com ninhego. O período médio de incubação e o período mínimo de permanência dos ninhegos no ninho é de 14 e 13 dias, respectivamente. A postura ocorre em dias consecutivos e a incubação tem início no dia da postura do último ovo.

Para a modelagem da sobrevivência de ninhos no Programa MARK são necessários os seguintes dados básicos que mostram a história do ninho e seu destino: a data de encontro do primeiro dia de atividade do ninho; o último dia de monitoração em que o ninho foi observado ativo; o primeiro dia em que o ninho foi monitorado sem conteúdo após um período de atividade; a categorização binária do ninho como bem sucedido (0) ou predado (1); e o número de ninhos que possuem a mesma história referente aos quatro dados anteriores, que neste trabalho foram individuais para cada ninho e representada pelo número 1 (Cooch & White 2009).

As TSDs foram comparadas entre os tratamentos através do teste t-Student para duas amostras independentes. Foi adotado o nível de significância de  $p \leq 0,05$  para todas as análises.

Tabela 1. Duração da fase de ninhego de ninhadas manipuladas e controle I e das fases de ninho, incubação e ninhego de ninhadas controle I e controle II nas análises da taxa de sobrevivência diária (TSD) de cada uma dessas fases.

<b>Ninhadas</b>	<b>Primeiro dia de atividade do ninho</b>	<b>Último dia de atividade do ninho</b>
<b>Manipulada e Controle I</b>		
<i>TSD do ninhego</i>		
2009	8 de outubro (dia 1)	4 de novembro (dia 28)
2010	11 de outubro (dia 1)	22 de novembro (dia 43)
<b>Controle I e Controle II</b>		
<i>TSD do ninho</i>		
2009	25 de setembro (dia 1)	13 de novembro (dia 50)
2010	21 de setembro (dia 1)	12 de novembro (dia 53)
<i>TSD do ovo</i>		
2009	25 de setembro (dia 1)	31 de outubro (dia 37)
2010	21 de setembro (dia 1)	29 de outubro (dia 39)
<i>TSD do ninhego</i>		
2009	8 de outubro (dia 1)	12 de novembro (dia 37)
2010	11 de outubro (dia 1)	12 de novembro (dia 33)

Para as ninhadas controle I e controle II foram calculados o sucesso de Mayfield (1961, 1975). A sobrevivência dos ninhos conforme Mayfield, que assume TSDs constantes ao longo da estação, foi obtida elevando a TSD encontrada no modelo constante ao número de dias necessários para completar o ciclo de um ninho (TSD<sup>28</sup>). Os dias necessários para completar o ciclo de um ninho incluem um dia de postura, 14 dias de incubação e 13 dias de tempo mínimo de permanência de ninhegos no ninho.



## **Resultados**

Durante as duas estações reprodutivas foram monitorados 217 ninhos de *E. chiriquensis*, dos quais foram manipuladas um total de 50 ninhadas (dois ovos em cada, totalizando 100 ovos manipulados), 20 em 2009 e 30 em 2010. O controle I totalizou 49 ninhadas (dois ovos em cada), 18 em 2009 e 31 em 2010; e o controle II, 118 ninhadas (dois ovos em cada), 55 em 2009 e 63 em 2010.

### *Efeito da incubação em cativeiro*

#### **Taxa média de eclosão**

A taxa média de eclosão (porcentagem de ovos eclodidos por ninho) foi influenciada positivamente pelo manejo. Foi observado um aumento significativo na taxa média de eclosão  $\pm$  EP dos ovos incubados artificialmente quando comparados à ninhada controle I ( $U = 1827,0$ ; g.l. = 49, 50;  $p < 0,001$ ) (Figura 9, Tabela 2). Para os dois anos de estudo, a ninhada manipulada apresentou uma taxa média de eclosão de  $78 \pm 5$  % dos ovos, sendo  $85 \pm 5$  % em 2009 e  $73 \pm 7$  % em 2010. A ninhada controle I apresentou uma taxa de eclosão de apenas  $36 \pm 7$  %, sendo  $31 \pm 10$  % em 2009 e  $39 \pm 9$  % em 2010.

#### **Sobrevivência diária dos ninhegos**

Não houve uma interferência positiva ou negativa da manipulação na taxa de sobrevivência diária (TSD  $\pm$  EP) dos ninhegos (Figura 10, Tabela 2). A sobrevivência diária dos ninhegos da ninhada manipulada sem a utilização de pais adotivos (considerando para as análises apenas a devolução dos ninhegos a ninhos manipulados) não diferiu significativamente à da ninhada controle I nos dois anos de estudo ( $t = 0,397$  g.l. = 20;  $p = 0,696$ , em 2009 e  $t = -0,592$ ; g.l. = 27;  $p = 0,559$ , em 2010).

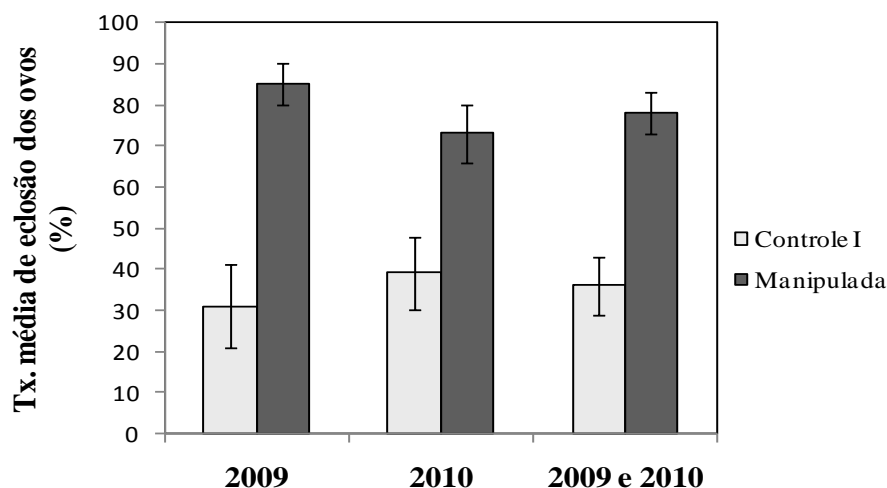


Figura 9. Taxa média de eclosão dos ovos  $\pm$  EP ( $n^\circ$  de filhotes eclodidos /  $n^\circ$  de ovos da ninhada) de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (ovos incubados na natureza) e manipulada (ovos incubados artificialmente) nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e manipulada, respectivamente) foi: 2009,  $n = 18$  e  $20$ ; 2010,  $n = 31$  e  $30$ ; 2009 e 2010,  $n = 49$  e  $50$ .

Do mesmo modo, a sobrevivência diária dos ninhegos da ninhada manipulada com a utilização de pais adotivos (quando os ninhegos colocados em pais adotivos, oriundos de ninhos manipulados totalmente destruídos, também são considerados nas análises) não diferiu significativamente à da ninhada controle I nos dois anos de estudo ( $t = 0,582$  g.l. = 26;  $p = 0,566$ , em 2009 e  $t = -1,300$ ; g.l. = 43;  $p = 0,200$ , em 2010). Em 2009, as ninhadas manipuladas sem a utilização de pais adotivos e com a utilização de pais adotivos apresentaram uma TSD semelhante entre si ( $0,941 \pm 0,021$  e  $0,934 \pm 0,019$ , respectivamente) e a ninhada controle I,  $0,955 \pm 0,025$ . Em 2010, a ninhada manipulada sem e com a utilização de pais adotivos apresentou uma TSD dos ninhegos de  $0,918 \pm 0,025$  e  $0,934 \pm 0,015$ , respectivamente, enquanto que a ninhada controle I, apresentou uma sobrevivência dos ninhegos de  $0,895 \pm 0,03$ .

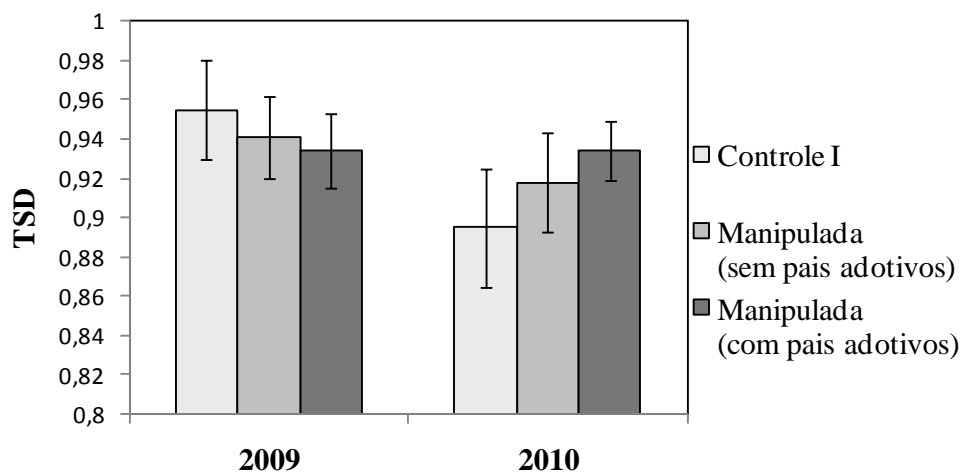


Figura 10. Taxa de sobrevivência diária (TSD  $\pm$  EP) durante a fase de ninhego de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (ovos incubados na natureza) e manipulada (ovos incubados artificialmente) sem e com a utilização de pais adotivos nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada [controle I, manipulada (sem pais adotivos) e manipulada (com pais adotivos), respectivamente] foi: 2009, n = 18, 19 e 21; 2010, n = 14, 15 e 31.

### Produção de filhotes

A taxa de produção de filhotes foi maior em ninhos manipulados e diretamente proporcional à quantidade de manejo utilizada (Figura 11, Tabela 2). Em ninhos do controle I a taxa de produção de filhotes foi de apenas 0,22 filhotes/ninhada nos dois anos de estudo, sendo de 0,28 em 2009 e 0,19 em 2010. Para o mesmo período, a produção de filhotes da ninhada manipulada sem a utilização de pais adotivos, quase duplicou (0,40 filhotes/ninhada) (0,60 em 2009, 0,27 em 2010) em comparação com os ninhos não manipulados do controle I. Apesar disso, os grupos não apresentaram uma diferença significativa entre si quanto à produção de filhotes ( $\chi^2 = 2,886$ , g.l. = 1, p = 0,089). Entretanto, quando os ninhegos colocados em ninhos com pais adotivos também

são considerados, a ninhada manipulada aumentou significativamente a produção de filhotes (0,56 filhotes/ninhada) (0,70 em 2009 e 0,47 em 2010) ( $\chi^2 = 8,806$ , g.l. = 1,  $p = 0,003$ ) em relação ao controle I.

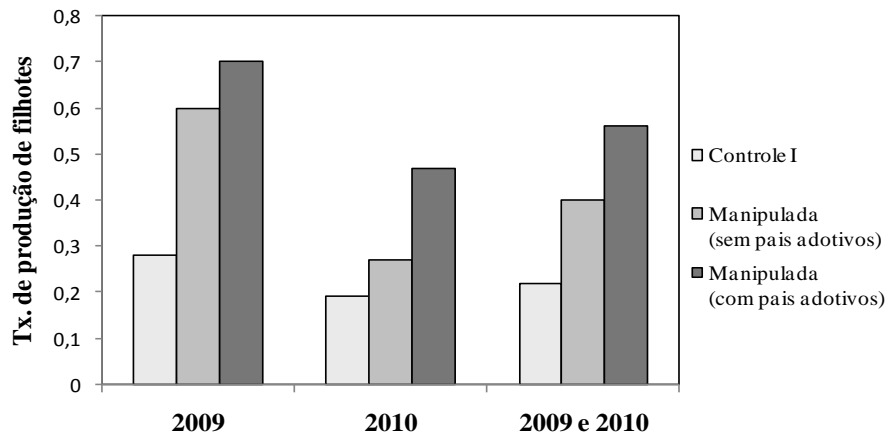


Figura 11. Taxa de produção de filhotes ( $n^{\circ}$  de filhotes que voaram/ $n^{\circ}$  total de ninhos) de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (ovos incubados na natureza) e manipulada (ovos incubados artificialmente) sem e com a utilização de pais adotivos nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada [controle I, manipulada (sem pais adotivos) e manipulada (com pais adotivos), respectivamente] foi: 2009,  $n = 18, 20$  e  $20$ ; 2010,  $n = 31, 30$  e  $30$ ; 2009 e 2010,  $n = 49, 50$  e  $50$ .

### Sucesso aparente dos ninhos

O sucesso aparente foi maior na ninhada manipulada e influenciado pela quantidade de manejo utilizada (Figura 12, Tabela 2). O sucesso aparente de ninhos manipulados sem a utilização de pais adotivos foi de 26% nos dois anos de estudo (40% em 2009 e 16,6% em 2010). No entanto, a utilização de pais adotivos na ninhada manipulada aumentou o sucesso aparente para 42% (50% em 2009 e 36,6% em 2010). A ninhada controle I teve apenas 14,2% de seus ninhos com sucesso (22,2% em 2009 e 9,6% em 2010), uma

porcentagem significativamente menor ao sucesso dos ninhos obtido com a utilização de pais adotivos na ninhada manipulada ( $\chi^2 = 8,055$ , g.l. = 1,  $p = 0,002$ ).

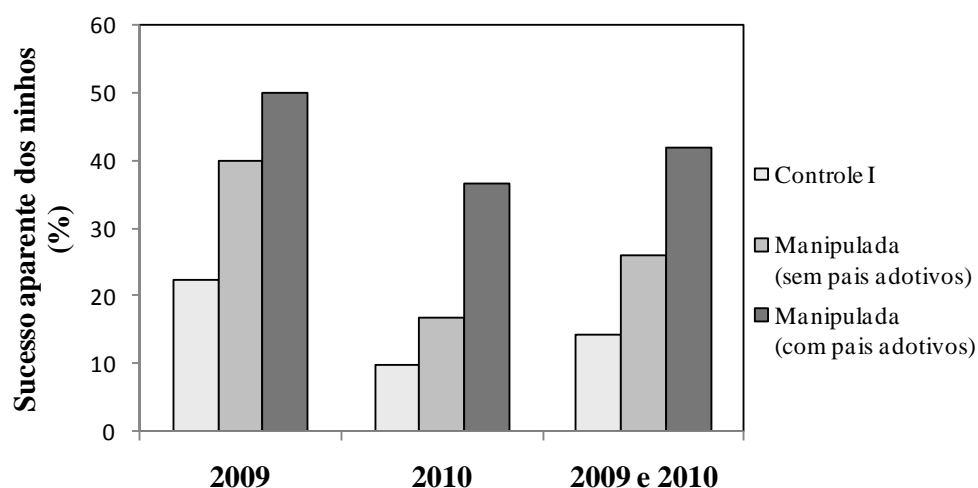


Figura 12. Sucesso aparente dos ninhos (nº de ninhos bem sucedidos/nº total de ninhos) de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (ovos incubados na natureza) e manipulada (ovos incubados artificialmente) sem e com a utilização de pais adotivos nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada [controle I, manipulada (sem pais adotivos) e manipulada (com pais adotivos), respectivamente] foi: 2009,  $n = 18, 20$  e  $20$ ; 2010,  $n = 31, 30$  e  $30$ ; 2009 e 2010,  $n = 49, 50$  e  $50$ .

#### *Efeito da frequência de visitação*

#### **Taxa média de eclosão**

A taxa média de eclosão dos ovos não variou em função da frequência de visitação aos ninhos (Figura 13, Tabela 4). Apesar da monitora o diária dos ninhos da ninhada controle I, sua taxa média de eclosão  $\pm$  EP para os dois anos ( $36\% \pm 10\%$ ) ( $31\% \pm 9\%$  em 2009 e  $39\% \pm 7\%$  em 2010) não diferiu significativamente da taxa da ninhada controle II ( $31\% \pm 4\%$ ) ( $34\% \pm 6\%$  em 2009 e  $29\% \pm 5\%$  em 2010) ( $U = 2735,0$ , g.l. = 49 e 118,  $p = 0,522$ ).

Tabela 2. Parâmetros reprodutivos de *Elaenia chiriquensis* nas ninhadas controle I (n=49) e manipuladas (n=50) durante as estações reprodutivas dos dois anos de estudo (2009 e 2010) em conjunto (taxa de eclosão, taxa de produção de filhotes e sucesso aparente dos ninhos) e para cada um dos anos de estudo em separado (taxa de sobrevivência diária).

Taxas reprodutivas	Controle I	Manipulada	
		sem pais adotivos	com pais adotivos
Taxa média de eclosão ± EP (%)	36,0 ± 7 ** (n = 49)	78,0 ± 5 ** (n = 50)	
Taxa de sobrevivência diária ± EP (2009)			
Ninhego	0,955 ± 0,025 (n = 18)	0,941 ± 0,021 (n = 19)	0,934 ± 0,019 (n = 21)
Taxa de sobrevivência diária ± EP (2010)			
Ninhego	0,895 ± 0,03 (n = 14)	0,918 ± 0,025 (n = 15)	0,934 ± 0,015 (n = 21)
Taxa de produção de filhotes	0,2 * (n = 49)	0,4 (n = 50)	0,6 * (n = 50)
Sucesso aparente dos ninhos (%)	14,2 * (n = 49)	26 (n = 50)	42 * (n = 50)

\*  $p \leq 0,05$

\*\*  $p \leq 0,001$

### Sobrevivência diária dos ovos, ninhegos e ninhos

A monitoração diária dos ninhos, realizada na ninhada controle I, não interferiu na sobrevivência diária dos ovos durante a fase de incubação. As TSDs ± EP dos ovos das ninhadas controle I e controle II foram semelhantes nos dois anos de estudo e não apresentaram uma diferença significativa entre si ( $t = -0,242$ ; g.l. = 71;  $p = 0,809$ , em 2009 e  $t = 0,538$ ; g.l. = 92;  $p = 0,592$ , em 2010). Em 2009 a sobrevivência dos ovos da ninhada controle I foi de  $0,923 \pm 0,023$  e do controle II,  $0,929 \pm 0,012$ . Em 2010, a sobrevivência dos ovos das ninhadas controle I e controle II foi de  $0,927 \pm 0,016$  e  $0,916 \pm 0,012$ , respectivamente (Figura 14, Tabela 4).

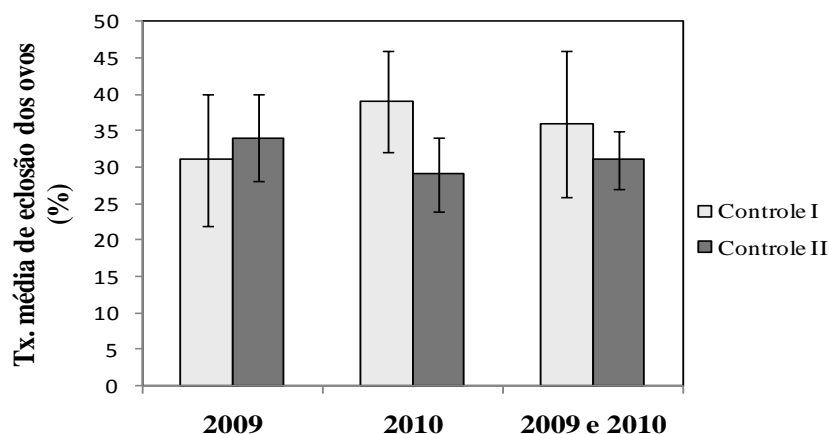


Figura 13. Taxa média de eclosão dos ovos  $\pm$  EP (nº de filhotes eclodidos/nº de ovos da ninhada) de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (monitoração diária) e controle II (monitoração a cada 3-4 dias) nos anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e controle II, respectivamente) foi: 2009, n = 18 e 55; 2010, n = 31 e 63; 2009 e 2010, n = 49 e 118.

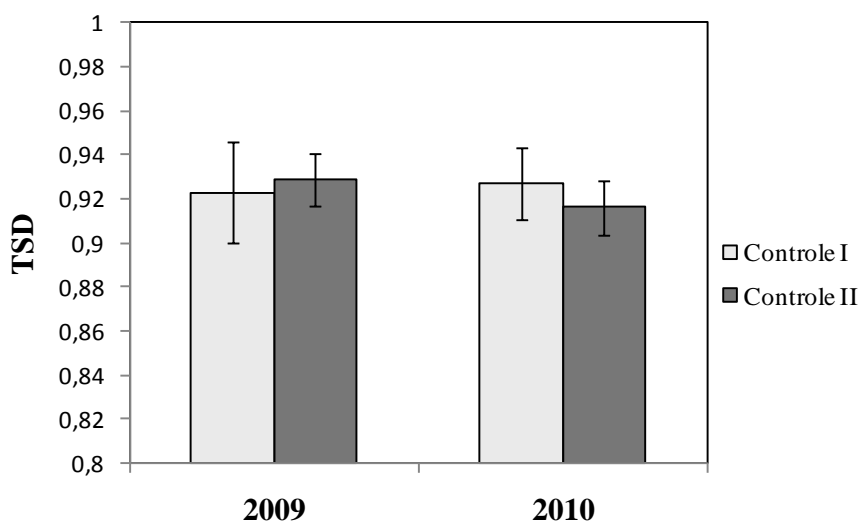


Figura 14. Comparação das taxas de sobrevivência diária (TSD  $\pm$  EP) durante a fase de incubação de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (monitoração diária) e controle II (monitoração a cada 3-4 dias) nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e controle II, respectivamente) foi: 2009, n = 18 e 55; 2010, n = 31 e 63.

O aumento da frequência de visitação aos ninhos da ninhada controle I durante a fase de incubação não interferiu na sobrevivência diária dos ninhegos nos dois anos de estudo. A sobrevivência diária de ninhegos da ninhada controle I não diferiu significativamente à sobrevivência da ninhada controle II ( $t = 0,940$ ; g.l. = 26;  $p = 0,356$ , em 2009 e  $t = -0,694$ ; g.l. = 33;  $p = 0,493$ , em 2010). Em 2009 a sobrevivência dos ninhegos da ninhada controle I foi de  $0,955 \pm 0,025$  e do controle II,  $0,918 \pm 0,021$ . Em 2010, a sobrevivência dos ninhegos das ninhadas controle I e controle II foi de  $0,895 \pm 0,030$  e  $0,919 \pm 0,020$ , respectivamente (Figura 15, Tabela 4).

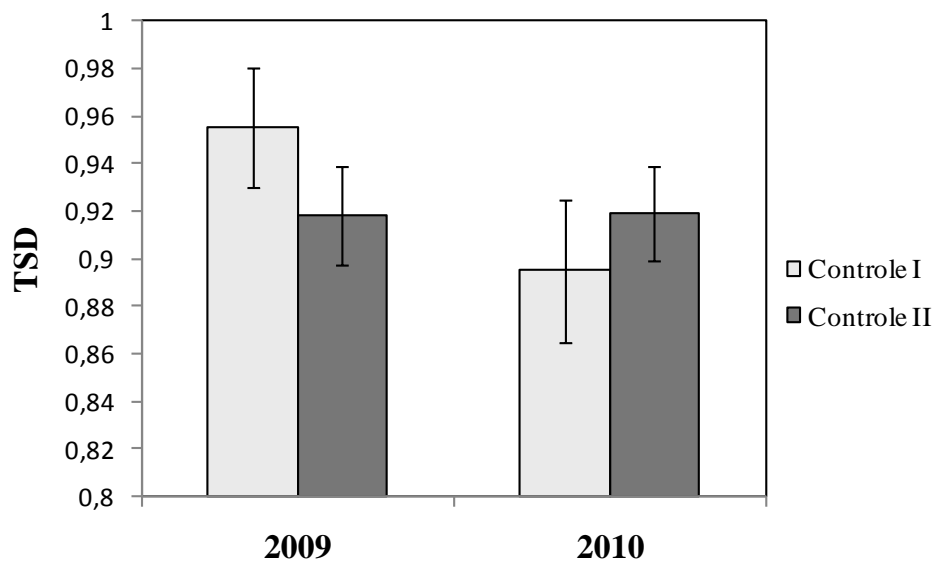


Figura 15. Comparação das taxas de sobrevivência diária (TSD  $\pm$  EP) durante a fase de ninhego de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (monitoração diária) e controle II (monitoração a cada 3-4 dias) nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e controle II, respectivamente) foi: 2009,  $n = 7$  e 21; 2010,  $n = 14$  e 21.



A frequência de visitação não ter interferiu nas TSDs dos ninhos, representado pelas fases de incubação e de ninhegos juntas, semelhantes entre os dois tratamentos nos dois anos de estudo e não diferindo significativamente entre si ( $t = 0,250$ ; g.l. = 71;  $p = 0,803$ , em 2009 e  $t = 0,441$ ; g.l. = 92;  $p = 0,660$ , em 2010). Em 2009, mesmo com a monitoração diária, a ninhada controle I teve uma TSD  $\pm$  EP do ninho ( $0,936 \pm 0,017$ ) similar à ninhada controle II ( $0,931 \pm 0,009$ ). O mesmo padrão foi observado em 2010, quando as TSDs das ninhadas controle I e controle II foram,  $0,927 \pm 0,016$  e  $0,919 \pm 0,010$ , respectivamente (Figura 16, Tabela 4).

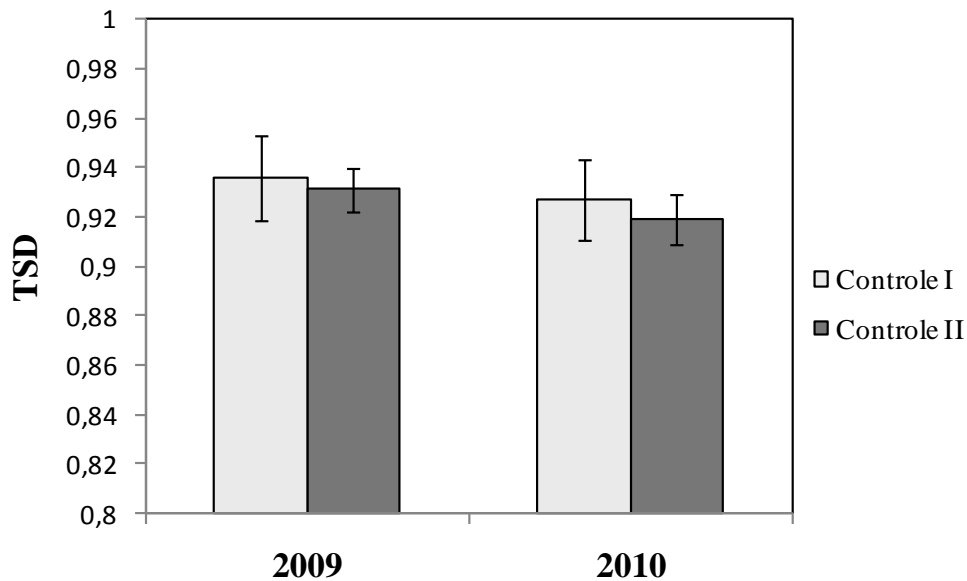


Figura 16. Comparação das taxas de sobrevivência diária (TSD) de todo período de ninho de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (monitoração diária) e controle II (monitoração a cada 3-4 dias) nos anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e controle II, respectivamente) foi: 2009,  $n = 18$  e  $25$ ; 2010,  $n = 31$  e  $63$ .

## Produção de filhotes

A taxa de produção de filhotes não sofreu interferência com a frequência de visitação aos ninhos (Figura 17, Tabela 4). Nos dois anos de estudo, a produção de filhotes do controle I e controle II foram muito semelhantes, 0,22 filhotes/ninhada (0,28 em 2009 e 0,19 em 2010) e 0,21 filhotes/ninhada (0,24 em 2009 e 0,19 em 2010), respectivamente, não diferindo significativamente entre eles ( $\chi^2 = 0,029$ , g.l. = 1,  $p = 0,865$ ). Isso indica que o aumento da frequência de visitação aos ninhos, realizado na ninhada controle I, não interferiu na sua produção de filhotes.

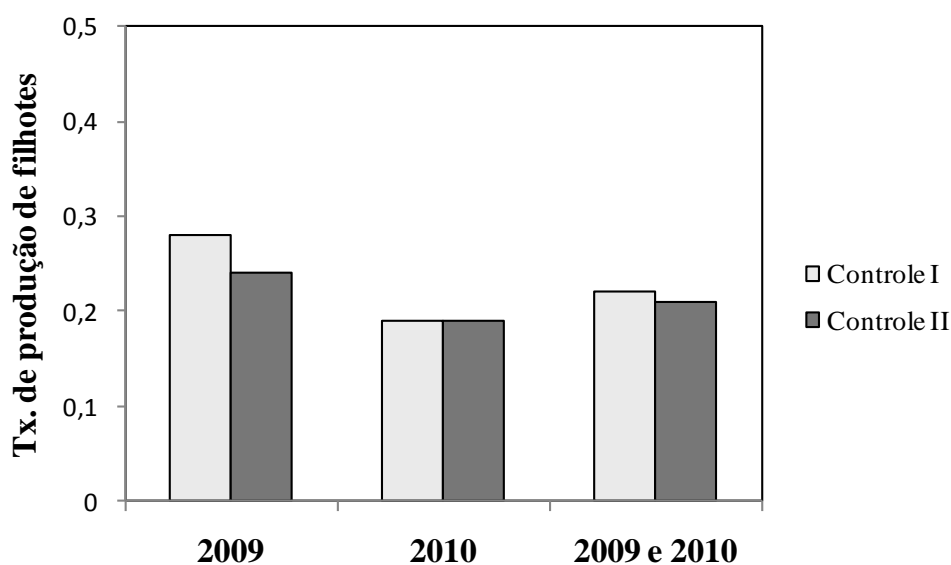


Figura 17. Taxa de produção de filhotes (nº filhotes que voaram/nº total de ninhos) de *Elaenia chiriquensis* para ninhos das ninhadas controle I (monitoração diária) e controle II (monitoração a cada 3-4 dias) nos dois anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e controle II, respectivamente) foi: 2009, n = 18 e 55; 2010, n = 31 e 63; 2009 e 2010, n = 49 e 118.

### Sucesso reprodutivo dos ninhos (sucesso de Mayfield)

O sucesso reprodutivo dos ninhos foi influenciado pela frequência de visitação (Figura 18, Tabela 4). Apesar da monitoração diária feita na ninhada controle I, a probabilidade de sobrevivência de um ninho deste grupo calculada com base na TSD obtida do modelo constante, correspondente à estimativa do sucesso pelo método de Mayfield (TSD<sup>28</sup>) foi de 16% em 2009 e 14% em 2010, superior ao sucesso dos ninhos da ninhada controle II, de 12% em 2009 e 9% em 2010. O sucesso reprodutivo dos ninhos também variou entre os anos, sendo maior em 2009.

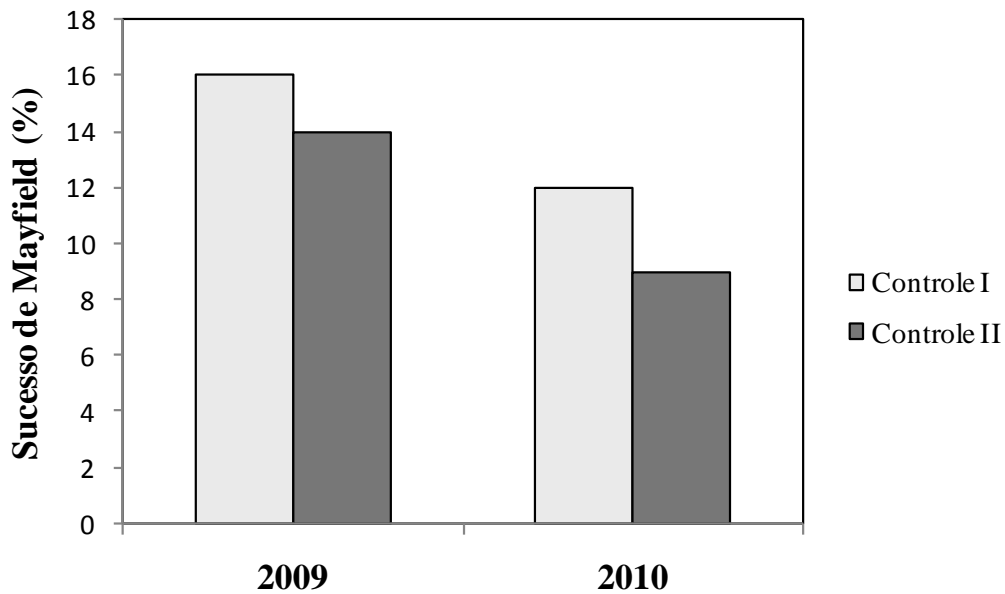


Figura 18. Sucesso de Mayfield de *Elaenia chiriquensis* para ninhadas controle I (monitoração diária) e controle II (monitoração a cada 3-4 dias) nos anos de estudo. O tamanho amostral para cada ano e ninhada (controle I e controle II, respectivamente) foi: 2009, n = 18 e 55; 2010, n = 31 e 63.

### *Considerações sobre o manejo*

Durante todo o processo de manipulação, 22 ovos e um filhote foram perdidos. Destes ovos, 19 não eclodiram (cinco em 2009 e 14 em 2010) e três foram quebrados acidentalmente (dois em 2009 e um em 2010). O único filhote perdido morreu por razão desconhecida pouco depois de ter sido retirado da incubadora em 2010.

Durante os dois anos de estudo, houve uma aceitação pelas fêmeas de 100% dos ovos artificiais. Dos 77 ninhegos devolvidos aos ninhos, 74 foram aceitos pelas fêmeas (30 em 2009 e 44 em 2010). Dois ninhos manipulados durante a fase de incubação foram abandonados pelos adultos dias após aceitarem e incubarem os ovos artificiais. Dos 50 ninhos manipulados com ovos artificiais, 32 foram predados na fase de ovo (13 em 2009 e 19 em 2010). Devido à reposição dos ovos artificiais perdidos por predação na monitoração diária, 12 ninhos predados foram mantidos pelas fêmeas (6 em 2009 e 6 em 2010), permitindo posteriormente a devolução dos ninhegos ao seu ninho original.

A quantidade de ovos incubados artificialmente que não eclodiu foi de 12,5% e 25%, respectivamente em 2009 e 2010, enquanto que a quantidade de ovos não eclodidos observados na natureza (i.e.: aqueles que permaneceram no ninho dias após a eclosão do irmão), foi de 0,5% em 2009 e 3,8% em 2010. Como os ovos nesse estudo foram removidos imediatamente no início da incubação, a fertilidade dos ovos não pode ser identificada através do ovoscópio antes de serem incubados na incubadora. Após, aproximadamente, três dias de incubação, já foi possível visualizar o início da formação das veias do embrião. Em 2010, oito deles foram identificados como “inférteis” e em seis foram observados a morte tardia do embrião (três deles morreram no meio da incubação e três no final), não sendo possível identificar as causas.

## **Custos do manejo**

O custo da manipulação dos 30 ninhos, para a metodologia utilizada nesse estudo com reposição de ovos artificiais após eventos de predação em ninhadas manipuladas foi de R\$ 10.439,86 (dez mil quatrocentos e trinta e nove reais e oitenta e seis centavos) (ou cerca de US\$ 6.105,18 em dezembro de 2010) com a utilização de pais adotivos e R\$ 5.839,86 (cinco mil oitocentos e trinta e nove reais e oitenta e seis centavos) (ou cerca de US\$ 3.415,12 em dezembro de 2010), sem a utilização de pais adotivos, para os dois anos de estudo (Tabela 3). O custo estimado para a mesma quantidade de ninhos manipulados ( $n = 30$ ), para a metodologia sem a reposição dos ovos artificiais, diminuiu para R\$ 4.489,86 (quatro mil e quatrocentos e oitenta e nove reais e oitenta e seis centavos) (ou cerca de US\$ 2.625,64 em dezembro de 2010), incluindo os mesmos gastos acima.

O custo do manejo por filhote produzido para cada metodologia foi de: R\$ 345,37 (trezentos e quarenta e cinco reais e trinta e sete centavos) para a metodologia sem a reposição dos ovos artificiais (13 filhotes produzidos - quantidade estimada); R\$ 292,00 (duzentos e noventa e dois reais), para a metodologia com reposição dos ovos artificiais e sem pais adotivos (20 filhotes produzidos); e R\$372,85 (trezentos e setenta e dois reais e oitenta e cinco centavos), para a metodologia com reposição dos ovos artificiais e com pais adotivos (28 filhotes produzidos) (Figura 19).

Tabela 3. Custo total das metodologias: sem a reposição dos ovos artificiais, com a reposição dos ovos artificiais e sem a utilização de pais adotivos e com a reposição dos ovos artificiais e com a utilização de pais adotivos.

Gastos	Sem reposição dos ovos artificiais	Com reposição dos ovos artificiais	
		sem pais adotivos	com pais adotivos
Combustível	R\$ 1000,00	R\$ 1450,00	R\$ 2450,00
Mão-de-obra	R\$ 2400,00	R\$ 3300,00	R\$ 6900,00
Produtos utilizados na fabricação de ovos, transporte de ovos/ninhegos e	R\$ 89,86	R\$ 89,86	R\$ 89,86
Incubadora	R\$ 1000,00	R\$ 1000,00	R\$ 1000,00
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$ 4489,86</b>	<b>R\$ 5839,86</b>	<b>R\$ 10439,86</b>

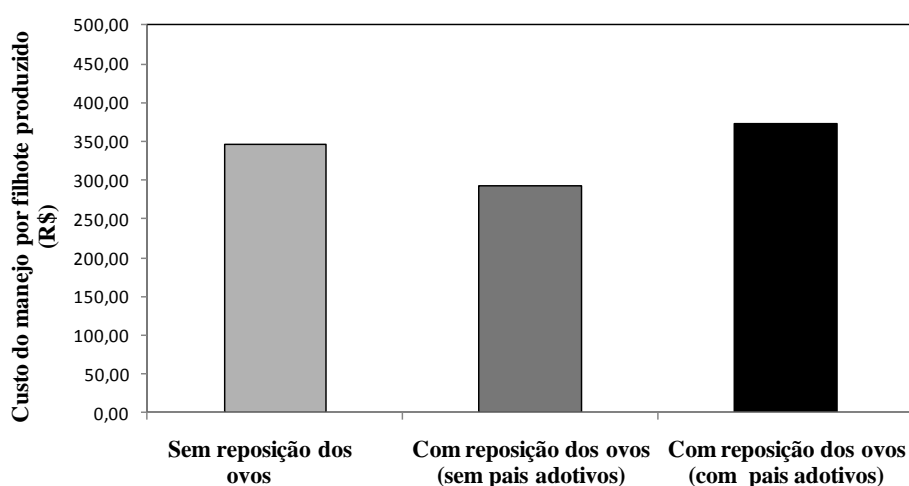


Figura 19. Custo do manejo por filhote produzido (R\$) para cada metodologia: sem a reposição dos ovos artificiais, com a reposição dos ovos artificiais e sem a utilização de pais adotivos e com a reposição dos ovos artificiais e com a utilização de pais adotivos.

## **Discussão**

### *Eficiência da manipulação*

#### **Taxa de eclosão**

A manipulação de ninhadas de aves selvagens realizada neste estudo mostrou ser uma metodologia eficiente para aumentar a taxa de eclosão dos ovos. Os ovos incubados em laboratório apresentaram maior taxa de eclosão (78%) que os ovos incubados naturalmente em campo (36%), ressaltando a eficiência da incubação artificial em proporcionar um aumento na taxa de eclosão dos ovos. Uma baixa taxa de eclosão para ovos incubados na natureza, de apenas 35%, também foi encontrada para aves neotropicais da Costa Rica (Skutch 1966). Já taxas de eclosão para os ovos de aves selvagens endêmicas do Havaí manejados com o objetivo de conservar as espécies também foram elevadas [*Hemignathus virens* (85%), *Myadestes obscurus* (93,1%), *Myadestes palmeri* (90,7%) e *Loxioides hailleui* (95,5%)] (Kuehler 1996, 2000, 2001).

Sob condições ótimas de incubação artificial, espera-se que ovos de aves selvagens da região tropical possuam uma alta taxa de eclosão devido à ausência de alguns fatores como, por exemplo, mudanças bruscas do clima e a predação. No entanto, a ausência de fatores que só o ambiente e os pais no hábitat natural oferecem, podem contribuir para um decréscimo nas taxas de eclosão obtidas pela incubação artificial (Klimstra 2009), incluindo a ausência: 1) da diferença de calor fornecida pela incubação pelo adulto entre a superfície superior e inferior dos ovos, 2) do incentivo ao crescimento de micróbios benéficos sobre a superfície do ovo, 3) do resfriamento periódico dos ovos quando os adultos deixam o ninho, 4) do padrão particular de rotação dos ovos e 5) do estímulo para a eclosão fornecido pela vocalização dos pais e irmãos (Ar & Sidis 2002, Baggott & Graeme-Cook 2002, Deeming 2002).

Tabela 4. Parâmetros reprodutivos de *Elaenia chiriquensis* de ninhadas controle I (n=49) e controle II (n=118) durante as estações reprodutivas dos dois anos de estudo em conjunto, 2009 e 2010 (taxa média de eclosão e taxa de produção de filhotes) e para os anos 2009 e 2010, separadamente (taxas de sobrevivência diária e sucesso de Mayfield).

<b>Taxas reprodutivas</b>	<b>Controle I</b>	<b>Controle II</b>
Taxa média de eclosão ± EP (%)	36,0 ± 10 (n = 49)	31,0 ± 4 (n = 118)
Taxa de sobrevivência diária ± EP (2009)		
Ovo	0,923 ± 0,023 (n = 18)	0,929 ± 0,012 (n = 55)
Ninhego	0,955 ± 0,025 (n = 7)	0,918 ± 0,021 (n = 21)
Ninho	0,936 ± 0,017 (n = 18)	0,931 ± 0,009 (n = 25)
Taxa de sobrevivência diária ± EP (2010)		
Ovo	0,927 ± 0,016 (n = 31)	0,916 ± 0,012 (n = 63)
Ninhego	0,895 ± 0,030 (n = 14)	0,919 ± 0,020 (n = 21)
Ninho	0,927 ± 0,016 (n = 31)	0,919 ± 0,010 (n = 63)
Taxa de produção de filhotes	0,2 (n = 49)	0,2 (n = 118)
Sucesso de Mayfield (%) (2009)	16 (n = 18)	12 (n = 55)
Sucesso de Mayfield (%) (2010)	14 (n = 31)	9 (n = 63)

Esses fatores podem estar relacionados ao aumento conseguido de aproximadamente 20% na taxa de eclosão se os ovos receberem aproximadamente cinco dias de incubação natural antes da incubação artificial (Burnham 1983). Entretanto, como a incubação artificial é utilizada nesse estudo para evitar a predação na fase de ovo, deixar de manipular os ovos no início da incubação seria expor-los à predação por um tempo maior. Devido à forte pressão seletiva que a predação exerce sobre ninhadas



de aves (Ricklefs 1969, Martin 1993), a perda de muitos ovos poderia não ser compensada pelo aumento da taxa de eclosão que seria obtida.

Apesar da possibilidade de se conseguir valores elevados de taxas de eclosão com a incubação artificial na região tropical devido à ausência de fatores como a predação, a eclosão dos ovos dificilmente chegará a 100%. Ovos não eclodidos muitas vezes são considerados erroneamente como inférteis (Birkhead *et al.* 2008). No entanto, dentre os ovos a serem incubados artificialmente, além dos ovos que não eclodirão por serem inférteis poderá haver ovos cujo embrião não se desenvolverá corretamente por motivos relacionados à pré-incubação ou devido a condições inadequadas proporcionadas pela incubação artificial; e ovos que poderão ser quebrados acidentalmente durante a manipulação (Graber 1955, Snelling 1972, Wilson *et al.* 2003, Pedroso 2006, Klimstra 2009).

Dentre as condições inadequadas proporcionadas pela incubação artificial estão a temperatura, umidade, oxigênio e rotação dos ovos (Gould & Gould 1989, Tullet 1990, Deeming & Ferguson 1991, Meijerhof 1992). Outros motivos que podem causar a morte do embrião incluem diversos fatores relacionados à pré-incubação que determinam a qualidade do embrião e da casca, entre eles, a genética parental, nutrição, idade materna, condições ambientais tais como o clima e luminosidade (French & Tullett 1991, Christensen 2001, Birkhead & Brillard 2007), e os métodos de remoção, armazenamento e transporte dos ovos. Já a infertilidade pode ocorrer, por exemplo, devido a uma quantidade insuficiente de espermatozoides (Pizzari & Birkhead 2000) ou devido à má formação dos espermatozoides (Bakst & Cecil 1997, Ackerman *et al.* 1999); e a morte do embrião pode ocorrer muito precocemente ou mais tardiamente, antes da eclosão (Lodge *et al.* 1971, Christensen 2001, Brun *et al.* 2004, Sellier *et al.* 2005).

## **Sobrevivência diária dos ninhegos e produção de filhotes**

A taxa de sobrevivência diária na fase de ninhego de ninhos manipulados e não manipulados não diferiu entre si. Uma TSD da fase de ninhego semelhante à encontrada nesse estudo para os ninhos manipulados, de 0,946, foi encontrada para a mesma espécie (Medeiros 2004). A ausência de uma interferência positiva ou negativa da manipulação nas TSDs dos ninhegos mostra que outros fatores podem ter contribuído mais para o risco de predação dos ninhos na fase de ninhego como, o cuidado parental no ninho (Skutch 1949), a densidade de predadores e o sítio de nidificação (Fontaine *et al.* 2007). Apesar da taxa de sobrevivência diária na fase de ninhego de ninhadas manipuladas ter sido menor que a da natureza em 2009, a taxa de produção de filhotes em ninhadas manipuladas (0,60 sem pais adotivos e 0,70 com pais adotivos) foi muito superior à da ninhada controle I (0,28). Isso mostra que, mesmo com uma probabilidade de predação de ninhegos um pouco maior de ninhadas manipuladas, a quantidade de ninhegos que retornaram aos ninhos após a incubação artificial foi muito superior, aumentando assim, as chances de mais filhotes serem produzidos. Já em 2010, a taxa de sobrevivência diária na fase de ninhegos de ninhadas manipuladas foi maior que ninhadas controle I. Dessa forma, com uma probabilidade de predação menor e com uma quantidade maior de ninhegos em ninhadas manipuladas, a taxa de produção de filhotes desses ninhos (0,27 sem pais adotivos e 0,47 com pais adotivos) também superou à de ninhos não manipulados (0,19). Estimativas de sobrevivência dos ninhos é uma forma eficaz de avaliar a conservação de aves e estratégias de manejo (Jehle 2004).

## **Sucesso aparente dos ninhos**

O sucesso aparente dos ninhos foi maior em ninhadas manipuladas (26% sem pais adotivos e 42% com pais adotivos) do que em ninhadas controle I (14,2%) nos dois anos de estudo. O sucesso reprodutivo de ninhadas manipuladas com a utilização de pais adotivos também foi elevado quando comparado com o sucesso encontrado para a mesma espécie na mesma área de estudo, (33%, Medeiros & Marini 2007), e quando comparado a outros passeriformes que nidificam na mesma área de estudo, *Suiriri affinis* (19%) e *Suiriri islerorum* (14%) (Lopes & Marini 2005), *Elaenia cristata* (27,1%) (Marini *et al.* 2009), *Neothraupis fasciata* (28,6%) (Duca 2007) e *Cypsnagra hirundinacea* (32,7%) (Santos 2008).

### *Efeito da quantidade de manejo utilizada*

As taxas de produção de filhotes e sucesso aparente foram diretamente proporcionais à quantidade de manejo utilizada, sendo que ninhadas manipuladas obtiveram maiores taxas reprodutivas que ninhadas controle I, corroborando a hipótese de que esses parâmetros reprodutivos variam com a quantidade de manejo utilizada. Mesmo que estatisticamente não tenha ocorrido uma diferença significativa dessas taxas entre ninhadas manipuladas sem a utilização de pais adotivos e ninhadas controle I, é possível observar que a produção de filhotes e o sucesso aparente dos ninhos praticamente dobraram nesses ninhos. Logo, mesmo a não utilização de pais adotivos também torna a metodologia testada neste estudo uma estratégia de manejo eficiente para o manejo e conservação de espécies de aves.

No entanto, ao considerar os ninhegos colocados em ninhos de pais adotivos, essas taxas reprodutivas aumentaram significativamente mais. Isso mostra a importância de se procurar uma quantidade extra de ninhos não manipulados para serem utilizados

como pais adotivos de ninhegos que venham a perder seus ninhos originais, por predação ou abandono dos adultos, para potencializar essa estratégia de manejo na produção de filhotes e no sucesso reprodutivo da espécie manejada. Entretanto, o uso de pais adotivos só foi possível devido à grande quantidade de ninhos da espécie existentes na área de estudo. Entre 2002 e 2008 foram encontrados 750 ninhos de *E. chiriquensis* [8 em 2002, 80 em 2003, 36 em 2004, 124 em 2005, 214 em 2006, 139 em 2007, 149 em 2008 (Costa 2010), 216 em 2009 e 275 em 2010], correspondendo a aproximadamente 68% do total de ninhos encontrados na área de estudo para esse período. Por isso, é provável que para espécies fortemente ameaçadas, com uma população diminuta, a realização dessa metodologia com a utilização de pais adotivos seja difícil de ser adotada.

#### *Efeito da frequência de visitação*

Apesar da monitora o de ninhos ser intensivamente utilizada para estudos sobre o sucesso reprodutivo de aves (Mayfield 1975, Johnson 1979, Bart & Robson 1982, Nichols *et al.* 1984, Pollock & Cornelius 1988) e o aumento na frequência de visita o poder intensificar a preda o de ninhos e prejudicar o sucesso reprodutivo de aves (Major 1989, Martin 1993), a monitora o diária, exigida pela metodologia para manter a fêmea no ninho incubando os ovos artificiais, não interferiu negativamente os resultados obtidos. A ninhada controle I, que foi monitorada com maior frequência, teve uma tendência a apresentar uma maior taxa de sobrevivência diária de ninhegos, no primeiro ano de estudo, e um sucesso de Mayfield, nos dois anos de estudo, superior aos ninhos da ninhada controle II, podendo significar que a monitora o diária interferiu positivamente nos resultados da metodologia utilizada.

Como observado, diferentes frequências de visitação podem induzir a possíveis variações no sucesso reprodutivo (Bolduc 1998 *apud* Bolduc & Guillemette 2003). A frequência de visitação do observador foi a variável de maior importância na determinação da sobrevivência das espécies, afetando negativamente 50% delas, inclusive *E. chiriquensis*, em um trabalho realizado na mesma área de estudo (Costa 2010). Entretanto, o efeito negativo do aumento da frequência de visitação a ninhos é refutado em alguns trabalhos que não encontraram efeitos da frequência de visitação sobre parâmetros reprodutivos das aves (Macivor *et al.* 1990, Cotter & Gratto 1995, Verboven & Dechesne 2001, Bolduc & Guillemete 2003). Diferentes fatores, tais como a tolerância da espécie a perturbações e a estrutura do habitat podem influenciar no impacto de visitas aos ninhos (Miller & Hobbs 2000). Conhecer os efeitos da monitoração de ninhos no sucesso reprodutivo permite nortear o entendimento do meio de minimizar os impactos gerados por esta atividade (Safina & Burger 1983), principalmente quando o objetivo é a conservação de espécies.

### *Considerações sobre o manejo*

Dentre os ninhegos devolvidos ao ninho, três não foram aceitos pelas fêmeas. A rejeição desses ninhegos pode ter acontecido mais devido à sua condição física do que pela manipulação. Dos três ninhegos, um não conseguiu sair completamente da casca permanecendo com um pedaço dela grudada à pele, e os outros dois ninhegos demoraram a nascer e, aparentemente, nasceram fracos. Outro indício de que a rejeição possa ter ocorrido devido à condição dos ninhegos é que uma fêmea que rejeitou um desses ninhegos posteriormente aceitou a devolução de outros ninhegos, ressaltando que o problema estivesse relacionado ao próprio ninhego, e não ao processo de manipulação.

Essa técnica de manejo pode ser realizada devido ao alto grau de aceitação de *E. chiriquensis* às manipulações. *Elaenia chiriquensis* aceitou incubar os ovos artificiais, aceitou a maioria dos ninhegos devolvidos e respondeu bem às monitorações diárias dos ninhos, apresentando baixo índice de abandono. No entanto, esses comportamentos de *E. chiriquensis* podem não ser realizados por todas as demais espécies de aves. De fato, algumas espécies são intolerantes à presença humana perto do seu sítio de nidificação (Gotmark 1992, Hill *et al.* 1997, Carney & Sydeman 1999, Nisbet 2000), de modo que a manipulação dos ninhos e a eficiência da metodologia sejam comprometidas nestes casos.

### **Custos do manejo**

A metodologia com a reposição de ovos artificiais e utilização de pais adotivos foi mais custosa, financeiramente. Sendo assim, em programas de manejos onde o orçamento é mais limitado, essa metodologia não é a mais adequada. O custo de cada filhote produzido dessa metodologia também foi superior ao das demais metodologias, sendo que o custo para produzir um filhote utilizando a metodologia com reposição de ovos e sem a utilização de pais adotivos foi menor.

Em programas de manejo envolvendo populações raras ou em declínio cujo objetivo é aumentar o tamanho populacional rapidamente, apesar do maior custo com a realização da metodologia com reposição de ovos e utilização de pais adotivos, a quantidade de filhotes produzidos com a mesma quantidade de ninhos manipulados é superior as demais metodologias, o que a torna mais eficiente para ser realizada com esse objetivo. Já em programas de manejo que envolvem populações com uma quantidade populacional baixa, mas não fortemente ameaçada, e dessa forma, cujo objetivo seja aumentar o tamanho populacional, mas não rapidamente, e que possua um

orçamento mais limitado, a utilização da metodologia com a reposição de ovos artificiais e sem utilização de pais adotivos é mais eficiente que a metodologia sem a reposição dos ovos. Apesar do custo total da metodologia com a reposição de ovos artificiais e sem utilização de pais adotivos ser maior que a metodologia sem reposição dos ovos, ela produz uma quantidade maior de filhotes a um menor custo por filhote produzido, ou seja, a um menor custo-benefício.

A contratação de mais mão-de-obra para a procura dos ninhos poderá aumentar a eficiência da metodologia e contribuir para uma redução nos custos. Mais pessoas na procura por ninhos farão com que uma maior quantidade de ninhos seja encontrada por dia, diminuindo os gastos por dia de campo trabalhado na procura dos ninhos. Além disso, o custo de cada uma das metodologias pode ser ainda menor caso haja uma maior proximidade do laboratório onde é realizada a incubação artificial dos ovos ao local de trabalho.

A metodologia utilizada nesse trabalho, com a integração do manejo *in situ* e *ex situ*, também pode apresentar menor custo em relação a outras estratégias de conservação, devido ao retorno imediato dos ninhegos recém-nascidos aos ninhos, dispensando gastos adicionais com a criação dos ninhegos em cativeiro e em programas de reintrodução dos jovens ao ambiente natural. O custo com programas de reprodução em cativeiro para recuperação de espécies ameaçadas pode envolver cerca de meio milhão de dólares por ano por espécie (Derrickson & Snyder 1992). Trabalhos semelhantes utilizando a incubação artificial de ovos de aves selvagens também têm atingido resultados positivos quanto à conservação de espécies ameaçadas, entretanto, a custos superiores por envolver a reintrodução dos jovens ao ambiente natural (Kuehler 1996, 2000, 2001). Além de custosa, a reintrodução dos jovens na natureza pode não ser tão efetiva e causar sérios impactos ambientais, caso não possua um planejamento e

acompanhamento adequado (Marini & Marinho-Filho 2005). Mesmo que seja um estudo bem planejado, a reintrodução pode ainda não atingir o sucesso desejado como, por exemplo, com o projeto da ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*) (Bampi & Da-Ré 1994, Da-Ré 1996).

### **Influência do clima no manejo**

Reconhecidamente, o clima pode impactar o comportamento e a reprodução de aves (George *et al.* 1992, Walther *et al.* 2002, Crick 2004, Both & Visser 2008). Variações na temperatura e precipitação podem afetar indiretamente as populações de aves, através de mudanças do habitat, ou diretamente, através de estresse térmico ou hídrico (Wiens 1974, Smith 1982, Morrison 1986). Dependendo da disponibilidade de água, o início da reprodução das aves pode ser adiantado ou atrasado, sendo que sua indisponibilidade pode cessar a atividade testicular e a reprodução como um todo (Farner 1967). Analisando dados climáticos do período de 2002 a 2010, o ano 2010 apresentou um período de seca maior na região (EMBRAPA CERRADOS, dados não publicados), podendo ter interferido em alguns aspectos reprodutivos da espécie estudada e prejudicado o manejo.

Um aumento significativo de ninhos ativos de *E. chiriquensis* no início da estação reprodutiva aconteceu apenas após as primeiras chuvas, com o consequente registro de apenas um pico de maior abundância de ninhos ativos em toda estação reprodutiva. Neste ano, foi mais difícil manter os ninhos manipulados ativos após a predação dos ovos artificiais. Isso porque uma quantidade maior de ninhos foi destruída após um único evento de predação, tornando inviável a devolução dos ninhos aos seus ninhos originais. Um padrão semelhante foi observado em 2004 quando uma seca prolongada também acometeu a região e o aumento rápido na abundância de ninhos no



início da estação reprodutiva resultou em resposta imediata dos predadores (Paiva 2008). Posturas reduzidas de apenas um ovo corresponderam a 9,5% em 2009 e 13,5% em 2010 dentre todos os ninhos ativos. Essa disponibilidade menor de ninhadas com posturas de dois ovos, em 2010, pode ter sido em resposta à condição um pouco mais prolongada de seca e, conseqüentemente, de recursos alimentares limitados (Pereira 2011), que podem influenciar em determinadas estratégias de reprodução das aves, inclusive no tamanho da ninhada (Martin 1987).

Falhas durante a incubação artificial podem ter ocorrido por problemas advindos da própria manipulação, mas também por fatores relacionados ao clima. Uma porcentagem maior dos ovos incubados artificialmente não eclodiu, em 2010, sendo que os primeiros ovos coletados foram retirados de ninhadas postas antes do início das chuvas e compreenderam a maioria dos ovos “inférteis”. Uma quantidade maior de ovos não eclodidos observados na natureza também foi observada em 2010. A não eclosão dos ovos atribuída à morte do embrião no meio ou fim do desenvolvimento pode envolver questões como o investimento da fêmea na qualidade do ovo (Martin 1987, French & Tullett 1991), por exemplo, na produção de quantidade suficiente de vitelo para o embrião se desenvolver. O déficit de chuva e de recursos alimentares disponíveis para iniciar a reprodução, pode ter prejudicado a condição física das fêmeas, promovendo uma limitação no investimento durante a produção dos ovos e, por fim, causando desenvolvimento inadequado dos embriões. Deste modo, a análise dos resultados obtidos na realização de uma técnica de manejo deve considerar influências de variações climáticas que possam interferir na reprodução das aves.

## **Recomendações para a incubação artificial**

A reprodução de aves em cativeiro e sua reintrodução é uma parte essencial dos planos de recuperação para diversas espécies de aves ameaçadas na natureza (Powell *et al.* 1997). Quando a incubação artificial é utilizada, é importante conhecer bem sobre alguns fatores e procedimentos que poderão contribuir para o sucesso da incubação e atingir elevadas taxas de eclosão dos ovos.

A temperatura durante a incubação é o fator mais crítico que afeta o desenvolvimento embrionário (Boleli 2003). A maioria das espécies de aves tem temperatura ótima de incubação entre 37 e 38°C e pequenas variações desse ótimo podem afetar o sucesso de eclosão e o desenvolvimento do embrião (Romanoff 1972, Wilson 1991). Durante o início do desenvolvimento, a exposição dos embriões à alta temperatura pode causar a morte inicial do embrião, enquanto que a exposição à baixa temperatura pode causar a morte tardia do embrião (Romanoff 1972). Manter a temperatura ótima de eclosão, além de ser importante para garantir o correto desenvolvimento embrionário, também é importante para manter o período de incubação semelhante ao natural da espécie (Burnham 1983). O efeito da temperatura no período de incubação tem sido observado em diversos estudos (Romanoff 1935, Romanoff *et al.* 1938, Kendeigh 1940, Michels *et al.* 1974, French 1994). Deste modo, é provável que a temperatura de incubação utilizada nesse estudo tenha sido próxima da temperatura ótima de eclosão, pois o período de incubação em cativeiro foi o mesmo que o período médio de incubação encontrado para a espécie na natureza (Medeiros & Marini 2007).

Além da temperatura, a posição e a rotação dos ovos durante a incubação artificial podem interferir no sucesso da incubação ou na qualidade dos filhotes. Os ovos necessitam ser girados durante a incubação para que o embrião se desenvolva

corretamente (Yoshizaki & Saito 2002). Tal procedimento pode reduzir o mau posicionamento do embrião (Robertson 1961), prevenir a adesão anormal do embrião ou de membranas embrionárias à membrana da casca (New 1957) e permitir uma boa absorção do albúmen pelo embrião (Deeming 1989). O embrião fica em diversas posições ao longo da incubação e termina em uma posição determinada para a eclosão (Wilson *et al.* 2003). Desse modo, a rotação inadequada dos ovos pode interferir na posição do embrião, prejudicando sua eclosão (Wilson *et al.* 2003).

A posição do ovo durante a incubação pode influenciar a taxa de perda de peso do ovo (Moraes *et al.* 2008). Durante a incubação, o ovo perde peso através da difusão da água e gases através dos poros da casca do ovo (Rhan & Ar 1974, Hoyt 1979). A perda de peso do ovo é um importante parâmetro para a incubação e tem sido correlacionada com a taxa de metabolismo e desenvolvimento embrionário (Rahn & Ar 1980, Burton & Tullet 1985). O balanço hídrico anormal pode causar a morte do embrião (Hoyt 1979). A perda inadequada de água pode causar dessecação, como também restringir as trocas gasosas do embrião com os poros da casca (Ar 1991). Ovos incubados horizontalmente e girados periodicamente tendem a ter um balanço hídrico normal e, conseqüentemente, uma maior taxa de eclosão (Moraes *et al.* 2008). Esses mesmos procedimentos também foram adotados nesse estudo.

Algumas técnicas a seguir não foram utilizadas nesse estudo, mas poderiam ter contribuído para otimizar os resultados obtidos. A transmissão das vocalizações da espécie nos últimos dias da incubação artificial poderia ter estimulado os ninhegos, que morreram na fase final de desenvolvimento por não conseguirem sair da casca, a eclodirem (Kuehler 2000). Os ovos que durante a manipulação foram quebrados ou rachados, acidentalmente, poderiam ter sido reparados com cola branca, desde que nenhum conteúdo dos ovos tivesse vazado (Mace 1987). Para uma melhor aclimatação

dos ninhegos, um dia antes da eclosão os ovos poderiam ter sido colocados em um nascedouro (eclodidor), lugar que proporciona uma temperatura e umidade mais adequada para o ninhego recém-nascido (Burnham 1983, Kuehler 1993, Klimstra 2009).

## **Conclusão**

A estratégia de manipulação de ninhadas mostrou ser uma metodologia eficiente e viável para aumentar o tamanho populacional da espécie estudada. Ninhadas manipuladas de *E. chiriquensis* apresentaram uma elevada taxa de eclosão dos ovos, uma maior produção de filhotes e sucesso reprodutivo do que ninhadas não manipuladas. A técnica de manejo de ninhadas manipuladas com a utilização de pais adotivos se mostrou mais eficiente na produção de filhotes, mas a um maior custo-benefício por filhote produzido do que as outras metodologias analisadas. Os resultados obtidos nesse trabalho não sofreram interferência negativa pela monitoração diária exigida pela metodologia para manter a fêmea no ninho incubando os ovos artificiais. Assim como na prática de outras técnicas de manejo, é importante que se tenha previamente o conhecimento da biologia da espécie e a metodologia mais adequada para a incubação artificial dos ovos. Todo esforço deve ser feito para evitar a perda acidental de ovos ou filhotes durante a manipulação, ou devido a altas temperaturas durante o transporte e colisões dos ovos. Filhotes recém-nascidos necessitam de cuidados na manipulação, incluindo uma alimentação adequada. Para espécies de aves ameaçadas cuja população vem declinando, essa técnica de manejo pode ser fundamental para promover o aumento populacional e a conservação. No entanto, como em outras estratégias de manejo, para garantir sua eficácia é importante que uma avaliação final da metodologia seja feita a partir de um programa de monitoração contínua dos indivíduos na natureza, observando a sobrevivência dos filhotes e o restabelecimento da população.

## Referências

- Ackerman, K. J., Reinecke, A. J., Els, H. J., Grobler, D. G. & Reinecke, S. A. (1999) Sperm abnormalities associated with high copper levels in Impala (*Aepyceros melampus*) in the Kruger National Park, South Africa. *Ecotox. Environ. Saf.* 43: 261-266.
- Aleixo, A. & Vielliard, J. M. E. (1995) Composição e dinâmica da avifauna da mata de Santa Genebra, Campinas, São Paulo, Brasil. *Rev. Brasil. Zool.* 12: 493–511.
- Ar, A. (1991) Roles of water in avian eggs. Pp. 229-243. in Deeming, D. C. & Ferguson, M. W. J. eds. *Egg incubation: its effects on embryonic development in birds and reptiles*. New York: Cambridge University Press.
- Ar, A. & Sidis, Y. (2002) Nest microclimate during incubation. Pp. 143-160. in Deeming, D. C. ed. *Avian incubation: behaviour, environment, and evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Baggott, G. K. & Graeme-Cook, K. (2002) Microbiology of natural incubation. Pp. 179-191. in Deeming, D. C. ed. *Avian incubation: behaviour, environment, and evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Bakst, M. R. & Cecil, H. C. (1997) *Techniques for semen evaluation, semen storage, and fertility determination*. Savoy, Illinois: Poultry Science Association.
- Bampi, M. I. & Da-Ré, M. (1994) Recovery program for the Spix's Macaw (*Cyanopsitta spixii*): conservation in the wild and reintroduction program. <http://www.bluemacaws.org> acessado em 05/01/11.
- Bart, J. & Robson, D. S. (1982) Estimating survivorship when the subjects are visited periodically. *Ecology* 63: 1078-1090.
- Bety, J. & Gauthier, G. (2001) Effects of nest visits on predator activity and predation rate in a greater snow goose colony. *J. Field Ornithol.* 72: 573-586.

- Birkhead, T. R. & Brillard, J. P. (2007) Reproductive isolation in birds: postcopulatory prezygotic barriers. *Trends Ecol. Evol.* 22: 266-272.
- Birkhead, T. R., Hall, J., Schut, E. & Hemmings, N. (2008) Unhatched eggs: methods for discriminating between infertility and early embryo mortality. *Ibis* 150: 508-517.
- Blair, R. H. (1941) Nest-sanitation. With additions from published sources by B. W. Tucker *Brit. Birds* 34: 206-215, 226-235, 250-255.
- Blanco, J. M., Wildt, D. E., Hofle, U., Voelker, W. & Donoghue, A. M. (2009) Implementing artificial insemination as an effective tool for *ex situ* conservation of endangered avian species. *Theriogenology* 71: 200-213.
- Bolduc, F. & Guillemette, M. (2003) Human disturbance and nesting success of Common Eiders: interaction between visitors and gulls. *Biol. Conserv.* 110: 77-83.
- Boleli, I. C. (2003) Fatores que afetam a eclodibilidade e qualidade dos pintos. Pp. 394-434. in Macari, M. & Gonzales, E. eds. *Manejo da incubação*. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas. 2.ed.
- Both, C. & Visser, M. E. (2005) The effect of climate change on the correlation between avian life-history traits. *Glob. Change Biol.* 11: 1606-1613.
- Brun, J. M., Sellier, N., Richard, M. M., Battellier, F. & Brillard, J. P. (2004) *Effects of in vivo sperm storage duration and age of the Common Duck (Anas platyrhynchos) on fertility and embryonic survival in pure- and cross-breeding with Muscovy ducks (Cairina moschata)*. Istanbul: Proc. XXII World Poultry Congress.
- Burnham, W. (1983) Artificial incubation of falcon eggs. *J. Wildl. Manage.* 47: 158-168.
- Burton, F. G. & Tullet, S. G. (1985) The effects of egg weight and shell porosity on the growth and water balance of the chicken embryo. *Comp. Biochem. Physiol.* 81: 377-385.

- Carney, K. M. & Sydeman, W. J. (1999) A review of human disturbance effects on nesting colonial waterbirds. *Waterbirds* 22: 68-79.
- Caughley, G. & Sinclair, A. R. E. (1994) *Wildlife ecology and management*. Cambridge: Blackwell Scientific Publications.
- Choate, J. S. (1967) Factors influencing nesting success of eiders in Penobscot Bay, Maine. *J. Wildl. Manage.* 31: 769-777.
- Christensen, V. L. (2001) Factors associated with early embryo mortality. *World's Poultry Sci. J.* 57: 359-372.
- Conway, W. G. (1986) The practical difficulties and financial implications of endangered species breeding programmes. *Int. Zoo. Yearbk.* 24/25: 210-219.
- Cooch, E. & White, G. C. (2009) Program MARK: a gentle introduction. <http://www.phidot.org/software/mark/docs/book/> acessado em 15/12/2010.
- Costa, P. M. (2010) *Impactos antropogênicos no sucesso reprodutivo de aves do cerrado do Brasil central*. Brasília: Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília.
- Cotter, R. C. & Gratto, C. J. (1995) Effects of nest and brood visits and radio transmitters on Rock Ptarmigan. *J. Wildl. Manage.* 59: 93-98.
- Crick, H. Q. P. (2004) The impact of climate change on birds. *Ibis* 146: 48-56.
- Cullen Jr, L., Rudran, R. & Padua, C. V. (2003) *Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo silvestre*. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná.
- Da-Ré, M. (1996) *Reintrodução de um exemplar de fêmea de Ararinha-azul Cyanopsitta spixii à natureza*. UNICAMP, SP: Anais V Congresso Brasileiro de Ornitologia.
- Deeming, D. C. (1989) Characteristics of unturned eggs: critical period, retarded embryonic growth and poor albumen utilization. *Br. Poultry Sci.* 30: 239-249.

- Deeming, D. C. (2002) Patterns and significance of egg turning. Pp. 161-178. in Deeming, D. C. ed. *Avian incubation: behaviour, environment, and evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Deeming, D. C. & Ferguson, M. W. J. (1991) Physiological effects of incubation temperature on embryonic development in reptiles and birds. Pp. 147-171. in Deeming, D. C. & Ferguson, M. W. J. eds. *Egg incubation: its effect on embryonic development in birds and reptiles*. New York: Cambridge University Press.
- Derrickson, S. R. & Snyder, N. F. R. (1992) Potentials and limits of captive breeding in parrot conservation. Pp. 133-163. in Beissinger, S. R. & Snyder, N. F. R. eds. *New World parrots in crisis: solutions from conservation biology*. Washington, D. C.: Smithsonian Institution Press.
- Dinsmore, S. J., White, G. C. & Knopf, F. L. (2002) Advanced techniques for modeling avian nest survival. *Ecology* 83: 3476-3488.
- Duca, C. G. (2007) *Biologia e conservação de Neothraupis fasciata (Aves: Thraupidae) no Cerrado do Brasil central*. Brasília: Tese de doutorado, Universidade de Brasília.
- Duca, C., Yokomizo, H., Marini, M. Â. & Possingham, P. H. (2009) Cost-efficient conservation for the White-banded tanager (*Neothraupis fasciata*) in the Cerrado, central Brazil. *Biol. Conserv.* 142: 563-574.
- Farner, D. S. (1967) The control of avian reproductive cycles. Pp. 107-133 in Snow, D. W. ed. *Proceedings of the XIV International Ornithological Congress*. Oxford, England: Blackwell Scientific Publications.
- Fontaine, J. J., Martel, M., Markland, H. M., Niklison, A. M., Decker, K. L. & Martin, T. E. (2007) Testing ecological and behavioral correlates of nest predation. *Oikos* 116: 1887-1894.



- França, L. F. (2008) *Demografia e conservação de Suiriri islerorum, um passeriforme endêmico do cerrado*. Brasília: Tese de doutorado, Universidade de Brasília.
- França, L. F. & Marini, M. Â. (2009) Low and variable reproductive success of a neotropical tyrant-flycatcher, Chapada Flycatcher (*Suiriri islerorum*). *Emu* 109: 265-269.
- French, N. A. (1994) Effect of incubation temperature on the gross pathology of turkey embryos. *Br. Poult. Sci.* 35: 363-371.
- French, N. A. & Tullett, S. G. (1991) Variation in egg of poultry species. Pp. 59-77. in Tullett, S. G. ed. *Avian incubation*. London: Butterworth Heinemann Ltd.
- George, T. L. (1987) Greater land bird densities on island vs. mainland: Relation to nest predation level. *Ecology* 68: 1393-1400.
- George, T. L., Fowler, A. C., Knight, R. L. & McEwen, L. C. (1992) Impacts of a severe drought on grassland birds in western North Dakota. *Ecol. Appl.* 2: 275-284.
- Gloutney, M. L., Clark, R. G., Afton, A. D. & Huff, G. J. (1993) Timing of nest searches for upland nesting waterfowl. *J. Wildl. Manage.* 57: 597-601.
- Goodrich, L. J. (1982) *The effects of disturbance on the reproductive success of the Least Tern (Sterna albifrons)*. New Brunswick, NJ: M.Sc. Thesis. Rutgers University.
- Gotmark, F. (1992) The effects of investigator disturbance on nesting bird. Pp. 63-104. in Power, D. M. ed. *Current Ornithology* 9. New York: Plenum Press.
- Gould, B. & Gould, G. (1989) Research notes on the incubation of Macaw eggs. *Bird World* October: 60-64.
- Graber, R. R. (1955) Artificial incubation of some non-galliform eggs. *Wilson Bull.* 67: 100-109.

- Guimarães Filho, P. E. & Fagioli, A. B. (1997) *Reintrodução de Rhea americana na área de proteção do Serra Azul – Juatuba/MG*. Belo Horizonte, MG: Resumos do VI Congresso Brasileiro de Ornitologia.
- Hill, D., Hockin, D., Price, D., Tucker, G., Morris, R. & Treweek, J. (1997) Bird disturbance: improving the quality and utility of disturbance research. *J. Appl. Ecol.* 34: 275-288.
- Hochachka, W. (1990) Seasonal decline in reproductive performance of Song Sparrows. *Ecology* 71: 1279-1288.
- Hoyt, E. F. (1979) Osmoregulation by avian embryos: the allantois functions like a toad's bladder. *Physiol. Zool.* 52: 354-362.
- Isaksson, D., Wallander, J. & Larsson, M. (2007) Managing predation on ground-nesting birds: the effectiveness of nest exclosures. *Biol. Conserv.* 136: 136-142.
- Jehle, G., Adams, A. A. Y., Savidge, J. A. & Skagen, S. K. (2004) Nest survival estimation: a review of alternatives to the Mayfield estimator. *Condor* 106: 472-484.
- Johnson, D. H. (1979) Estimating nest success: The Mayfield method and an alternative. *Auk* 96: 651-661.
- Kattan, G. H. & Alvarez-López, H. (1996) Preservation and management of biodiversity in fragmented landscapes in the Colombian Andes. Pp. 3-18. in Schelhas, J. & Greenberg, R. eds. *Forest patches in tropical landscapes*. Washington, D.C: Island Press.
- Klimstra, J. D., Stebbins, K. R., Heinza, G. H., Hoffman, D. J. & Kondradc, S. R. (2009) Factors related to the artificial incubation of wild bird eggs. *Avian Biol. Res.* 2: 121-131.

- Klink, C. A. & Machado, R. B. (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conserv. Biol.* 19: 707-713.
- Kuehler, C. M., Lieberman, A., McIlraith, B., Everett, W., Scott, T. A., Morrison, M. L. & Winchell, C. (1993) Artificial incubation and hand-rearing of Loggerhead Shrikes. *Wildl. Soc. Bull.* 21: 165-71.
- Kuehler, C., Kuhn, M., Kuhn, J. E., Lieberman, A., Harvey, N. & Rideout, B. (1996) Artificial incubation, hand-rearing, behavior, and release of Common 'Amakihi (*Hemignathus virens virens*): Surrogate research for restoration of endangered Hawaiian forest birds. *Zoo Biol.* 15: 541-553.
- Kuehler, C., Lieberman, A., Oesterie, P., Powers, T., Kuhn, M., Kuhn, J., Neslon, J., Snetsinger, T., Herrmann, C., Harrity, P., Tweed, E., Fancy, S., Woodworth, B. & Telfer, T. (2000) Development of restoration techniques for Hawaiian thrushes: collection of wild eggs, artificial incubation, hand-rearing, captive breeding, and reintroduction to the wild. *Zoo Biol.* 19: 263-277.
- Kuehler, C., Lieberman, A., Harrity, P., Kuhn, M., Kuhn, J., McIlraith, B. & Turner, J. (2001) Restoration techniques for Hawaiian forest birds: collection of eggs, artificial incubation and hand-rearing of chicks, and release to the wild. *Stud. Avian Biol.* 22: 354-358.
- Lodge, J. R., Fechheimer, N. S. & Jaap, R. G. (1971) The relationship of *in vivo* sperm storage interval to fertility and embryonic survival in the chicken. *Biol. Reprod.* 5: 252-257.
- Lopes, L. E. & Marini, M. Â. (2005) Low reproductive success of Campo Suiriri (*Suiriri affinis*) and Chapada Flycatcher (*S. islerorum*) in the central Brazilian Cerrado. *Bird Conserv. Int.* 15: 337-346.

- Mace, M. E. (1987) Repairing egg fractures of the Abyssinian ground hornbill (*Bucorvus abyssinicus*). *Avicult. Mag.* 93: 21-23.
- Macivor, L. H., Melvin, S. M. & Griffin, S. R. (1990) Effects of research activity on piping plover nest predation. *J. Wildl. Manag.* 54: 443-447.
- Major, R. E. (1989) The effect of human observers on the intensity of nest predation. *Ibis* 132: 608-612.
- Marini, M. Â. (2001) Effects of forest fragmentation on birds of the cerrado region, Brazil. *Bird Conserv. Int.* 11: 11-23.
- Marini, M. Â. & Cavalcanti, R. B. (1990) Migrações de *Elaenia albiceps chilensis* e *Elaenia chiriquensis albivertex* (Aves, Tyrannidae). *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi* 6: 59-66.
- Marini, M. Â. & Cavalcanti, R. B. (1998) Frugivory by *Elaenia* Flycatchers. *Hornero* 15: 47-50.
- Marini, M. Â. & Garcia, F. I. (2005) Bird conservation in Brazil. *Conserv. Biol.* 19: 665-671.
- Marini, M. Â. & Marinho-Filho, J. S. (2005) Translocação de aves e mamíferos: teoria e prática no Brasil. Pp. 505-536. in Rocha, F. D., Bergallo, H. G., Sluys, M. V. & Alves, M. A. S. eds. *Biologia da conservação: Essências*. São Paulo: Ed. Rima.
- Marini, M. Â., Matos, N. O., Borges, F. J. L. & Silveira, M. B. (2009) Biologia reprodutiva de *Elaenia cristata* (Aves: Tyrannidae) em cerrado do Brasil Central. *Neotrop. Biol. Conserv.* 4: 3-12.
- Martin, T. E. (1987) Food as a limit on breeding birds: a life-history perspective. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18: 453-487.
- Martin, T. E. (1992) Breeding productivity considerations: What are the appropriate habitat features for management? Pp. 455-473. in Hagen, J. M. & Johnston, D. W.

- eds. *Ecology and conservation of neotropical migrant landbirds*. Washington, D.C: Smithsonian Institution Press.
- Martin, T. E. (1993) Nest predation among vegetation layers and habitat types: revising the dogmas. *Amer. Nat.* 141: 897-913.
- Martin, T. E. (1995) Avian life history evolution in relation to nest sites, nest predation, and food. *Ecol. Monogr.* 65: 101-127.
- Martinelli, G. (2006) Manejo de populações e comunidades vegetais: um estudo de caso na conservação de Bromeliaceae. Pp. 479-503. in Rocha, F. D., Bergallo, H. G., Sluys, M. V. & Alves, M. A. S. eds. *Biologia da conservação: Essências*. São Paulo: Ed. Rima.
- Mayfield, H. (1961) Nesting success calculated from exposure. *Wilson Bull.* 73: 255-261.
- Mayfield, H. (1975) Suggestions for calculating nest success. *Wilson Bull.* 87: 456-466.
- Medeiros, R. C. S. (2004) *Biologia e sucesso reprodutivo de Elaenia chiriquensis albivertex Pelzeni, 1868 (Aves: Tyrannidae) em cerrado do Brasil Central*. Brasília: Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília.
- Medeiros, R. C. S. & Marini, M. Â. (2007) Biologia reprodutiva de *Elaenia chiriquensis* (Lawrence) (Aves, Tyrannidae) em cerrado do Brasil Central. *Rev. Bras. Zool.* 24: 12-20.
- Meijerhof, R. (1992) Pre-incubation holding of hatching eggs. *World Poult Sci. J.* 48: 57-68.
- Michels, H., Geers, R. & Muambi, S. (1974) The effect of incubation temperature on pre- and post-hatching development in chickens. *Br. Poult. Sci.* 15: 517-523.
- Miller, J. M. & Hobbs, N. T. 2000. Recreational trails, human activity, and nest predation in lowland riparian areas. *Landscape Urban Plan.* 50: 227-236.

- Minsky, D. (1980) Preventing fox predation at a Least Tern colony with an electric fence. *J. Field Ornith.* 51: 180–181.
- Moraes, T. G. V., Romao, J. M., Teixeira, R. S. C. & Cardoso, W. M. (2008) Effects of egg position in artificial incubation of Japanese quail eggs (*Coturnix japonica*). *Anim. Reprod.* 5: 50-54.
- Morrison, M. L. (1986) Birds as indicators of environment change. *Cur. Ornithol.* 3: 429-451.
- Moseby, K.E. & Read, J.L. (2006) The efficacy of feral cat, fox and rabbit exclusion fence designs for threatened species protection. *Biol. Conserv.* 127: 429-437.
- Murphy, M. T. (1983) Nest success and nesting habitats of Eastern Kingbirds and other flycatchers. *Condor* 85: 208-219.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B. & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Nethersole-Thompson, C. & Nethersole-Thompson, D. (1941) Egg shell disposal by birds. *Brit. Birds* 35: 162-169, 190-208, 214-223, 241-250.
- New, D. A. T. (1957) A critical period for the turning of hen's eggs. *J. Embryol. Exp. Morphol.* 5: 293-299.
- Newton, I. (1998) *Population Limitation in Birds*. San Diego: Academic Press.
- Nichols, J. D., Percival, H. F., Coon, R. A., Conroy, M. J., Hensler, G. L. & Hines, J. E. (1984) Observer visitation frequency and success of mourning dove nests: A field experiment. *Auk* 101: 398-402.
- Nilsson, J. A. (1989) Causes and consequences of natal dispersal in the Marsh Tit (*Parus palustris*). *J. Anim. Ecol.* 58: 619-636.
- Nisbet, I. C. T. (2000) Disturbance, habituation, and management of waterbird colonies. *Waterbirds* 23: 312-332.

- O'Connor, R. J. (1978) Brood reduction in birds: Selection for fratricide, infanticide and suicide. *Anim. Behav.* 26: 79-96.
- Ojasti, J. (2000) Manejo de fauna silvestre neotropical. in Dalmeier, F. ed. SIMAD series n. 5. Washington, D.C.: Smithsonian Institution/MAB Program.
- Pedroso, A. A., Café, M. B., Leandro, N. S. M., Stringhini, J. H. & Chaves, L. S. (2006) Desenvolvimento embrionário e eclodibilidade de ovos de codornas armazenados por diferentes períodos e incubados em umidades e temperaturas distintas. *Rev. Bras. Zootec.* 35: 2344-2349.
- Pizzari, T. & Birkhead, T. R. (2000) Female fowl eject sperm of subdominant males. *Nature* 405: 787-789.
- Pollock, K. H. & Cornelius, W. L. (1988) A distribution-free nest survival model. *Biometrics* 44: 397-404.
- Powell, A. N., Cuthbert, F. J., Wemmer, L. C., Doolittle, A. W. & Feirer, S. T. (1997) Captive-rearing piping plovers: developing techniques to augment wild populations. *Zoo. Biol.* 16: 461-477.
- Priddel, D., Carlile, N. & Wheeler, R. (2006) Establishment of new breeding colony of Gould's petrel (*Pterodroma leucoptera leucoptera*) through the creation of artificial nesting habitat and the translocation of nestlings. *Biol. Conserv.* 128: 553-563.
- Primack, R. B. & Rodrigues, E. (2001) *Biologia da Conservação*. Londrina: Planta.
- Rhan, H. & Ar, A. (1974) The avian egg: incubation time and water loss. *Condor* 76: 147-152.
- Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. (1998) Fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp. 89-166. in Sano, S. M. & Almeida, S. P. eds. *Cerrado: Ambiente e Flora*. Planaltina: EMBRAPA.

- Ricklefs, R. E. (1969) Preliminary models for growth rates in altricial birds. *Ecology* 50: 1031-1039.
- Ricklefs, R. E. & Bloom, G. (1977) Components of avian breeding productivity. *Auk* 94: 86-96.
- Rimmer, D. W. & Deblinger, R. D. (1992) Use of fencing to limit terrestrial predator movements into Least Tern colonies. *Colon. Waterbirds* 15: 226-229.
- Robert, H. C. & Ralph, C. J. (1975) Effects of human disturbance on the breeding success of gulls. *Condor* 77: 495-499.
- Robertson, I. S. (1961) Studies of chick embryo orientation using X-rays. II. Malpositioned embryos and their subsequent hatchability. *Br. Poult. Sci.* 2: 49-58.
- Robinson, W. D., Robinson, T. R., Robinson, S. K. & Brawn, J. D. (2000) Nesting success of understory forest birds in central Panama. *J. Avian Biol.* 31: 151-164.
- Romanoff, A. L. (1935) Influence of incubation temperature on the hatchability of eggs, post-natal growth and survival of turkeys. *J. Agric. Sci.* 25: 318-325.
- Romanoff, A. L. (1972) *Pathogenesis of the avian embryo*. New York: John Wiley & Sons.
- Romanoff, A. L., Smith, L. L. & Sullivan, R. A. (1938) Biochemistry and biophysics of the developing hen's eggs. III. Influence of temperature. *Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Mem.* 216: 1-42.
- Roper, J. J. & Goldstein, R. R. (1997) A test of the Skutch hypothesis: Does activity at nests increase nest predation risk? *J. Avian Biol.* 28: 111-116.
- Safina, C. & Burger, J. (1983) Effects of human disturbance on reproductive success in the Black Skimmer. *Condor* 85: 164-171.
- Sehgal, R. N. M. (2010) Deforestation and avian infectious diseases. *J. Exp. Biol.* 213: 955-960.



- Sellier, N., Brun, J. M., Richard, M. M., Batellier, F., Dupuy, V. & Brillard, J. P. (2005) Comparison of fertility and embryo mortality following artificial insemination of Common Duck females (*Anas platyrhynchos*) with semen from Common or Muscovy (*Cairina moschata*) Drakes. *Theriogenology* 64: 429-439.
- Sick, H. (1997) *Ornitologia brasileira*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Silva, J. M. C. & Bates, J. M. (2002) Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. *Bioscience* 52: 225-233.
- Sinclair, A. R. E., Fryxell, J. M. & Caughley, G. (2006) *Wildlife ecology, conservation and management*. Oxford, UK. Blackwell Publ. Ltd.
- Skutch, A. F. (1949) Do tropical birds rear as many birds as they can nourish? *Ibis* 91: 430-455.
- Skutch, A. F. (1966) A breeding bird census and nesting success in central America. *Ibis* 108: 1-16.
- Skutch, A. F. (1985) Clutch size, nesting success, and predation on nests of Neotropical birds, reviewed. *Ornithol. Monogr.* 36: 575-594.
- Smith, K. G. (1982) Avian resource partitioning along a montane sere. Utah, USA: PhD Dissertation. Department of Biology, Utah State University.
- Snelling, J. C. (1972) Artificial incubation of sparrow hawk eggs. *J. Wildl. Manage.* 36: 1299-1304.
- Sousa, N. O. M. (2008) *Teste de fatores que afetam o tamanho da ninhada de Elaenia chiriquensis (Tyrannidae) no Cerrado do Brasil central*. Brasília: Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília.
- Spear, K. A., Schweitzer, S. H., Goodloe, R. & Harrism, D. C. (2007) Effects of management strategies on the reproductive success of Least Terns on dredge spoil in Georgia. *Southeast. Nat.* 6: 27-34.

- Stratford, J. A. & Stouffer, P. C. (1999) Local extinctions of terrestrial insectivorous birds in a fragmented landscape near Manaus, Brazil. *Conserv. Biol.* 13: 1416-1423.
- Stutchbury, B. J. M. & Morton, E. S. (2001) *Behavioral ecology of tropical birds*. California: Academic Press.
- Tomas, W. M., Souza, L. L. & Tubelis, D. P. (2004) *Espécies de aves ameaçadas que ocorrem no Pantanal*. Mato Grosso do Sul, MS: IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal.
- Tullet, S. G. (1990) Science and the art of incubation. *Poult. Sci.* 69: 1-15.
- Verboven, N., Ens, B. J. & Dechesne, S. (2001) Effect of investigator disturbance on nest attendance and egg predation in Eurasian Oystercatchers. *Auk* 118: 503-508.
- Visschedijk, A. H. J. (1991) Physics and physiology of incubation. *Brit. Poult. Sci.* 32: 3-20.
- Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J.-M., Hoegh-Gudberg, O. & Bairlein, F. (2002) Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389-395.
- Westerskov, K. (1950) Methods for determining the age of game bird eggs. *J. Wildl. Manage.* 14: 56-67.
- Westmoreland, D. & Best, L. B. (1985) The effect of disturbance on Mourning Dove nesting success. *Auk* 102: 774-780.
- White, G. C. & Burnham, K.P. (1999) Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird St.* 46: S120-S139.
- Wiens, J. A. (1974) Climatic instability and the "ecological saturation" of bird communities in North American grasslands. *Condor* 76: 385-400.

- Wilson, H. R. (1991) Physiological requirements of the developing embryo: Temperature and turning. Pp. 145-156. in Tullett, S. G. ed. *Avian incubation*. London: Butterworth-einemann.
- Wilson, H. R., Neuman, S. L., Eldred, A. R. & Mather, F. B. (2003) Embryonic malpositions in broiler chickens and bobwhite quail. *J. Appl. Poult. Res.* 12: 14-23.
- Wilson, K. A., McBride, M. F., Bode, M. & Possingham, H. P. (2006) Prioritizing global conservation efforts. *Nature* 440: 337-340.
- Yoshizaki, N. & Saito, H. (2002) Changes in shell membranes during the development of quail embryos. *Poult. Sci.* 81: 246-251.