

Vitor Passos Rios

Modelagem de Socialidade em Roedores  
Equimiídeos Utilizando Simulação  
Computacional

Salvador

2009

Vitor Passos Rios

Modelagem de Socialidade em Roedores  
Equimiídeos Utilizando Simulação  
Computacional

Dissertação apresentada ao  
Instituto de Biologia da  
Universidade Federal da Bahia,  
para a obtenção de Título de  
Mestre em Ecologia e  
Biomonitoramento.

Orientador: Charbel Niño El-Hani

Co-Orientador: José Garcia Vivas Miranda

Salvador

2009

Rios, Vitor Passos  
Modelagem de Socialidade em Roedores Equimiídeos  
Utilizando Simulação Computacional  
113 páginas

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biologia da Universidade  
Federal da Bahia.

1. Comportamento 2. Simulação computacional 3. Agentes autônomos I. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Biologia.

## Comissão Julgadora:

---

Prof. Dr. Hilton Japyassú

---

Prof. Dr. Roberto Andrade

---

Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani  
Orientador

---

Prof. Dr. José Garcia Vivas Miranda  
Co-Orientador

*A Meus Pais e Meus Amigos*

*Quod erat demonstrandum*

## Agradecimentos

Acabou. Finalmente. E só acabou devido à colaboração várias pessoas, professores, colegas e amigos, a quem gostaria de agradecer:

Ao CNPq e à FAPESB pelo apoio financeiro ao projeto.

Ao Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani, Prof. Dr. José Garcia Vivas Miranda, pela orientação e exemplo de competência, e ao Prof. Dr. Pedro Luís Bernardo da Rocha, pela colaboração e apoio ao projeto.

Quando eu crescer eu quero ser igual que nem vocês.

Aos Profs. Drs. Hilton Japyassú e Roberto Andrade, pela disponibilidade de participar da banca.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, pela contribuição à minha formação como cientista.

À Jussara, por fazer o programa andar nos eixos.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Vertebrados Terrestres, presentes e passados: Caprice, Ana Carina, Jorge Nei, Érica, Agustín, Albérico, André, Tatiane, Taíssa, Diego, Wilton, Thiago Serravale, Clarissa, Gabrielle, Mônica, José Wellington, Roberta, Carolina, Aline, Alice, Iai, Bruno, Breno, Diego, Rafael, Thomas, Thiago Jordão, Daniel, Danilo, Alexander, Misonete, Luciano, Leonardo, Cristiane, Davi, Victor, Tatiana e mais outros cujo nome a idade e a memória fraca me fazem esquecer, pelo ambiente de trabalho incomparável, pelo socorro nas horas de necessidade, pelo meu crescimento como cientista e como pessoa, e principalmente por me agüentarem desde 2003 (Eu sei que não foi fácil. Vocês são o que há! mesmo que às vezes precisem de umas doses de Absurdo pra entrar na linha).

A Aline, Alice e Carol, que me acompanharam durante o primeiro ano deste mestrado através de coletas, projetos, orçamentos, pepinos, problemas, confusões, atrasos, brigas, aporrinhações e intrusões demoníacas nas colônias.

A Iai, Jorge Nei, Ana Carina, Thiago Serravale, Agustín, Diego, e Tatiane pela disposição em participar das coletas nos cafundós do Judas e além (leia-se Feira de Santana).

A Feira de Santana, pelo exemplo de geometria não-Euclidiana.

A Jorge Nei, por ceder suas escraviárias ao projeto e por ser O Cara.

Às escraviárias Caprice, Ana Carina, Gabrielle e Mônica, pelo auxílio na montagem e manutenção das colônias e dos animais.

Aos mateiros Ademir, Zé e Tonho Belo, e ao mateiro-mirim Huguinho, sem os quais as coletas teriam sido impossíveis.

A José Wellington, por permitir que a gente aproveitasse suas idas a campo para coletar os yonenagae.

Aos colegas do curso, Lucianne, Fernanda, Cyntia, Regina, Milena, João, Jaqueline, e tantos outros pelas discussões e apoio durante as matérias e a elaboração do projeto.

A Cyntia e Fernanda, pela participação nos cursos do EDO, e João Paulo, Jaqueline e Leonardo, pela organização dos cursos do EDO.

A Albérico e Agustín, por me ensinarem o valor de um back-up, com exemplos práticos.

A Albérico, pela amizade e por provar que é possível terminar o mestrado apesar de tudo.

A Thiago Serravale e Taíssa, pela amizade e pelo veneno nas horas de desencanto com a carreira (alô, Butantã? Manda um carro-pipa!).

Aos meus problemas: Caprice, Ana Carina, Lucianne, Laís e Vanessa, pela amizade e por me darem trabalho. É por causa de vocês que novela mexicana se tornou uma coisa obsoleta na minha vida.

Aos batráquios do grupo de complexidade humana: Garcia, Chrissie, Renata, Marcelo e Rodrigo, pelas reuniões-chachaça complexas do mundo mundial que me ajudaram a manter a pouca sanidade que me resta.

A Oscar dos Santus e Mariângela dos Anjoss, e aos colegas do grupo Dance Feliz, porque existe vida fora do mestrado.

A Charles e aos colegas do curso de C++, e a Tomás, pelo auxílio com C++.

A Laís e André, pela amizade e auxílio na elaboração do manuscrito.

A Caprice e Ana Carina, por Kibe, Esfiha e Batatinha, Kornitude, e por que todo castigo pra etólogo é pouco! Que Jesus Negão alumeie os caminhos de vocês, com direito a muitos chocolates e feijões.

A Alexandre Tyler, amigo de longo tempo, por me entender.

A meus pais, por me agüentarem.

A meu sobrinho e afilhado Bernardo, pelas bochechas fofas para eu morder nos momentos de stress no fim do mestrado.

---

E finalmente, um agradecimento mais do que especial a Murphy, por ter tornado este mestrado uma experiência muito mais interessante.

## Índice

Agradecimentos .....	VI
Índice.....	VII
Introdução geral.....	IX
Vida em grupos e definições de socialidade.....	X
Modelos de socialidade .....	XIII
Simulações computacionais.....	XV
Modelos computacionais baseados em agentes na ecologia comportamental .....	XVII
Referências (Introdução Geral).....	XIX
Artigo .....	XXIII
Introdução.....	3
Vida em grupos e definições de socialidade.....	4
Modelos de socialidade .....	5
Simulações computacionais.....	10
Modelos computacionais baseados em agentes na ecologia comportamental .....	12
Material e métodos:.....	13
Experimento em laboratório: .....	13
Variáveis medidas no experimento: .....	15
Simulação computacional:.....	15
Coleta e Análise de dados.....	19
Experimentos: .....	19
Simulação: .....	20
Análise estatística:.....	20
Resultados .....	21
Experimentos: .....	21
Simulações Computacionais.....	22

Comparação Simulações x Experimento .....	22
Discussão.....	23
Referências .....	28
Tabelas .....	36
<b>Tabela I</b> .....	37
<b>Tabela II</b> .....	38
<b>Tabela III</b> .....	39
<b>Tabela IV</b> .....	40
<b>Tabela V</b> .....	41
<b>Tabela VI</b> .....	42
<b>Tabela VII</b> .....	43
<b>Tabela IX</b> .....	44
<b>Tabela X</b> .....	45
Figuras .....	46
<b>Figura 1</b> .....	47
<b>Figura 2</b> .....	48
<b>Figura 3</b> .....	49
<b>Figura 4</b> .....	50
<b>Figura 5</b> .....	51
<b>Figura 6</b> .....	52
Conclusões gerais .....	LIII
Anexo 1 – código fonte modelo com memória geral .....	LIV
Anexo 2 – Código fonte – modelo com memória individual .....	LXVIII
Anexo 3 – Normas para publicação no periódico ETHOLOGY .....	LXXXII



## Introdução geral

A vida em grupo, ou socialidade, não apresenta uma definição unânime na literatura, com vários autores propondo diversos “graus” ou “rotas” de socialidade. As próprias definições de “sociedade” e a discriminação dos graus em que esta pode ser exibida por animais variam de autor para autor. Costa & Fitzgerald (2005, p. 561) chegam a afirmar que a situação atual no que respeita à compreensão da socialidade se caracteriza pela prevalência de um “vale-tudo terminológico” (“*terminological free-for-all*”, no original). A expressão “*comportamento social*”, por sua vez, também não tem uma definição clara, com alguns autores admitindo até mesmo interações interespecíficas como sendo sociais (por exemplo, Deag, 1980).

Esta situação torna necessário discutir os conceitos relacionados à socialidade, de modo que possamos definir com precisão os significados que atribuiremos aos termos usados neste trabalho. Neste trabalho, iremos revisar as definições e conceitos correntes sobre socialidade, as variáveis que as compõem, e, a partir destas definições, proporemos um modelo de socialidade visando simular padrões espaciais vistos na natureza, utilizando uma técnica de modelagem pouco utilizada no campo da ecologia comportamental, a modelagem baseada em agentes. Nós também tentaremos validar esse modelo com base numa comparação com uma situação experimental em cativeiro. Visamos com este esforço de revisão e modelagem ajudar a clarificar as bases comportamentais da socialidade, e propor um modelo computacional que incorpore estas bases.

### ***Vida em grupos e definições de socialidade***

À exceção das espécies que realizam apenas reprodução assexuada e de animais sésseis marinhos, os animais, mesmo os mais solitários, precisam se encontrar pelo menos uma vez para se reproduzirem, e a maioria estabelece algum outro tipo de relação com seus co-específicos, sejam estas afiliativas ou agonísticas. Destas relações, uma em especial desperta o interesse dos biólogos por sua natureza aparentemente contraditória, a vida em grupos, especialmente em grupos de animais em que há uma casta estéril que auxilia na reprodução de um único indivíduo. À primeira vista, é mais vantajoso para o animal viver isoladamente: não há necessidade de dividir recursos, há menor chance de ser detectado por predadores, maior disponibilidade de território, menor competição por parceiros. Entretanto, consistentemente são encontrados animais que vivem em aglomerações, variando de poucos indivíduos a vários milhões. Estes animais precisam de estratégias e comportamentos diferentes, em relação àqueles que se limitam apenas a encontros ocasionais com co-específicos para reprodução ou defesa de território. A vida em grupo pode permitir uma maior eficiência no forrageio, melhor defesa contra predadores, maiores chances de sobrevivência dos filhotes, a construção de ninhos ou tocas mais complexos e o uso de territórios maiores. Entretanto, ela também impõe severos riscos aos animais (Alexander, 1974), como a maior propensão a epidemias, a maior visibilidade para predadores, a necessidade de partilhar recursos e territórios e, em alguns casos, *fitness* direto<sup>1</sup> reduzido, devido à assimetria reprodutiva dentro do grupo (Lacey e Sherman, 1995).

---

<sup>1</sup> Por *fitness* direto, entende-se o sucesso reprodutivo de um indivíduo, medido pelo número de filhotes viáveis que ele produz.

O *fitness* inclusivo, por sua vez, corresponde ao total do *fitness* direto e indireto de um indivíduo, ou seja, inclui tanto o sucesso reprodutivo em termos dos filhotes que o

Podemos dizer que existem basicamente dois tipos de vida em conjunto: *agregações*, em que os animais se reúnem de forma esporádica e efêmera, como, por exemplo, *leks*, que são agregações temporárias em que machos se reúnem para atrair fêmeas e depois se dispersam; e *sociedades*, que são agregações duradouras, freqüentemente com sobreposição de gerações.

Poole (1985, p. 1) define comportamento social como “qualquer ação direcionada por um indivíduo a um membro de sua própria espécie”. Este autor inclui entre os comportamentos sociais tanto interações competitivas, como luta, ameaça e submissão, quanto cooperativas, como cuidado parental e cópula.

Deag (1980, p. 1), por sua vez, define comportamento social como “comportamento que envolve dois ou mais animais”, considerando que ele inclui “todas as formas pelas quais os animais influenciam uns aos outros”. Ele chega a citar a possibilidade de comportamento social entre animais de espécies diferentes. Para este autor, qualquer comportamento social envolve comunicação.

Souto (2000) afirma que apenas proximidade física de um animal em relação a outro não é condição suficiente para chamar um indivíduo de social. É necessário que haja uma interação, e que essa interação tenha permanência no tempo.

E. O. Wilson (1980, p. 7), por sua vez, define sociedade como “um grupo de indivíduos pertencentes à mesma espécie e organizado de maneira cooperativa” e define como o critério intuitivo essencial para a identificação de uma sociedade a “comunicação recíproca de uma natureza cooperativa, além da mera atividade sexual”. Segundo ele, o elo da sociedade é simplesmente e somente a comunicação. Este autor também

---

próprio indivíduo produz, quanto o sucesso decorrente da reprodução de parentes, que compartilham mais genes com o indivíduo do que com o restante da população.

menciona agregação, comportamento sexual e territorialidade como propriedades importantes de sociedades verdadeiras, chamando-os de comportamentos sociais.

Wilson apresenta também uma classificação de graus de socialidade, com base em grupos de insetos, especificamente Hymenoptera e Isoptera: a *pré-socialidade*, em que os animais expressam comportamento social em qualquer grau além do mero comportamento reprodutivo, mas não chegam à eussocialidade. Os insetos pré-sociais são divididos em duas seqüências: a *parasocial*, em que adultos da mesma geração ajudam uns aos outros em graus variados, dividida em insetos *comunais*, em que o indivíduo só cuida de seus próprios filhotes; *quasisociais*, em que os indivíduos cuidam cooperativamente de toda a ninhada; e *semisociais*, em que há a adição de uma casta operária; e a seqüência *subsociai*, em que existe associação crescente entre a mãe e as crias; na *eussocialidade*, indivíduos da mesma espécie cooperam no cuidado com os filhotes, possuem divisão reprodutiva de trabalho, com indivíduos mais ou menos estéreis e sobreposição de pelo menos duas gerações em estágios de vida capazes de contribuir com o trabalho da colônia.

Como mencionado acima, as definições usadas por Wilson foram desenvolvidas para grupos de insetos, especificamente Hymenoptera e Isoptera, que têm uma série de particularidades, o que torna difícil aplicá-las a outros grupos. Mesmo com essas limitações, estas definições, com algumas alterações, prevaleceram até a década de 1990, quando se iniciou um grande debate sobre a natureza da socialidade e a terminologia usada para descrevê-la (Crespi & Yanega, 1995; Costa & Fitzgerald, 1996; Reeve *et al.*, 1996). Esse debate foi impulsionado em parte pelo aumento do conhecimento sobre organizações sociais de outros grupos de animais, além dos insetos, que apresentam características previamente consideradas exclusivas de insetos eussociais, como a presença de uma casta estéril e acentuada assimetria reprodutiva. É o

caso, por exemplo, do camarão *Synalpheus regalis* (Duffy, 1996) e do rato-toupeira pelado (*Heterocephalus glaber*) (Sherman et al., 1991). Contudo, Crespi (2005) observa que as definições de socialidade utilizadas em geral na literatura, mesmo após o debate citado acima, ainda são muito influenciadas pelos grupos com os quais cada autor trabalha. Costa & Fitzgerald (2005), Wcislo (2005) e Lacey & Sherman (2005) também alertam para o problema de usar definições de socialidade e graus de socialidade baseadas em grupos muito específicos. O debate não chegou a uma conclusão largamente aceita e o “vale-tudo terminológico” mencionado por Costa & Fitzgerald (2005) continua, embora reconhecendo-se agora que as categorias utilizadas são imprecisas.

### ***Modelos de socialidade***

Mais recentemente, a tendência dos modelos de socialidade tem sido a de deter-se sobre o fenômeno da assimetria reprodutiva (para uma revisão, ver Johnstone, 2000; Reeve e Keller, 2001). Trata-se do fenômeno de que animais subordinados deixam de se reproduzir e cuidam das crias de seus co-específicos, geralmente parentes. Esta diminuição do *fitness* direto tem atraído considerável atenção dos pesquisadores, na medida em que uma diminuição do número de descendentes diretos parece, a princípio, um contra-senso, já que o comportamento que causa tal diminuição deveria ser selecionado negativamente. Entretanto, um comportamento que resulte num aumento do *fitness* indireto do indivíduo que exceda a diminuição do *fitness* direto pode ser selecionado positivamente. Esta situação é expressa na regra de Hamilton (1963):  $rB - C < 0$ , onde B é o benefício em *fitness* gerado pela ação de um organismo em favor de

outro,  $C$  é o custo em *fitness* da ação, e  $r$  é o coeficiente de parentesco entre o animal e os receptores da ação.

O modelo do contínuo eussocial (Lacey & Sherman, 2005), por exemplo, tenta explicar toda a variação na socialidade como uma variação no grau de assimetria reprodutiva, indo de animais solitários (chamados de comunais neste modelo) até os classicamente chamados eussociais.

Outros modelos buscam explicar a socialidade através de fatores ecológicos, como pressões de predação, dispersão de recursos limitantes (Johnson et al. 2002), ou cooperação (Sherman & Lacey, 2007). Estes fatores ecológicos foram usados também para classificar as sociedades animais em diferentes tipos. Por exemplo, Whitehouse & Lubin (2005), trabalhando com aranhas, propõem uma classificação que inclui 3 tipos de sociedades, a depender dos fatores ecológicos que mais influenciam cada uma delas: de forrageio, protetoras ou reprodutivas. Para tornar a questão ainda mais complexa, existem grupos de animais que não se ajustam aos modelos de socialidade que levam em conta somente o viés reprodutivo e o parentesco. Cardumes de peixes, por exemplo, são agregações duradouras, multigeracionais, em que não há evidência de reconhecimento entre os animais, cuidado aloparental, ou mesmo assimetria reprodutiva. Por causa disso, cardumes não são considerados sociedades nos sentidos comumente aceitos da palavra (Nonacs, 2001), estando mais próximos do conceito de “rebanho egoísta”<sup>2</sup>, proposto por Hamilton (1971).

Mais intrigantes ainda são os animais que alteram seu “grau de socialidade” no decorrer de suas vidas. Vespas do gênero *Polistes* apresentam uma diversidade de estratégias reprodutivas, que vão desde vida temporariamente solitária, até colônias multi-

---

<sup>2</sup> *Rebanho egoísta*: o fenômeno pelo qual os indivíduos diminuem seu risco de captura ao se esconderem no grupo (Hamilton, 1971)

fundadoras, até colônias eussociais com apenas uma rainha reprodutiva, com a possibilidade de indivíduos não aparentados se unirem a colônias existentes como auxiliares que não se reproduzem, tudo no decorrer da vida de um único animal (Nonacs e Reeve, 1995). Este é um exemplo que mostra que as categorias tradicionais de socialidade, criadas em estudos que se ocuparam sobretudo de insetos sociais, como as vespas, abelhas, formigas ou cupins, não são suficientes para dar conta do fenômeno. O caso das vespas *Polistes* mostra que algo que se considerava tradicionalmente como um caráter fixo das espécies, a socialidade, pode variar de forma surpreendente. E este não é um caso isolado. Schwarz et al. (2007) mostram, numa revisão da evolução da eussocialidade em abelhas das tribos Halictini e Allodapini, a existência de grande variação nos seus graus de socialidade, com algumas espécies variando de solitárias a eussociais, a depender da região geográfica.

### ***Simulações computacionais***

Simulações computacionais têm sido utilizadas em várias áreas da biologia para gerar modelos e fazer previsões a respeito dos mais diversos tipos de sistemas. Elas permitem controle total das variáveis simuladas e a eliminação de variáveis de confusão, o que nem sempre é possível em campo ou no laboratório. Comumente, são utilizadas na biologia simulações baseadas em equações matemáticas que visam descrever a interação entre dois fatores, como o modelo presa-predador de Lotka-Volterra (W. G. Wilson, 1998). Estas equações são adequadas pra descrever principalmente sistemas homogêneos com poucas variáveis, em que os fatores interagem de modo previsível, e via de regra não levam em conta indivíduos, trabalhando em vez disso com regras gerais (Parunak et al., 1998; Berec, 2002; Bronstein et al., 2003; Diaz-Uriarte, 2001). Este tipo

de modelagem não se mostra apropriada para o caso abordado no presente artigo. Para construir o modelo pretendido, escolhemos utilizar simulações computacionais geradas através da técnica dos agentes autônomos. Esta técnica permite criar agentes com características individuais, que interagem entre si segundo um conjunto de regras predeterminadas. Estas regras, que podem ser resumidas em frases simples como “busque o indivíduo mais próximo, siga na mesma direção que ele e não colida” (Reynolds, 1987), ou descrevem detalhadamente uma reação para cada tipo de situação, permitem uma maior flexibilidade de reação dos elementos do sistema. Modelos baseados em equações, como o de Lotka-Volterra, cujas variáveis dizem respeito à população como um todo, não permitem tratar com precisão de fenômenos em escala menor, por exemplo, na escala da interação entre os indivíduos. Modelos baseados em agentes permitem modelar interações entre indivíduos e até mesmo acrescentar fatores como variação individual de características (por exemplo, hierarquias de dominância), que não podem ser incluídos em modelos baseados em equações (ou, caso o sejam, requerem equações muito mais complexas). Por estas razões, consideramos que modelos baseados em agentes autônomos são mais adequados para trabalhos de ecologia comportamental. Sistemas simulados com base em entidades individuais, embora relativamente simples por natureza, freqüentemente exibem um comportamento complexo, que geralmente se mostram mais próximos daqueles observados nos sistemas biológicos que estão sendo simulados (Grimm et al. 2005).

A técnica de agentes autônomos também permite que os modelos sejam adaptados a novas situações e novos empregos com maior facilidade. Considerando uma vez mais o modelo de Lotka-Volterra, para criar uma situação em que, por exemplo, uma espécie invasora afete a relação predador-presa modelada, seria necessário modificar completamente as equações que compõem o modelo, criando essencialmente um



modelo novo. No caso de uma simulação usando agentes, basta introduzir um tipo novo de agente, que pode ser, inclusive, apenas uma modificação de um tipo de agente já existente, e uma regra que defina como ele afeta os recursos do ambiente ou as preferências de predação. Para citar outro exemplo de alteração que pode ser feita facilmente com a técnica de agentes autônomos, se desejarmos incluir um nível a mais no modelo, por exemplo, a disponibilidade de alimento para uma presa herbívora, além da relação predador-presa já existente, é relativamente simples fazê-lo: basta incluir um novo agente, digamos, uma planta que sirva de alimento para presa, uma regra que descreva sua distribuição e uma regra que descreva seu consumo pelo agente “presa”. As possibilidades de simulações baseadas em agentes são limitadas apenas pela disponibilidade de computadores capazes de processar o fluxo de dados necessário. Mas, embora o método de agentes autônomos possa ser mais custoso computacionalmente, sua maior flexibilidade permite uma gama maior de modelos possíveis.

### ***Modelos computacionais baseados em agentes na ecologia comportamental***

Hemelrijk e colaboradores (Hemelrijk 1999) criaram um modelo baseado em agentes autônomos que guarda alguma semelhança com o modelo desenvolvido no presente artigo. O modelo destes autores, chamado de “DomWorld”, buscava simular grupos de primatas. Apenas duas regras foram usadas para modelar as ações dos animais: buscar o indivíduo mais próximo e realizar uma interação de dominância. Os “sexos” diferiam apenas no valor de dominância inicial. Em decorrência da primeira regra, os agentes buscavam ativamente outros agentes. Suas interações não eram inteiramente previsíveis,

porque uma interação de dominância de resultado inesperado podia resultar em uma mudança desproporcional no nível de dominância de cada agente. A probabilidade de que um dos agentes simulados iniciasse uma interação de dominância dependia de uma avaliação que o agente fazia da probabilidade de ganhar a interação.

O modelo DomWorld é capaz de simular adequadamente alguns comportamentos complexos presentes em sociedades de primatas, como hierarquias de dominância, trocas de posição na hierarquia, centralidade espacial de dominantes e interações diferenciadas entre agentes “machos” e “fêmeas” (Hemelrijk, 1999). Bryson et al. (2007), por sua vez, mostraram que o modelo DomWorld pode ser facilmente estendido e validado para um grupo de primatas do gênero *Macaca*. Estes achados mostram o poder heurístico e explicativo de um modelo de agentes autônomos aplicado ao estudo do comportamento. Entretanto, por ter sido desenvolvido exclusivamente para simular sociedades de primatas com hierarquias bem definidas, o modelo DomWorld não pode ser transposto facilmente para outras sociedades.

Outros modelos baseados em agentes também foram desenvolvidos para trabalhos de ecologia comportamental, como, por exemplo, o modelo MIRROR de Hogeweg & Hesper (1983), que simula uma colônia de abelhas com bastante precisão. Modelos baseados em formigas também têm sido utilizados para modelar processos de tomada de decisão, e algoritmos de otimização baseados em colônias de formigas (*ant-colony optimization*, por exemplo, McMullen, 2001) são bastante utilizados na área da informática e engenharia. Entretanto, estes modelos, apesar de apresentarem bons resultados, também são por demais específicos. Em contraste, o modelo que propomos, baseado nas definições de socialidade discutidas acima, pretende ser aplicável a qualquer tipo de agrupamento animal (exceto no caso de animais sésseis).

## Referências (Introdução Geral)

Alexander, R. D. 1974: The evolution of social behavior. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **5**, 325-383

Berec, L. 2002: Techniques of spatially explicit individual-based models: construction, simulation, and mean-field analysis. *Ecological Modelling* **150**, 55–81

Bronstein, J. L. Wilson, & W. G., Morris, W. F. 2003: Ecological Dynamics of Mutualist/Antagonist Communities. *The American Naturalist* **162**, supplement

Bryson, J. J., Ando, Y. & Lehmann, H. 2007: Agent-based models as scientific methodology: A case study analyzing primate social behaviour, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B-Biological Sciences* **362** (1485), pp. 1685-1698.

Costa, J.T. & Fitzgerald, T. D. 1996: Developments in social terminology: semantic battles in a conceptual war. *TRENDS in Ecology and Evolution* **11** (7), 285-289

Crespi, B. C. & Yanega, D. 1995: The definition of eusociality. *Behav. Ecol.* **6**: 109–115.

Costa, J. T. & Fitzgerald, T. D. 2005: Social terminology revisited: Where are we ten years later? *Ann. Zool. Fennici* **42**; 559–564

Crespi, B. J. 2005: Social sophistry: logos and mythos in the forms of cooperation. *Ann. Zool. Fennici* **42**, 569–571

Deag, J.M, 1980: O Comportamento Social dos Animais. Ed. Da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo

Diaz-Uriarte, R. 2001: Territorial intrusion risk and anti-predator behaviour: a mathematical model. *Proc. Royal Soc. London* **268**, 1165-1173

Duffy, J. E. 1996: Eusociality in a coral reef shrimp. *Nature* **381**, 512-514

Grimm, V., Revilla, E., Berger, U., Jeltsch, F., Mooij, W. M., Railsback, S. F., Thulke H-H., Weiner, J., Wiegand, T., & DeAngelis, D. L. 2005: Pattern-Oriented Modeling of Agent-Based Complex Systems: Lessons from Ecology. *Science* **310**, 987-991

Hamilton, W. D. 1971; Geometry for the Selfish Herd. *J. theor. Biol.* **31**, 295-311

Hemelrijk, C. K, 1999: An individual-orientated model of the emergence of despotic and egalitarian societies. *Proc. R. Soc. Lond.* **266**, 361-369

Hogeweg, P. & Hesper, B. 1983: The ontogeny of interaction structure in bumblebee colony: a MIRROR model. *Behav Ecol Sociobio* **12**, 271-283

Johnstone, R. A. 2000: Models of reproductive skew: A review and synthesis. *Ethology*, **106**, 5-26

Lacey, E. A. & Sherman, P. W. 2005: Redefining eusociality: concepts, goals and levels of analysis. *Ann. Zool. Fennici* **42**, 573-577.

Lacey, E.A. and Sherman, P.W., 2007. The Ecology of Sociality in Rodents. In: J.O. Wolff and P.W. Sherman (Editors), *Rodent Societies: An Ecological and Evolutionary Perspective*, University of Chicago Press, pp. 243-254.

MCMullen, P. R. 2001: an ant colony optimization approach to addressing a JIT sequencing problem with multiple objectives. *Artificial intelligence in engineering*, **15**, 309-317

Nonacs, P. & Reeve, H. K. 1995; The Ecology of Cooperation in Wasps: Causes and Consequences of Alternative Reproductive Decisions. *Ecology* **76**(3) 953-967.

Nonacs, P. 2001; A life-history approach to group living and social contracts between individuals. *Ann. Zool. Fennici* **38**: 239–254

Parunak, H. V. D., Savit, R., Riolo, R. 1998: Agent-Based Modeling vs. Equation-Based Modeling: A Case Study and Users' Guide. *Proceedings of Multi-agent systems and Agent-based Simulation (MABS'98)*, 10-25, Springer.

Poole, T., 1985. *Social Behaviour in Mammals*. Chapman and Hall. New York,

Reeve, H. K. & Keller, L. 2001: Tests of reproductive-skew models in social insects. *Annu. Rev. Entomol.* **46**, 347–85

Reeve, H. K., Sherman, P.W. & Keller, L. 1996: The eusociality continuum revisited. *TRENDS in Ecology and Evolution* **11**(11) 472

Reynolds, C. W. 1987: Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model.

In: Stone, M. C., *Computer Graphics* **21**(4), 25-34

Schwarz, M. P., Richards M. H, & Danforth, B. N., 2007: Changing Paradigms in Insect Social Evolution: Insights from Halictine and Allodapine Bees. *Annu. Rev. Entomol.* 52:127–50

Sherman, P.W., Jarvis, J.U.M. & Alexander, R.D., 1991. *The Biology of the Naked Mole-Rat*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.

Souto, A. 2000: *Etologia: Princípios e Reflexões*, Editora Universitária UFPE. Recife, Pernambuco

Wcislo, W. T. 2005: Social labels: we should emphasize biology over terminology and not vice versa. *Ann. Zool. Fennici* **42**, 565–568

Whitehouse, M. E. A. & Lubin, Y. 2005: The functions of societies and the evolution of group living: spider societies as a test case. *Biol. Rev.* **80**, 347–361

Wilson, E. O., 1975. *Sociobiology: The New Synthesis*. Belknap Press, Harvard, 366 pp.

Wilson, W. G. 1998: Resolving Discrepancies between Deterministic Population Models and Individual-Based Simulations. *The American Naturalist* **151** (2), 116-134

## **Artigo**

Este capítulo apresenta o manuscrito do artigo, a ser submetido ao periódico ETHOLOGY. Este manuscrito é fruto dos resultados, discussão e conclusões originados a partir do desenvolvimento da presente dissertação. Os critérios de elaboração e formatação seguem as normas deste periódico, presentes em anexo desta dissertação.

1 **"Modelagem de Socialidade em Roedores Equimídeos Utilizando Simulação**  
2 **Computacional"**

3

4 Rios, V. P.<sup>1</sup>; Vivas-Miranda, J. G.<sup>2</sup> & El-Hani, C. N.<sup>3</sup> (autor para correspondência)

5

6 <sup>1</sup> Vitor Passos Rios – Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador,  
7 Brasil. Rua Barão de Geremoabo, s/n – Ondina; Campus de Ondina – Salvador – Brasil  
8 CEP. 40170-290 TEL: 55-71-3283-6559, FAX: 55-71-3283-6513 -  
9 vrios81@gmail.com

10

11 <sup>2</sup> José Garcia Vivas Miranda – Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia,  
12 Salvador, Brasil. Rua Barão de Geremoabo, s/n – Ondina; Campus de Ondina –  
13 Salvador – Brasil CEP: 40210-340. Tel. (71) 3283-6600. Fax (71) 3283-6606.–  
14 vivas@ufba.br

15

16 <sup>3</sup> Charbel Niño El-Hani - – Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia,  
17 Salvador, Brasil. Rua Barão de Geremoabo, s/n – Ondina; Campus de Ondina –  
18 Salvador – Brasil CEP. 40170-290 TEL: 55-71-3283-6559, FAX: 55-71-3283-6513 -  
19 charbel.elhani@gmail.com

20

21 Total de palavras: 8.498



## 22 Resumo

23 A vida em grupo, ou socialidade, não apresenta uma definição unânime na literatura,  
24 com vários autores propondo diversos “graus” ou “rotas” de socialidade. As próprias  
25 definições de “sociedade” e a discriminação dos graus em que esta pode ser exibida por  
26 animais variam de autor para autor. Esta situação torna necessário discutir os conceitos  
27 relacionados à socialidade

28 Simulações computacionais permitem controle total das variáveis simuladas e a  
29 eliminação de variáveis de confusão, o que nem sempre é possível em campo ou no  
30 laboratório. Para construir o modelo pretendido, escolhemos utilizar simulações  
31 computacionais geradas através da técnica dos agentes autônomos que permite criar  
32 agentes com características individuais, que interagem entre si segundo um conjunto de  
33 regras predeterminadas, fatores como variação individual de características (por  
34 exemplo, hierarquias de dominância), que não podem ser incluídos em modelos  
35 baseados em equações (ou, caso o sejam, requerem equações muito mais complexas).

36 Neste trabalho, revisamos as definições e conceitos correntes sobre socialidade, as  
37 variáveis que a compõem, e, a partir destas definições, propomos um modelo de  
38 socialidade visando simular padrões vistos na natureza, utilizando uma técnica de  
39 modelagem pouco utilizada no campo da ecologia comportamental, a modelagem  
40 baseada em agentes, e testamos a validade desse modelo contra uma situação  
41 experimental em cativeiro utilizando espécies aparentadas de roedores.

42 A variação excessiva exibida pelas espécies de roedores utilizadas no experimento  
43 dificulta a comparação entre elas e com o modelo computacional. As causas mais  
44 prováveis da discordância entre modelo e experimento são alguns aspectos do algoritmo  
45 da simulação, como a taxa de atividade dos agentes, e a variação excessiva dentro do  
46 experimento com as espécies de roedores

## 47 Introdução

48

49 A vida em grupo, ou socialidade, não apresenta uma definição unânime na literatura,  
50 com vários autores propondo diversos “graus” ou “rotas” de socialidade. As próprias  
51 definições de “sociedade” e a discriminação dos graus em que esta pode ser exibida por  
52 animais variam de autor para autor. Costa & Fitzgerald (2005, p. 561) chegam a afirmar  
53 que a situação atual no que respeita à compreensão da socialidade se caracteriza pela  
54 prevalência de um “vale-tudo terminológico” (“*terminological fre-for-all*”, no original).  
55 A expressão “*comportamento social*”, por sua vez, também não tem uma definição  
56 clara, com alguns autores admitindo até mesmo interações interespecíficas como sendo  
57 sociais (por exemplo, Deag, 1980).

58

59 Esta situação torna necessário discutir os conceitos relacionados à socialidade, de modo  
60 que possamos definir com precisão os significados que atribuiremos aos termos usados  
61 neste trabalho. Neste trabalho, iremos revisar as definições e conceitos correntes sobre  
62 socialidade, as variáveis que a compõem, e, a partir destas definições, proporemos um  
63 modelo de socialidade visando simular padrões espaciais vistos na natureza, utilizando  
64 uma técnica de modelagem pouco utilizada no campo da ecologia comportamental, a  
65 modelagem baseada em agentes, e tentaremos validar esse modelo contra uma situação  
66 experimental em cativeiro. Visamos com este esforço de revisão e modelagem ajudar a  
67 clarificar as bases comportamentais da socialidade, e propor um modelo computacional  
68 que incorpore estas bases.

69

70 ***Vida em grupos e definições de socialidade***

71 Das relações entre os animais, uma em especial desperta o interesse dos biólogos por  
72 sua natureza aparentemente contraditória: a vida em grupos. À primeira vista, é mais  
73 vantajoso para o animal viver isoladamente, Entretanto, consistentemente são  
74 encontrados animais que vivem em aglomerações, variando de poucos indivíduos a  
75 vários milhões. Estes animais precisam de estratégias e comportamentos diferentes, em  
76 relação àqueles que se limitam apenas a encontros ocasionais com co-específicos para  
77 reprodução ou defesa de território, como por exemplo, forrageio e defesa em conjunto e  
78 cuidado aloparental. Entretanto, a vida em grupos também impõe severos riscos e  
79 prejuízos aos animais, em termos de sobrevivência e reprodução (Alexander, 1974,  
80 Lacey e Sherman, 1995).

81 Poole (1985, p. 1) define comportamento social como “qualquer ação direcionada por  
82 um indivíduo a um membro de sua própria espécie. Deag (1980, p. 1), por sua vez,  
83 define comportamento social como “comportamento que envolve dois ou mais  
84 animais”, incluindo “todas as formas pelas quais os animais influenciam uns aos  
85 outros”, inclusive animais de espécies diferentes. Para este autor, qualquer  
86 comportamento social envolve comunicação. Souto (2000) afirma que apenas  
87 proximidade física de um animal em relação a outro não é condição suficiente para  
88 chamar um indivíduo de social. É necessário que haja uma interação, e que essa  
89 interação tenha permanência no tempo.

90 E. O. Wilson (1980, p. 7), por sua vez, define sociedade como “um grupo de indivíduos  
91 pertencentes à mesma espécie e organizado de maneira cooperativa” e define como o  
92 critério intuitivo essencial para a identificação de uma sociedade a “comunicação  
93 recíproca de uma natureza cooperativa, além da mera atividade sexual”. Segundo ele, o  
94 elo da sociedade é simplesmente e somente a comunicação. Este autor também

95 menciona agregação, comportamento sexual e territorialidade como propriedades  
96 importantes de sociedades verdadeiras, chamando-os de comportamentos sociais.  
97 Wilson apresenta também uma classificação de graus de socialidade, com base em  
98 grupos de insetos, especificamente Hymenoptera e Isoptera, que têm uma série de  
99 particularidades, o que torna difícil aplicá-las a outros grupos. Mesmo com essas  
100 limitações, a classificação de socialidade em graus, com algumas alterações, prevaleceu  
101 até a década de 1990, quando se iniciou um grande debate sobre a natureza da  
102 socialidade e a terminologia usada para descrevê-la (Crespi & Yanega, 1995; Costa &  
103 Fitzgerald, 1996; Reeve *et al.*, 1996). Contudo, Crespi (2005) observa que as definições  
104 de socialidade utilizadas em geral na literatura, mesmo após o debate citado acima,  
105 ainda são muito influenciadas pelos grupos com os quais cada autor trabalha. Costa &  
106 Fitzgerald (2005), Wcislo (2005) e Lacey & Sherman (2005) também alertam para o  
107 problema de usar definições de socialidade e graus de socialidade baseadas em grupos  
108 muito específicos. O debate não chegou a uma conclusão largamente aceita e o “vale-  
109 tudo terminológico” mencionado por Costa & Fitzgerald (2005) continua, embora  
110 reconhecendo-se agora que as categorias utilizadas são imprecisas.

111

### 112 ***Modelos de socialidade***

113 Mais recentemente, a tendência dos modelos de socialidade tem sido a de deter-se sobre  
114 o fenômeno da assimetria reprodutiva (para uma revisão, ver Johnstone, 2000; Reeve e  
115 Keller, 2001). Trata-se do fenômeno de que animais subordinados deixam de se  
116 reproduzir e cuidam das crias de seus co-específicos, geralmente parentes. O modelo do  
117 contínuo eussocial (Lacey & Sherman, 2005), por exemplo, tenta explicar toda a  
118 variação na socialidade como uma variação no grau de assimetria reprodutiva, indo de

119 animais solitários (chamados de comunais neste modelo) até os classicamente chamados  
120 eussociais.

121 Outros modelos buscam explicar a socialidade através de fatores ecológicos, como  
122 pressões de predação, dispersão de recursos limitantes (Johnson et al. 2002), ou  
123 cooperação (Sherman & Lacey, 2007). Estes fatores ecológicos foram usados também  
124 para classificar as sociedades animais em diferentes tipos. Por exemplo, Whitehouse &  
125 Lubin (2005), trabalhando com aranhas, propõem uma classificação que inclui 3 tipos  
126 de sociedades, a depender dos fatores ecológicos que mais influenciam cada uma delas:  
127 de forrageio, protetoras ou reprodutivas. Para tornar a questão ainda mais complexa,  
128 existem grupos de animais que não se ajustam aos modelos de socialidade que levam  
129 em conta somente o viés reprodutivo e o parentesco, como, por exemplo, cardumes de  
130 peixes (Nonacs, 2001), que estariam mais próximos do conceito de “rebanho egoísta”,  
131 proposto por Hamilton (1971), ou vespas do gênero *Polistes*, que apresentam uma  
132 diversidade de estratégias reprodutivas e que podem variar de vida solitária a colônias  
133 eussociais, no decorrer da vida de um único animal (Nonacs e Reeve, 1995). O caso das  
134 vespas *Polistes* mostra que algo que se considerava tradicionalmente como um caráter  
135 fixo das espécies, a socialidade, pode variar de forma surpreendente.

136

137 Dada a confusão conceitual discutida acima, torna-se necessário definir com precisão os  
138 significados que atribuiremos aos termos usados neste trabalho. Devido aos problemas  
139 expostos, buscamos limitar neste trabalho a noção de socialidade aos seus atributos mais  
140 básicos. Isso implica que não nos deteremos sobre qual o papel que a sociedade exerce  
141 na sobrevivência do indivíduo ou sobre as pressões externas que a influenciam. Nossa  
142 atenção aqui incidirá somente sobre as interações entre os indivíduos propriamente  
143 ditas. Assim, neste trabalho, entendemos *socialidade* como a capacidade que os animais

144 têm, em maior ou menor grau, de viver em conjunto com outros animais da mesma  
145 espécie. *Sociedade*, por sua vez, é aqui definida como uma agregação de indivíduos da  
146 mesma espécie que persiste ao longo do tempo. Esta definição concorda com todas as  
147 definições de sociedade apresentadas acima, independentemente das peculiaridades de  
148 cada uma. *Comportamento social* é entendido como qualquer comportamento que  
149 envolva dois animais da mesma espécie. Por fim, são diferenciados no presente trabalho  
150 dois tipos de comportamentos sociais: aqueles que tendem, ao longo do tempo, a  
151 aproximar dois co-específicos (*afiliativos*) e aqueles que tendem a ter um efeito  
152 contrário, gerando afastamento (*agonísticos*) (Freitas, 2006).

153 Com base nos conceitos apresentados acima, escolhemos como características  
154 representativas da socialidade as variáveis *Agressividade*, *Afiliação*, e *Agregação* entre  
155 os indivíduos. Estas variáveis foram escolhidas por representarem as principais  
156 características da socialidade e do comportamento social mobilizadas nas definições  
157 empregadas neste trabalho e por se ajustarem a qualquer tipo de agregação animal,  
158 independentemente de seu papel ecológico ou do grau de assimetria reprodutiva que ela  
159 apresenta.

160 *Agressividade* é entendida aqui como uma medida de quanto o animal reage  
161 negativamente à presença de um co-específico, incluindo comportamentos de  
162 territorialidade, competição intra-específica e/ou intra-social, estabelecimento de  
163 hierarquias de dominância ou reprodutivas por manipulação e agressão, e conflitos.  
164 Comportamentos de comunicação que se encaixem nas descrições acima são  
165 considerados de agressividade, para efeito do modelo desenvolvido no presente  
166 trabalho. Estes comportamentos são denominados *agonísticos* e a agressividade é  
167 medida, então, com base na quantidade de *comportamentos agonísticos* que o animal  
168 exhibe.

169 *Afiliação*, por sua vez, corresponde a uma medida de quanto o animal reage  
170 positivamente à presença de um co-específico, incluindo comportamentos de alolimpeza  
171 cuidado aloparental, estabelecimento de hierarquias de dominância por contratos  
172 sociais, concessão reprodutiva ou parentesco, defesa conjunta de território,  
173 forrageamento conjunto e partição não-agressiva de recursos. Comportamentos de  
174 comunicação que se encaixem nas descrições acima são considerados comportamentos  
175 de afiliação, para efeito deste modelo. Estes comportamentos são denominados  
176 *afiliativos* e a afiliação é medida, assim, com base na quantidade de *comportamentos*  
177 *afiliativos* que o animal exhibe.

178 Note-se que nós separamos *agressividade* e *afiliação*, embora estas sejam geralmente  
179 consideradas extremos de um mesmo contínuo. A razão para as separarmos reside no  
180 fato de que existem agregações animais em que interações agressivas entre os  
181 indivíduos são raras ou inexistentes, mas nas quais, em contrapartida, interações  
182 afiliativas também estão reduzidas ou ausentes, como nos casos de cardumes de peixes  
183 (Nonacs, 2001), bandos de aves forrageiras (Nonacs, 2001) e rebanhos egoístas  
184 (Hamilton, 1971). Esta raridade de ambos os tipos de comportamento apóia a noção de  
185 que eles são categorias independentes. Caso fossem extremos de um mesmo contínuo,  
186 seria de se esperar que a diminuição de um levasse ao aumento conseqüente do outro.

187 Saldanha-Filho (2008, dados não-publicados), trabalhando com as mesmas espécies  
188 utilizadas no presente estudo, verificou que, ao contrário do que se esperava, mudanças  
189 evolutivas no grau de socialidade entre espécies não derivam, necessariamente, de um  
190 aumento da afiliação acompanhado por uma diminuição proporcional da agressividade.  
191 Ele mostrou que mudanças no grau de socialidade podem ser causadas por aumento da  
192 tolerância a co-específicos (proximidade não-agressiva sem contato físico, segundo sua  
193 definição). Na espécie *Trinomys iheringi denigratus*, este estudo mostrou a ocorrência

194 de uma redução dos níveis de agressividade a co-específicos ao longo da evolução, mas  
195 que não foi acompanhada por um aumento correspondente de comportamentos  
196 afiliativos. Na medida em que a diminuição de um fator ocorre sem o aumento  
197 correspondente do outro, temos, mais uma vez, evidências a favor da relativa  
198 independência de comportamentos afiliativos e agonísticos. Em particular, esta  
199 evidência foi obtida em animais utilizados no presente estudo.

200 *Agregação*, por fim, é uma medida da extensão em que os animais se permitem viver  
201 próximos uns aos outros, ou seja, é uma medida da coesividade do grupo. Segundo  
202 Wilson (1980), pode-se esperar que a proximidade dos membros do grupo seja um  
203 índice da socialidade da espécie. Espécies menos sociais tenderiam a reagir a co-  
204 específicos a uma distância maior, e espécies mais sociais tenderiam a permitir que os  
205 co-específicos se aproximassem mais. Assim, assumimos que, quanto menor a distância  
206 no momento do início da interação social, mais social a espécie (ou seja, menor a  
207 distância prévia entre os indivíduos, indicando um grau de agregação maior). A  
208 agregação é diferente da área domiciliar, pelo fato de esta poder pertencer ao grupo  
209 como um todo, e não ao animal individual, como no caso de colônias de animais que  
210 forrageiam em conjunto. A agregação é medida com base na distância média entre os  
211 animais durante interações sociais.

212 Por razão de simplicidade e tratabilidade computacional, não incluímos no modelo os  
213 fatores “reprodução” ou “parentesco” dos animais. Esta decisão pode ser justificada  
214 pelo fato de que há sociedades em que estes não são os fatores principais que  
215 determinam a vida em conjunto. Por sua vez, como a comunicação pode ter  
216 características tanto agonísticas quanto afiliativas, nosso modelo subordina a  
217 comunicação às variáveis Agressividade e Afiliação, tal como explicado acima.



218 O objetivo desta dissertação é construir um modelo de socialidade que permita explicar  
219 os padrões espaciais observados nos animais utilizando algumas poucas variáveis  
220 escolhidas com base na literatura. Para elaborar este modelo, escolhemos realizar uma  
221 simulação em computador, o que permite atribuir valores aos atributos escolhidos para  
222 qualificar a socialidade e comparar os resultados do modelo com uma situação de  
223 laboratório, possibilitando que o modelo seja refinado e aperfeiçoado com base em  
224 dados reais. Uma das contribuições que buscamos com a construção de tal modelo é  
225 verificar se é possível construir uma abordagem apropriada da socialidade usando  
226 definições que se restringem ao que entendemos como atributos mais básicos deste  
227 fenômeno, conforme explicados acima. Caso tenhamos sucesso, esta será uma  
228 contribuição potencialmente importante para o esclarecimento da confusão conceitual a  
229 respeito da socialidade, permitindo ir além do vale-tudo terminológico considerado por  
230 Costa & Fitzgerald (2005), que termina por ser, obviamente, um vale-tudo conceitual,  
231 que contribui para obscurecer nossa compreensão deste fenômeno tão importante no  
232 mundo animal.

### 233 *Simulações computacionais*

234 Simulações computacionais têm sido utilizadas em várias áreas da biologia para gerar  
235 modelos e fazer previsões a respeito dos mais diversos tipos de sistemas. Elas permitem  
236 controle total das variáveis simuladas e a eliminação de variáveis de confusão, o que  
237 nem sempre é possível em campo ou no laboratório. Comumente, são utilizadas na  
238 biologia simulações baseadas em equações matemáticas que visam descrever a interação  
239 entre dois fatores, como o modelo presa-predador de Lotka-Volterra (W. G. Wilson,  
240 1998), que são adequadas para descrever principalmente sistemas homogêneos com  
241 poucas variáveis, em que os fatores interagem de modo previsível, e via de regra não  
242 levam em conta indivíduos, trabalhando em vez disso com regras gerais (Parunak et al.,

243 1998; Berc, 2002; Bronstein et al., 2003; Diaz-Uriarte, 2001). Este tipo de modelagem  
244 não se mostra apropriada para o caso abordado no presente artigo, em que trabalhamos  
245 com indivíduos que formam um sistema heterogêneo, no qual muitas variáveis estão  
246 envolvidas nas interações entre seus componentes.

247 Para construir o modelo pretendido, escolhemos utilizar simulações computacionais  
248 geradas através da técnica dos agentes autônomos. Esta técnica permite criar agentes  
249 com características individuais, que interagem entre si segundo um conjunto de regras  
250 predeterminadas. Estas regras, que podem ser resumidas em frases simples como  
251 “busque o individuo mais próximo, siga na mesma direção que ele e não colida”  
252 (Reynolds, 1987), ou descrevem detalhadamente uma reação para cada tipo de situação,  
253 permitem uma maior flexibilidade de reação dos elementos do sistema. Modelos  
254 baseados em equações, como o de Lotka-Volterra, cujas variáveis dizem respeito à  
255 população como um todo, não permitem tratar com precisão de fenômenos em escala  
256 menor, por exemplo, na escala da interação entre os indivíduos. Modelos baseados em  
257 agentes permitem modelar interações entre indivíduos e até mesmo acrescentar fatores  
258 como variação individual de características (por exemplo, hierarquias de dominância),  
259 que não podem ser incluídos em modelos baseados em equações (ou, caso o sejam,  
260 requerem equações muito mais complexas). Por estas razões, consideramos que  
261 modelos baseados em agentes autônomos são mais adequados para trabalhos de  
262 ecologia comportamental. Sistemas simulados com base em entidades individuais,  
263 embora relativamente simples por natureza, freqüentemente exibem um comportamento  
264 complexo, que geralmente se mostram mais próximos daqueles observados nos sistemas  
265 biológicos que estão sendo simulados (Grimm et al. 2005).

266 A técnica de agentes autônomos também permite que os modelos sejam adaptados a  
267 novas situações e novos empregos com maior facilidade, basta introduzir um tipo novo

268 de agente, que pode ser, inclusive, apenas uma modificação de um tipo de agente já  
269 existente, e uma regra que defina como ele afeta os recursos do ambiente ou as  
270 preferências de predação. As possibilidades de simulações baseadas em agentes são  
271 limitadas apenas pela disponibilidade de computadores capazes de processar o fluxo de  
272 dados necessário. Mas, embora o método de agentes autônomos possa ser mais custoso  
273 computacionalmente, sua maior flexibilidade permite uma gama maior de modelos  
274 possíveis.

### 275 *Modelos computacionais baseados em agentes na ecologia*

#### 276 *comportamental*

277 Hemelrijk e colaboradores (Hemelrijk 1999) criaram um modelo baseado em agentes  
278 autônomos que guarda alguma semelhança com o modelo desenvolvido no presente  
279 artigo. O modelo destes autores, chamado de “DomWorld”, buscava simular grupos de  
280 primatas com poucas regras e uma estrutura baseada especificamente em sociedades de  
281 primatas. O modelo DomWorld é capaz de simular adequadamente alguns  
282 comportamentos complexos presentes em sociedades de primatas, como hierarquias de  
283 dominância, trocas de posição na hierarquia, centralidade espacial de dominantes e  
284 interações diferenciadas entre agentes “machos” e “fêmeas” (Hemelrijk, 1999) e pode  
285 ser estendido facilmente para outros grupos de primatas do gênero *Macaca* (Bryson et  
286 al. 2007). Entretanto, por ter sido desenvolvido exclusivamente para simular sociedades  
287 de primatas com hierarquias bem definidas, o modelo DomWorld não pode ser  
288 transposto facilmente para outras sociedades.

289 Outros modelos baseados em agentes também foram desenvolvidos para trabalhos de  
290 ecologia comportamental, como, por exemplo, o modelo MIRROR de Hogeweg &  
291 Hesper (1983), que simula uma colônia de abelhas com bastante precisão. Entretanto,

292 estes modelos, apesar de apresentarem bons resultados, também são por demais  
293 específicos. Em contraste, o modelo que propomos, baseado nas definições de  
294 socialidade discutidas acima, pretende ser aplicável a qualquer tipo de agrupamento  
295 animal (exceto no caso de animais sésseis).

296

297

## 298 **Material e métodos:**

299 A investigação aqui relatada envolveu duas fases: um experimento com arenas físicas  
300 mantidas em laboratório, com animais coletados em campo, e uma simulação em  
301 computador de arenas feitas com animais virtuais, gerados pela técnica de agentes  
302 autônomos.

303

### 304 ***Experimento em laboratório:***

305 Para este trabalho, foram escolhidas três espécies de roedores equimiídeos aparentados,  
306 *Trinomys yonenagae*, *Trinomys iheringi denigratus* e *Thrichomys apereoides* (Rodentia:  
307 Echimyidae) (Lara & Patton, 2000). Estas três espécies possuem níveis de socialidade  
308 diferentes, com *Trinomys iheringi denigratus* e *Thrichomys apereoides* sendo solitários,  
309 e *Trinomys yonenagae* vivendo em sistemas de tocas comunais (Freitas et al., 2008).  
310 Enquanto *T. yonenagae* é um animal social, *T. iheringi denigratus* é um animal que  
311 exibe uma redução dos níveis de agressividade a co-específicos, mas sem aumento  
312 concomitante dos comportamentos afiliativos. *T. apereoides*, por sua vez, é um animal  
313 com baixa tolerância a co-específicos.

314 Para cada uma das três espécies, foram feitas quatro arenas, mantidas em isolamento  
315 acústico e com luminosidade e temperatura controladas, medindo 2,0m x 1,30m x

316 0,90m, em estrutura de MDF e cobertas com tela de arame. As colônias foram mantidas  
317 em ciclo de claro/escuro de 12 horas Cada colônia foi dividida em dois ambientes com um  
318 anteparo de MDF, com uma passagem de 30 cm conectando os ambientes. Água e  
319 alimento foram fornecidos *ad libitum*. Para cada espécie, foram colocados dois machos  
320 e duas fêmeas em cada colônia. As colônias foram monitoradas nos primeiros dias e, em  
321 caso de brigas violentas, o animal agredido era retirado da arena. As filmagens foram  
322 feitas com duas câmeras de circuito interno de televisão (TecVoz®) por colônia,  
323 iluminadas por uma lâmpada vermelha de 40W e gravadas em computador utilizando  
324 software Geovision® versão 8.0, durante a noite, por um período de 15 dias para cada  
325 colônia.

326 Os animais foram coletados em campo, através de armadilhas *live-trap*. Foi assumido  
327 que animais encontrados em armadilhas a mais de 300m de distância uma da outra não  
328 haviam tido contato prévio, de acordo com o conhecimento prévio sobre a área  
329 domiciliar destes animais (0,135 ha. para *T. yonenagae*. Não há dados precisos na  
330 literatura sobre as outras espécies). (Rocha, 1991 Almeida 2008, dados não publicados,  
331 Nowak 1991). Para evitar que a familiaridade entre os animais interferisse nos  
332 resultados das colônias, foram utilizados nas mesmas colônias apenas animais  
333 capturados a mais de 300 metros uns dos outros. As armadilhas foram colocadas em  
334 locais onde houvesse indícios da presença dos animais, como fezes ou restos de comida.  
335 A espécie *Thrichomys apereoides* foi coletada em novembro de 2007, na serra de São  
336 José, no município de Feira de Santana (12°08'S; 39°01'O). A espécie *Trinomys*  
337 *yonenagae* foi coletada na vila de Ibiraba, no município de Barra (10°48'S; 42°50'O),  
338 na região das dunas do Rio São Francisco em agosto de 2007, e a espécie *Trinomys*  
339 *iheringi denigratus* no município de Jaguaripe (13°00'S; 38°01'O), em agosto de 2007.  
340 A captura e manutenção dos animais foram autorizadas pelo IBAMA (Instituto

341 Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis), pela Licença Nº 0009/2007 –  
342 NUFAU/IBAMA/BA, referente ao processo Nº 02006.002120/2005-30. Estes mesmos  
343 experimentos foram utilizados em outros projetos de mestrado de alunos do nosso grupo  
344 (Almeida, 2008).

345

#### 346 **Variáveis medidas no experimento:**

347 Foram registrados três tipos de comportamentos nas arenas: *ações agressivas*, que  
348 causavam afastamento do co-específico, ou danos físicos ao co-específico, ou evitavam  
349 danos físicos ao animal em questão; *ações afiliativas*, que causavam ou mantinham a  
350 aproximação entre indivíduos e não causavam danos físicos ao co-específico; e *ações*  
351 *neutras*, incluindo todas as outras ações que não se encaixavam nos critérios acima, ou  
352 ações cujo contexto era de algum modo duvidoso ou impossível de ser determinado.  
353 Inatividade não é considerada como ação para efeitos deste trabalho, o que reduz a  
354 influência da variação inter- e intra-específica nos níveis de atividade dos animais sobre  
355 os resultados do estudo. Os repertórios comportamentais utilizados para as ações  
356 afiliativas, agonísticas ou neutras são apresentados nas Tabelas I, II e III,  
357 respectivamente. Foi também registrada a distância entre os pares de animais no  
358 momento do início de cada interação afiliativa ou agonística. O período total de  
359 observação foi de 6 períodos de dois minutos por noite (devido ao hábito noturno das  
360 espécies), escolhidos aleatoriamente, durante os últimos 5 dias do experimento,  
361 chegando a um total de uma hora por colônia e, assim, quatro horas por espécie.

362

#### 363 **Simulação computacional:**

364 A simulação é constituída por um mundo virtual, povoada por “animais” virtuais (a  
365 partir deste ponto chamados de “agentes”), programados para interagir através de três

366 tipos de comportamentos virtuais: afiliativos, agonísticos e neutros. Os três tipos de  
367 comportamentos virtuais se diferenciam pelo tipo de reação que o agente receptor (não  
368 o emissor) do comportamento exhibe. Os comportamentos virtuais também diferem no  
369 tipo de memória que geram.

370 A simulação funcionava da seguinte forma: a cada instância da simulação, um novo  
371 conjunto de agentes era gerado, com os valores iniciais de agressividade e afiliação  
372 determinados pelos parâmetros da simulação e os modificadores de ação com valor  
373 igual a zero. A simulação ocorria em turnos de ação, com todos os agentes agindo uma  
374 vez em cada turno. A ordem em que os agentes agiam era aleatória em cada turno da  
375 simulação. O primeiro agente selecionado vasculhava seu raio de ação e, caso fosse  
376 detectada a presença de um outro agente, era verificada a ocorrência de um encontro.  
377 Após a determinação do encontro, o próximo agente selecionado vasculhava seu raio de  
378 ação da mesma maneira, e assim por diante até todos os agentes terem agido. A  
379 simulação então seguia para o turno seguinte, em que a ordem dos agentes era sorteada  
380 novamente e o processo se repetia, até o fim da simulação. Caso um agente fosse  
381 detectado dentro do raio de ação de outro, o agente que estava agindo no momento  
382 verificava suas probabilidades de ação (afiliativas ou agonísticas, já modificadas pela  
383 memória) para determinar a ocorrência ou não de encontro, e o tipo deste. O tipo de  
384 encontro era determinado comparando o valor da maior probabilidade modificada de  
385 ação com um número aleatório. Caso o número aleatório fosse menor do que a  
386 probabilidade de ação modificada, ocorria um encontro do tipo equivalente àquela  
387 probabilidade. Caso contrário, era gerado um outro número aleatório que era testado  
388 contra a segunda probabilidade modificada de ação, seguindo a mesma lógica. Caso o  
389 número gerado fosse maior do que esta segunda probabilidade, não ocorria encontro e  
390 era registrada uma ação neutra. No caso de encontro, os valores dos modificadores de

391 memória eram alterados de acordo com o tipo de encontro (agonístico ou afiliativo).  
392 Após o encontro ou ação neutra, os agentes envolvidos se moviam de acordo com o tipo  
393 de encontro, ou aleatoriamente no caso de ação neutra.

394

395 *Comportamentos virtuais afiliativos:*

396 Causam aproximação ou manutenção da distância entre os indivíduos do par em  
397 questão. São representados por uma probabilidade de ação (*af*) que varia entre 0 e 1.  
398 Quanto maior este valor, maior a probabilidade de ocorrer uma ação deste tipo.

399

400 *Comportamentos virtuais agonísticos:*

401 Causam aumento da distância entre o par de agentes. É uma probabilidade (*ag*) entre 0 e  
402 1, que representa uma probabilidade de que ocorra uma ação deste tipo. No caso de um  
403 encontro do tipo agonístico, um dos animais, aquele com o maior valor de  
404 agressividade, é denominado vencedor, e o outro perdedor.

405

406 *Comportamentos virtuais neutros:*

407 Não causam reação do outro agente. A decisão de introduzir um tipo de comportamento  
408 virtual neutro foi tomada devido à observação de que nem todo comportamento de um  
409 indivíduo elicitava uma resposta perceptível no outro indivíduo do par. Estes  
410 comportamentos ocorrem somente na ausência dos outros tipos de comportamento.

411

412 *Movimentação:*

413 Os agentes se movimentam de maneira aleatória até que ocorra um encontro. No caso  
414 de encontros afiliativos, os animais se aproximam ou mantêm sua distância atual. No  
415 caso de encontros agonísticos, o animal receptor se afasta do emissor. A extensão do



416 movimento dos animais era aleatória, variando de 0 a 10 unidades de espaço (valor  
417 baseado em observações pessoais sobre o tamanho do deslocamento dos animais nas  
418 colônias, em torno de 10 centímetros).

419

420 *Memória:*

421 Para testar se o tipo de memória de interações anteriores afeta as proporções de  
422 comportamentos virtuais afiliativos/agonísticos, foram gerados dois tipos de modelos:  
423 um em que os agentes armazenavam apenas a média total dos resultados de cada tipo de  
424 interação (chamado *modelo de memória geral*), e um em que os agentes armazenavam a  
425 média dos resultados de cada tipo de interação com cada agente (*modelo de memória*  
426 *individual*). A memória foi representada como um modificador da probabilidade que o  
427 agente tinha de exibir um comportamento virtual afiliativo ou agonístico. Os  
428 modificadores variavam em incrementos de 0,001, para mais ou para menos, de acordo  
429 com o tipo de encontro. Para os comportamentos virtuais do tipo afiliativo, foi tomada a  
430 decisão de que a memória seria do tipo *feedback* positivo, ou seja, ações virtuais  
431 afiliativas aumentam a probabilidade de que ações virtuais afiliativas ocorram  
432 novamente. Para o comportamento virtual agonístico, a relação era de *feedback*  
433 negativo, ou seja, ações virtuais agonísticas diminuem a chance de que ações virtuais  
434 agonísticas venham a ocorrer novamente. O agente denominado vencedor tinha seu  
435 modificador de memória aumentado, e o perdedor, seu modificador diminuído. Esta  
436 decisão foi tomada em virtude da observação de que, após várias interações agonísticas,  
437 o animal perdedor passava a evitar confronto com o dominante, era expulso da área, ou  
438 então era morto. Esta diminuição no modificador de agressividade do perdedor diminui  
439 a probabilidade de que ele venha a iniciar uma ação agressiva no futuro, condizendo

440 com a observação na natureza. Não havia memória para o comportamento virtual do  
441 tipo neutro, dado que ele não resultava em interação entre os agentes.

442 Os tipos de memória foram simulados de forma separada, com conjuntos idênticos de  
443 parâmetros (ver código-fonte do programa em anexo). Para diminuir um possível efeito  
444 da ordem em que os agentes interagem, os agentes interagiram em uma ordem  
445 aleatória.

446

447 *Raio de ação:*

448 É a distância na qual um agente busca outro agente para interagir. Foi usado o valor de  
449 124 unidades. Este valor corresponde à maior distância observada antes de uma ação  
450 social nas colônias. A saída de cada simulação é uma lista que contém os  
451 comportamentos exibidos por cada agente, na ordem em que ocorreram. Caso tenha  
452 ocorrido ação social, o outro agente participante, o tipo de ação e a distância entre os  
453 agentes no momento da ação são registrados juntamente com a ação.

454 A colônia virtual possuía dimensões equivalentes às das colônias do experimento (200  
455 por 130 unidades de espaço, cada unidade de espaço correspondendo a um centímetro),  
456 sendo as únicas diferenças a ausência da separação em dois ambientes e das telhas que  
457 serviam de abrigo aos animais.

458

459 ***Coleta e Análise de dados***

460 **Experimentos:**

461 Foi verificado se existia diferença entre as três espécies de roedores utilizadas nos  
462 experimentos quanto aos valores de agressividade e afiliação. Para isso, todos os  
463 comportamentos exibidos pelos animais foram registrados, pelo método do animal focal  
464 com registro de todas as ocorrências (Lehner, 1996). Foi registrado qual animal agia, o

465 momento da ação, o tipo da ação e, no caso de ação social, qual o outro animal  
466 envolvido. Foi assumido que todas as interações eram diádicas. As ações dos cinco dias  
467 analisados foram agrupadas e foram obtidas as porcentagens de ações afiliativas,  
468 agonísticas e de ações neutras para cada colônia de cada espécie. Também foi medida a  
469 distância entre os pares de indivíduos que interagem no momento do início de cada  
470 interação social, e a média desta foi calculada para cada colônia de cada espécie. Os  
471 valores obtidos são apresentados na Tabela IV.

#### 472 **Simulação:**

473 Foram geradas 25 combinações de parâmetros (valores de agressividade e de afiliação  
474 iniciais dos agentes, variando de 0,1 a 0,9, em incrementos de 0,2), com 50 repetições  
475 de cada combinação de parâmetros. Foi assumido que cada combinação dos parâmetros  
476 de agressividade e afiliação iniciais representaria uma “espécie virtual” na simulação.  
477 Assim, o total de combinações de parâmetros representaria todas as variações possíveis  
478 de agressividade e afiliação em espécies de animais. Cada simulação consistiu de 5.000  
479 turnos, com 4 agentes, para um total de 20.000 ações por simulação. As porcentagens de  
480 ações afiliativas, agonísticas e neutras, e a distância média no início da interação foram  
481 obtidas a partir das 50 repetições de cada combinação de valores iniciais de  
482 agressividade e afiliação.

483

#### 484 **Análise estatística:**

485 As diferenças entre as espécies e as simulações foram testadas utilizando uma  
486 MANOVA, com o software SPSS® versão 13.0, assumindo alfa = 0,05, seguidas por  
487 um teste *post hoc* de comparações múltiplas de Games-Howell, que não depende da  
488 normalidade dos dados.

489

## 490 **Resultados**

491 As estatísticas Pillai's Trace, Wilk's Lambda, Hotteling's Trace e Roy's Largest Root  
492 são utilizadas para verificar a significância da MANOVA (Quinn e Keough 2002). Elas  
493 foram significativas (valores de p iguais a 0,000 para as quatro; Pillai's Trace: F=  
494 202,883, df = 508,000; Wilk's Lambda: F=329,143, df=508,000; Hotelling's Trace: F=  
495 652,213 df = 508,000; Roy's Largest Root: F= 2041,673, df =127,000) quanto às  
496 diferenças entre as espécies e combinações de parâmetros. Os resultados do teste de  
497 comparações múltiplas são discutidos abaixo para cada caso

498

### 499 ***Experimentos:***

500 No início dos experimentos, em duas espécies ocorreram lutas entre os animais que  
501 resultaram em ferimentos graves, com a conseqüente remoção dos animais feridos das  
502 colônias. Em todas as quatro colônias de *Thrichomys apereoides*, um dos machos foi  
503 retirado na primeira noite do experimento devido a tais brigas, e, em uma das colônias,  
504 uma das fêmeas deu à luz dois filhotes no início do experimento, que foram retirados do  
505 experimento logo após o nascimento. Em uma das colônias de *Trinomys iheringi*  
506 *denigratus*, um macho também foi retirado no segundo dia devido a brigas e  
507 automutilação. Em outra colônia desta espécie, uma fêmea veio a óbito sem causa  
508 aparente nos primeiros dias do experimento. Todas as colônias de *Trinomys yonenagae*  
509 mantiveram o numero original de animais

510 O teste *post hoc* de comparações múltiplas de Games-Howell encontrou diferenças  
511 significativas entre os valores de afiliação apenas para *Thrichomys apereoides* e  
512 *Trinomys iheringi denigratus* ( $p=0,05$ ); e entre os valores de ações neutras apenas para  
513 *Trinomys yonenagae* e *Trinomys iheringi denigratus* (0,045). Não foram observadas  
514 diferenças significativas entre as espécies para porcentagens de ações agonísticas e para

515 distância média no início da ação social. A figura 1 apresenta os valores obtidos para  
516 estas variáveis no experimento.

### 517 *Simulações Computacionais*

518 As Tabelas IV e V mostram as médias dos valores de distância média no momento do  
519 início da ação, o percentual de comportamentos afiliativos, o percentual de  
520 comportamentos agressivos e o percentual de comportamentos neutros obtidos nos  
521 modelos com memória geral e memória individual, respectivamente. Na maioria dos  
522 casos, dentro de cada tipo de memória, os modelos diferiram significativamente entre si  
523 para as variáveis: percentual de comportamentos agonísticos, percentual de  
524 comportamentos afiliativos e percentual de comportamentos neutros. Também dentro de  
525 cada tipo de memória, as combinações de parâmetros iniciais não diferiram  
526 significativamente para a variável distancia média no momento do inicio da interação.

527 Os modelos com memória geral e individual diferiram significativamente entre si, na  
528 maioria dos casos, quanto às percentagens de comportamentos afiliativos, agonísticos e  
529 neutros, com a exceção notável dos casos em que os parâmetros iniciais eram iguais (43  
530 casos de 54 para comportamentos afiliativos, 42 casos de 54 para comportamentos  
531 agonísticos e 53 casos de 54 para comportamentos neutros). Em outras palavras,  
532 simulações com os mesmos parâmetros iniciais de probabilidades de ações agressivas e  
533 afiliativas e tipos diferentes de memória tiveram resultados sem diferenças  
534 significativas.

### 535 *Comparação Simulações x Experimento*

536 Foi considerado que o modelo simularia adequadamente os experimentos caso não fosse  
537 encontrada diferença significativa entre os valores de distância, afiliação e agonismo  
538 gerados pela simulação e aqueles observados no experimento com os roedores. Era

539 esperado que cada espécie dos roedores correspondesse a apenas uma ou a poucas  
540 combinações de parâmetros iniciais na simulação.

541 As figuras 2 a 5 mostram as médias dos valores de distância média no momento do  
542 início da ação, o percentual de comportamentos neutros, o percentual de  
543 comportamentos afiliativos e o percentual de comportamentos agressivos obtidos nos  
544 modelos com memória geral e memória individual e nos experimentos. A figura 6  
545 detalha os percentuais de comportamentos agressivos para os experimentos.

546 As tabelas VI a X apresentam os valores de p para as diferenças entre as simulações e o  
547 experimento para distância média antes da interação, percentagem de comportamentos  
548 afiliativos, percentagem de comportamentos agonísticos e percentagem de  
549 comportamentos neutros, respectivamente. Foram encontradas diversas combinações de  
550 parâmetros iniciais de probabilidade de ação de agressividade e afiliação nas simulações  
551 que não apresentaram diferenças significativas nas variáveis medidas em relação às  
552 medidas no experimento.

553

554

## 555 **Discussão**

556 As diferenças entre as espécies de roedores no total de ações indicam que existem  
557 diferenças nas taxas de atividade das espécies. Entretanto, é preciso levar em conta  
558 também a diferença no número de animais dentro das colônias de cada espécie, que  
559 pode ter interferido nas proporções de ações afiliativas e agonísticas, além de  
560 certamente ter interferido no total de ações exibidas. Na figura 1, vemos que as colônias  
561 de *Trinomys yonenagae* exibiram muito mais ações do que as das outras espécies, em  
562 alguns casos, até 4 vezes mais.

563 Embora no experimento só tenha sido observada diferença nas porcentagens de ações  
564 afiliativas para as espécies *Thrichomys apereoides* e *Trinomys iheringi denigratus*, isso  
565 está de acordo com dados de Almeida (2008), que, utilizando os mesmo experimentos,  
566 encontrou uma clara separação entre *Thrichomys apereoides* e as espécies de *Trinomys*,  
567 com a primeira tendo níveis mais baixos de afiliação. Almeida (2008) também  
568 classificou os comportamentos agonísticos e afiliativos em quatro categorias, variando  
569 de acordo com a intensidade, e encontrou que as espécies de *Trinomys* diferem entre si  
570 nas categorias de intensidade de comportamentos de afiliação por ela utilizadas.

571 Nos resultados obtidos no experimento, no presente trabalho, não foi detectada uma  
572 diferença significativa entre as espécies de *Trinomys* quanto à porcentagem de ações  
573 afiliativas, apesar de não terem sido utilizadas as distinções em termos de intensidade  
574 utilizadas por Almeida (2008). Entretanto, nós não detectamos diferenças nos graus de  
575 agressividade (medidos aqui pela porcentagem de comportamentos agonísticos), ao  
576 contrário de Almeida, que detectou níveis mais altos de agressividade em *Thrichomys*  
577 *apereoides*. As diferenças entre os dois trabalhos, apesar de ambos usarem as mesmas  
578 filmagens como fontes de dados, provavelmente resultaram de diferenças na  
579 metodologia utilizada por nós e por Almeida, na medida em que ela utilizou  
580 ranqueamento de níveis de afiliação e agressividade, que nós não utilizamos, além de ter  
581 utilizado método de registro um-zero, e não o método do animal focal com registro de  
582 todas as ocorrências, como nós empregamos, além de ela não ter registrado ações  
583 neutras.

584 O fato de o modelo computacional não poder ter sido validado com os dados obtidos a  
585 partir dos realizados nas colônias pode significar que (1) os parâmetros escolhidos para  
586 representar a socialidade (valores de agressividade e afiliação, respectivamente) são  
587 insuficientes para modelá-la adequadamente, (2) que o algoritmo da simulação

588 computacional não corresponde a um bom modelo da realidade, ou (3) que a variação  
589 excessiva entre as colônias de cada espécie dificulta uma boa simulação da socialidade  
590 destas espécies. Discutiremos a seguir cada uma destas possibilidades.

591 Os parâmetros foram escolhidos de acordo com uma revisão da literatura sobre  
592 socialidade e representam fatores que são considerados como bases do comportamento  
593 social. Entretanto, este modelo tem como possível problema principal a simplificação  
594 excessiva dos fatores que compõem a socialidade. Ao reduzir o espaço  
595 multidimensional convencionalmente chamado de socialidade a apenas três eixos, nós  
596 nos arriscamos a deixar de fora fatores importantes, que podem afetar os resultados das  
597 simulações e as hipóteses geradas pelo modelo. Principalmente, nós deixamos de fora o  
598 parentesco e a assimetria reprodutiva, que são os fatores em que a maioria dos modelos  
599 atuais de socialidade se baseia (Jonhstone, 2000, Lacey & Sherman, 2005, Costa &  
600 Fitzgerald, 2005, Crespi & Yanega, 1995). Este modelo também não leva em conta  
601 fatores externos ao indivíduo que podem afetar as variáveis escolhidas, como dispersão  
602 dos recursos, pressões de predação, clima, mudanças de habitat, entre outros.  
603 Entretanto, como a situação experimental utilizada neste trabalho não envolve estes  
604 fatores diretamente, acreditamos que os efeitos deles possam ser postos de lado.

605 O algoritmo do modelo, embora tenha sido projetado cuidadosamente, é outra fonte  
606 provável de discrepâncias entre a simulação e o experimento. Alguns pontos do  
607 algoritmo parecem ser causas prováveis da discrepância entre a simulação e os  
608 experimentos. O primeiro é o *raio de ação do agente*. Ele determina a distância máxima  
609 na qual um agente percebe o outro e pode iniciar uma interação. O valor aqui utilizado  
610 foi baseado na maior distância observada antes de uma interação no experimento. Outra  
611 possível fonte de erro é a estrutura do método pelo qual o programa decide se haverá ou  
612 não interação entre os agentes. O primeiro agente dentro do raio de ação encontrado é



613 escolhido para interação, não necessariamente o mais próximo, nem o último com o  
614 qual o agente atual interagiu anteriormente. Embora isso possa gerar discrepâncias,  
615 situações semelhantes, em que o animal interagia com um outro animal que não era  
616 necessariamente o mais próximo de si, ocorreram freqüentemente no experimento.  
617 Além disso, no algoritmo, todos os agentes agem em todos os turnos da simulação. Isso  
618 foi decidido para evitar a interferência de taxas de ações individuais, que viriam a  
619 complicar o modelo, e para corresponder ao método de coleta de dados utilizado no  
620 experimento, em que não foi registrada ausência de atividade. Isso também tem o efeito  
621 de forçar uma ação neutra sempre que não ocorre interação entre os agentes, o que  
622 poderia causar disparidade entre este tipo de ação e as demais. Entretanto, não foi  
623 observada preponderância excessiva deste tipo de ação (Tabelas IV e V). Isto  
624 provavelmente se deve ao raio de ação dos agentes (124 unidades de espaço) que  
625 significava que os agentes estavam na maior parte do tempo em proximidade suficiente  
626 para que ocorresse uma interação social. Este fato também pode ser a razão de não ter  
627 sido encontrada diferença significativa para as distâncias médias nas simulações.

628 A variabilidade dentro das espécies é também um fator importante ao se considerar as  
629 diferenças entre as simulações e os experimentos. Dentro uma mesma espécie, as  
630 porcentagens dos tipos de ações variaram muito (por exemplo, o percentual de ações  
631 afiliativas dentro de *T. apereoides* variou entre 6,32% e 13,62%), além do número total  
632 de ações também ter variado muito entre as espécies e dentro delas (este parâmetro  
633 variou, por exemplo, entre 1052 e 1719 para *T. yonenagae*). Outro fator problemático  
634 do experimento é o fato de o número de animais dentro das colônias ter variado, em  
635 decorrência de lutas entre os animais e, em um caso, de um óbito sem causa aparente.  
636 Esta variação no número de animais afeta obrigatoriamente o número total de ações que  
637 ocorre na colônia, e limita as possibilidades de interações sociais entre os animais,

638 principalmente no caso das colônias em que um dos machos teve de ser retirado devido  
639 a agressões. Além disso, as colônias apresentavam uma divisória que as separava em  
640 dois ambientes, que não foi incluída no modelo. Esta divisória pode ter limitado o  
641 deslocamento dos animais e, portanto, suas possibilidades de interação.

642 A duração das ações não foi levada em conta nem na coleta de dados do experimento  
643 nem nas simulações, embora certas ações tenham uma duração muito maior do que  
644 outras, especialmente algumas ações afiliativas, como *parar em contato*, ou neutras,  
645 como *fornagear*.

646 A ausência de diferença significativa entre os tipos de memória testados no modelo  
647 pode ser devida à duração das simulações. Embora tenha havido um total de 20.000  
648 ações dentro de cada simulação, este número pode ser insuficiente para que os  
649 modificadores de memória tenham efeito. O valor do modificador de memória também  
650 pode ser um fator. Ele foi definido como variando em incrementos de 0,01, com um  
651 valor máximo de  $\pm 0,09$ . Uma variação maior poderia causar um efeito maior ao  
652 modificar mais intensamente as probabilidades de ação afiliativa ou agonística entre os  
653 agentes.

654 O movimento dos agentes, quando não afetado por interações com outros agentes, era  
655 aleatório. A ausência no modelo de um instinto de agregação, em que o animal se  
656 deslocaria preferencialmente na direção de um outro animal caso não houvesse  
657 interação, também pode ser uma das causas da discrepância entre as distâncias médias  
658 observadas nas simulações e no experimento. Embora não tenha havido diferença  
659 significativa entre as espécies quanto à distância média, os valores do experimento  
660 (entre 15 e 31 centímetros) ficaram muito abaixo dos valores obtidos nas simulações  
661 (em torno de 70 centímetros)

662 A grande variabilidade vista no experimento dificulta a validação do modelo, apesar de  
663 este ter sido desenvolvido para corresponder do melhor modo possível às condições do  
664 experimento, já que várias combinações de parâmetros apresentaram ausência de  
665 diferença em relação às espécies de roedores para as variáveis medidas. O esperado  
666 seria que, caso experimento tivesse apresentado pouca variação dentro das espécies, e  
667 maior variação entre estas, cada espécie se encaixasse em apenas uma poucas  
668 combinações de parâmetros iniciais das simulações. Entretanto, a flexibilidade do  
669 modelo permite que ele seja alterado para se ajustar aos dados obtidos nos  
670 experimentos, e a situações experimentais diferentes, que possam permitir aprimorá-lo e  
671 validá-lo.

672

### 673 **Agradecimentos**

674 Os autores gostariam de agradecer à FAPESB e ao CNPQ pelo apoio financeiro, e aos  
675 membros do grupo de pesquisa que contribuíram para a execução deste trabalho.

676

677

### 678 **Referências**

679 Alcock, J. (2005) *Animal Behaviour: An evolutionary approach*, Sunderland, Sinauer  
680 associates, 8. Ed.

681

682

683 Almeida, C. E. P. 2008: *Mudanças Evolutivas da Estrutura Social de Equimídeos*  
684 *(Rodentia) como Exaptação e Adaptação a um Ambiente Semi-Árido*. Dissertação de  
685 Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil

686

687 Alexander, R. D. 1974: The evolution of social behavior. *Annual Review of Ecology*  
688 *and Systematics*, **5**, 325-383

689

690 Alves, I. M. M., 2005. Análise de unidades comportamentais exibidas por díades de  
691 *Trinomys yonenagae* (Rodentia: Echimyidae) em laboratório e em situação de pós-  
692 captura. Monografia, Universidade Federal da Bahia Salvador, Brasil

693

694 Barduke, T.V., 2008. Estudo do Repertório Comportamental e das Sequências  
695 Comportamentais do rato-de-espinho (*Trinomys iheringi denigratus*) durante Interações  
696 Sociais Induzidas. Monografia. Universidade Federal da Bahia. Salvador, Brasil

697

698 Berc, L. 2002: Techniques of spatially explicit individual-based models: construction,  
699 simulation, and mean-field analysis. *Ecological Modelling* **150**, 55–81

700

701 Bronstein, J. L. Wilson, & W. G., Morris, W. F. 2003: Ecological Dynamics of  
702 Mutualist/Antagonist Communities. *The American Naturalist* **162**, supplement

703

704 Bryson, J. J., Ando, Y. & Lehmann, H. 2007: Agent-based models as scientific  
705 methodology: A case study analysing primate social behaviour, *Phil. Trans. R. Soc.*  
706 *Lond. B-Biological Sciences* **362** (1485), pp. 1685-1698.

707

708 Costa, J.T. & Fitzgerald, T.D. 1996: Developments in social terminology: semantic  
709 battles in a conceptual war. *TRENDS in Ecology and Evolution* **11** (7), 285-289

710

- 711 Costa, J. T. & Fitzgerald, T. D. 2005: Social terminology revisited: Where are we ten  
712 years later? *Ann. Zool. Fennici* **42**; 559–564  
713
- 714 Crespi, B. C. & Yanega, D. 1995: The definition of eusociality. *Behav. Ecol.* **6**: 109–  
715 115.  
716
- 717 Crespi, B. J. 2005: Social sophistry: logos and mythos in the forms of cooperation. *Ann.*  
718 *Zool. Fennici* **42**, 569–571.  
719
- 720 Deag, J.M, 1980: O Comportamento Social dos Animais. Ed. Da Universidade de São  
721 Paulo, São Paulo, São Paulo  
722
- 723 Diaz-Uriarte, R. 2001: Territorial intrusion risk and anti-predator behaviour: a  
724 mathematical model. *Proc. Royal Soc. London* **268**, 1165-1173  
725
- 726 Duffy, J. E. 1996: Eusociality in a coral reef shrimp. *Nature* **381**, 512-514  
727
- 728 Freitas, J.N, El-Hani, C.N. and Rocha, P.L.B, 2008: Affiliation in four echimyid rodent  
729 species based in intrasexual dyadic encounters: evolutionary implications. *Ethology*  
730 **114**, 389-387.  
731
- 732 Grimm, V., Revilla, E., Berger, U., Jeltsch, F., Mooij, W. M., Railsback, S. F., Thulke  
733 H-H., Weiner, J., Wiegand, T., & DeAngelis, D. L. 2005: Pattern-Oriented Modeling of  
734 Agent-Based Complex Systems: Lessons from Ecology. *Science* **310**, 987-991  
735

- 736 Hamilton, W. D. 1971; Geometry for the Selfish Herd. *J. theor. Biol.* **31**, 295-311  
737
- 738 Hemelrijk, C. K. 1999: An individual-orientated model of the emergence of despotic  
739 and egalitarian societies. *Proc. R. Soc. Lond.* **266**, 361-369  
740
- 741 Hogeweg, P. & Hesper, B. 1983: The ontogeny of interaction structure in bumblebee  
742 colony: a MIRROR model. *Behav Ecol Sociobio* **12**, 271-283  
743
- 744 Johnson, D. D. P., Kays, R., Blackwell, P. G. & Macdonald, D.W. 2002: Does the  
745 resource dispersion hypothesis explain group living? *TRENDS in Ecology & Evolution*  
746 **17** (12), 563-570  
747
- 748 Johnstone, R. A. 2000: Models of reproductive skew: A review and synthesis. *Ethology*,  
749 **106**, 5-26  
750
- 751 Lacey, E. A. & Sherman, P. W. 2005: Redefining eusociality: concepts, goals and levels  
752 of analysis. *Ann. Zool. Fennici* **42**, 573-577.  
753
- 754 Lacey, E.A. and Sherman, P.W., 2007. The Ecology of Sociality in Rodents. In: J.O.  
755 Wolff and P.W. Sherman (Editors), *Rodent Societies: An Ecological and Evolutionary*  
756 *Perspective*, University of Chicago Press, pp. 243-254.  
757
- 758 Lara, M.C. & Patton, J.L., 2000: Evolutionary diversification of spiny rats (genus  
759 *Trinomys*, Rodentia: Echimyidae) in the Atlantic Forest of Brazil. *Zool. J. Linn. Soc.*  
760 **130**, 661-686.

761

762 Lehner, P.N., 1996. Handbook of Ethological Methods, 2nd edn. Cambridge Univ.  
763 Press, Cambridge.

764

765 Manaf, P & Oliveira, E. S., 2000. Behavioural repertoire of *Proechimys*  
766 [*Trinomys*] *yonenagae* (Rodentia: Echimyidae) in captivity. *Rev. Etol.* **1** (2), 3-15.

767

768 Manaf, P., 2000. Estudo do Comportamento Social de Uma População de *Proechimys*  
769 *yonenagae* (Rodentia: Echimyidae) em cativeiro. Dissertação de mestrado. Universidade  
770 de São Paulo, São Paulo.

771

772 McMullen, P. R. 2001: an ant colony optimization approach to addressing a JIT  
773 sequencing problem with multiple objectives. *Artificial intelligence in engineering*, **15**,  
774 309-317

775

776 Neves, E.S. and Rios, V.P., 2005. Seqüências comportamentais exibidas por díades de  
777 *Trinomys yonenagae* (Rodentia, Echimyidae) em situação de cativeiro. In: V.P. Rios,  
778 Seqüências comportamentais exibidas por díades de *Trinomys yonenagae* (Rodentia:  
779 Echimyidae) em situação de cativeiro e análise de séries temporais de comportamentos  
780 utilizando modelagem computacional. Monografia. Universidade Federal da Bahia.  
781 Salvador, Brasil

782

783 Nonacs, P. & Reeve, H. K. 1995; The Ecology of Cooperation in Wasps: Causes and  
784 Consequences of Alternative Reproductive Decisions. *Ecology* **76**(3) 953-967.

785

- 786 Nonacs, P. 2001; A life-history approach to group living and social contracts between  
787 individuals. *Ann. Zool. Fennici* **38**: 239–254  
788
- 789 Nowak, R. M. 1991; *Walker's Mammals of the World*. The Johns Hopkins University  
790 Press, London  
791
- 792 Parunak, H. V. D., Savit, R., Riolo, R. 1998: Agent-Based Modeling vs. Equation-  
793 Based Modeling: A Case Study and Users' Guide. *Proceedings of Multi-agent systems  
794 and Agent-based Simulation (MABS'98)*, 10-25, Springer.  
795
- 796 Poole, T., 1985. *Social Behaviour in Mammals*. Chapman and Hall. New York,  
797
- 798 Quinn, G.P. and Keough, M.J., 2002: *Experimental Design and Data Analysis for  
799 Biologists*. Cambridge University Press, Cambridge  
800
- 801 Reeve, H. K. & Keller, L. 2001: Tests of reproductive-skew models in social insects.  
802 *Annu. Rev. Entomol.* **46**, 347–85  
803
- 804 Reeve, H. K., Sherman, P.W. & Keller, L. 1996: The eusociality continuum revisited.  
805 *TRENDS in Ecology and Evolution* **11**(11) 472  
806
- 807 Reynolds, C. W. 1987: Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model.  
808 In: Stone, M. C., *Computer Graphics* **21**(4), 25-34  
809



- 810 Rocha, P. L. B. 1991. Ecologia e morfologia de uma nova espécie de *Proechimys*  
811 (Rodentia: Echimyidae) das dunas interiores do rio São Francisco na Caatinga. USP.  
812 Dissertação de Mestrado. IB-USP.  
813
- 814 Saldanha-Filho, A. J. M. 2008: Evolução dos tipos de comportamentos sociais em  
815 *Trinomys* (Rodentia: Echimyidae). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da  
816 Bahia. Salvador, Brasil  
817
- 818 Schwarz, M. P., Richards M. H., & Danforth, B. N., 2007: Changing Paradigms in Insect  
819 Social Evolution: Insights from Halictine and Allodapine Bees. *Annu. Rev. Entomol.*  
820 52:127–50  
821
- 822 Sherman, P.W., Jarvis, J.U.M. & Alexander, R.D., 1991. *The Biology of the Naked*  
823 *Mole-Rat*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.  
824
- 825 Solomon, E. P., Berg, L. R. & Martin, D.W. 2005: *Biology*. Brooks/Cole- Thomson  
826 Learning, Belmont, CA, United States  
827
- 828 Souto, A. 2000: *Etologia: Princípios e Reflexões*, Editora Universitária UFPE. Recife,  
829 Pernambuco  
830
- 831 Souza, D. C. S., 2006. Análise do repertório comportamental de *Thrichomys apereoides*  
832 (Lund, 1839) e discussão da evolução das unidades comportamentais com o gênero  
833 *Trinomys*. Relatório final. PIBIC. Universidade Federal Da Bahia. Salvador, Brasil

834 Streilen, K. E., 1982. The ecology of small mammals in the semiarid brazilian caatinga.  
835 V. Agonistic behavior and overview. *Annals of carnegie museum*. Volume **51**. Artigo  
836 17.

837

838 Wcislo, W. T. (2005): Social labels: we should emphasize biology over terminology and  
839 not vice versa. *Ann. Zool. Fennici* **42**: 565–568

840

841 Wcislo, W.T. 2005: Social labels: we should emphasize biology over terminology and  
842 not vice versa. *Ann. Zool. Fennici* **42**, 565–568

843

844 Whitehouse, M. E. A. & Lubin, Y. 2005: The functions of societies and the evolution of  
845 group living: spider societies as a test case. *Biol. Rev.* **80**, 347–361

846

847 Wilson, E.O. 1975. *Sociobiology: The New Synthesis*. Belknap Press, Harvard, 366 pp.

848

849 Wilson, W. G. 1998: Resolving Discrepancies between Deterministic Population  
850 Models and Individual-Based Simulations. *The American Naturalist* **151** (2), 116-134

851

852 **Tabelas**

**Tabela I.** Repertório comportamental de interações sociais agonísticas para as espécies *Thrichomys apereoides*, *Trinomys iheringi denigratus* e *T. yonenagae*. É necessário ressaltar que em casos em que o contexto de uma ação não podia ser determinado, ela era registrada como neutra, independente de ter sido descrita como afiliativa ou agonística originalmente. Os comportamentos foram definidos em Streilen (1992) e Manaf & Oliveira (2000), e Manaf; Saldanha-Filho; Souza; Neves & Rios; Barduke; Almeida, dados não publicados.

Comportamento	Descrição	Origem da descrição
Evitação de contato	Um animal inclina o corpo em direção oposta a outro animal que tenta contato físico, evitando este contato	Almeida
Reação à aproximação sem luta	Um animal volta-se bruscamente para um outro animal que se aproxima dele, sem agredi-lo	Almeida
Reação ao contato sem luta	Um animal volta-se bruscamente para um outro animal que o tocou, sem agredi-lo	Almeida
Afastar-se	Um animal se afasta quando outro animal se aproxima ou o toca	Manaf; Almeida
Afastar-se com vigor	Um animal se afasta com vigor quando outro animal se aproxima	Manaf
Avançar	Um animal se locomove bruscamente em direção a outro animal	Manaf & Oliveira
Esconder-se	Um animal se esconde sob o abrigo quando outro animal se aproxima	Almeida
Perseguir	Um animal segue outro em alta velocidade	Neves & Rios
Encarar	Um animal se aproxima lentamente da cabeça do outro e pára a uma distância de menos de 1 corpo do outro animal, com o focinho direcionado para a região rostral da cabeça do outro animal	Saldanha-Filho
Encarar bípede	Um animal fica frente a frente com o outro, em postura totalmente bípede	Freitas et al.
Levantamento parcial	Um animal fica frente a outro que está próximo, em postura parcialmente bípede, com as patas anteriores esticadas, próximas ao tórax. Muitas vezes o outro animal se posiciona da mesma forma	Streilein; Almeida
Levantamento total	Um animal fica frente a frente com o outro, em postura totalmente bípede, com as patas anteriores esticadas, próximas ao tórax, a cauda pode estar totalmente esticada. Muitas vezes o outro animal se posiciona da mesma forma	Streilein; Almeida
Empurrar com as patas	Um animal empurra outro com uma ou duas patas dianteiras em postura bípede.	Almeida
Golpear região rostral	Um animal bate com uma ou ambas as patas anteriores na região rostral de outro animal	Barduke
Morder região caudal	Um animal morde a região caudal de outro	Souza
Pular em ataque	Um animal pula agressivamente sobre outro animal, provocando, muitas vezes, uma reação agressiva	Almeida

**Tabela II.** Repertório comportamental de interações sociais afiliativas para as espécies *Thrichomys apereoides*, *Trinomys iheringi denigratus* e *T. yonenagae*. É necessário ressaltar que em casos em que o contexto de uma ação não podia ser determinado, ela era registrada como neutra, independente de ter sido descrita como afiliativa ou agonística originalmente. Os comportamentos foram definidos em Manaf & Oliveira (2000), e Manaf; Saldanha-Filho; Souza; Neves & Rios; Barduke; Almeida, dados não publicados.

<b>Comportamento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Origem da descrição</b>
Proximidade não agressiva sem contato	Um animal está próximo (distância máxima de 50 cm) ao outro sem ocorrência de interação social entre eles, em um período de no mínimo 10 segundos	Almeida
Contato naso-auricular	Um animal introduz o focinho dentro da orelha do outro com movimentos vigorosos da cabeça	Manaf & Oliveira
Contato naso-nasal	Um animal encosta o focinho na região do focinho do outro animal	Neves & Rios
Contato rostro-anal	Um animal encosta a boca ou focinho no ânus do outro animal	Neves & Rios
Contato rostro-caudal	Um animal encosta a boca ou focinho em qualquer parte da cauda do outro, que não seja a sua base	Alves
Contato rostro-lombar	Um animal encosta a boca ou focinho no lombo do outro animal	Neves & Rios
Contato rostro-rostral	Um animal encosta a boca ou focinho na boca, focinho ou qualquer região da face do outro animal (quando não é possível fazer distinção da região)	Neves & Rios
Apoiar a cabeça no outro	Um animal apóia a cabeça sobre o outro animal, geralmente apoiando também as patas anteriores	Manaf & Oliveira
Apoiar as patas anteriores sobre o outro	Um animal apóia as patas anteriores na cabeça ou tórax do outro	Neves & Rios
Ficar em baixo	Um animal enfia a cabeça embaixo da cabeça ou tórax do outro, ficando por alguns instantes nessa posição	Neves & Rios
Parar em contato	Um animal pára em contato corporal com o outro, muitas vezes em sentido antiparalelo, podendo ou não realizar outras ações durante este contato. Duração mínima de 5 segundos	Neves & Rios
Passar em contato corporal	Um animal passa rente ao outro animal, esfregando a lateral do focinho ou do corpo	Manaf
Alolimpeza	Um animal penteia a região da cabeça ou do pescoço do outro animal	Manaf & Oliveira
Permanecer em contato	Um animal permanece em contato a outro por tempo continuado, geralmente em sentido paralelo, podendo realizar outras ações durante este contato. Duração mínima de 30 segundos	Almeida
Repousar em contato	Um animal repousa em contato com o outro animal	Almeida
Montar	Macho coloca as patas anteriores sobre a região lombar de uma fêmea	Manaf

**Tabela III.** Repertório comportamental de ações neutras para as espécies *Trichomys apereoides*, *Trinomys iheringi denigratus* e *T. yonenagae*. É necessário ressaltar que em casos em que o contexto de uma ação não podia ser determinado, ela era registrada como neutra, independente de ter sido descrita como afiliativa ou agonística originalmente. Os comportamentos foram definidos em Manaf & Oliveira (2000), e Manaf; Saldanha-Filho; Souza; Neves & Rios; Barduke; Almeida, dados não publicados.

Comportamento	Descrição	Origem da descrição
Andar	Locomoção com velocidade moderada ou lenta, não dirigida a outro animal.	Barduke
Correr	Locomoção rápida, saltatorial ou não.	Barduke
Explorar o substrato com o focinho*	Apoiando-se ou não no substrato vertical ou horizontal, o animal aproxima o focinho do substrato com contato ou não, e se locomovendo ou não. Realizam-se movimentos aleatórios da cabeça	Barduke
Explorar o ar com o focinho*	Parado, com postura quadrúpede ou bípede, com as patas anteriores apoiadas ou não em um substrato, o animal flexiona a cabeça para cima ou a mantém alinhada ao dorso, realizando movimentos curtos e rápidos, ou longos e lentos, em direções aleatórias. Pode permanecer por alguns instantes completamente imóvel	Barduke
Levantar-se sobre as patas posteriores	Parado, com apenas as patas posteriores no chão, com o tronco ereto, e com movimentos do focinho.	Barduke
Levantar-se parcialmente sobre as patas posteriores	Parado com apenas as patas posteriores no chão, tronco semi-ereto, com movimentos do focinho.	Barduke
Levantar-se apoiando-se no substrato	Levantar-se sobre as patas posteriores, apoiando as patas anteriores em substrato vertical.	Neves
Saltar	Salto vigoroso para frente ou para cima.	Neves
Beber	Beber água no bebedouro	Manaf
Cavar na entrada da toca	Na entrada de uma toca, faz movimentos alternados de flexão e extensão com as patas anteriores, acumulando assim substrato sob o corpo, por vezes arremessando-o para trás com as patas posteriores	Manaf
Forragear	Qualquer atividade relacionada à coleta de alimento que envolva um ou mais dos seguintes comportamentos: a) locomover-se com o focinho voltado para o substrato; b) cavar mantendo o focinho plenamente voltado para o substrato; c) apanhar com a boca pequeno objeto achado sobre o substrato ou durante escavação	Manaf
Autolimpeza	Lavar a face, pentear, lambe o pênis, coçar, limpar as unhas com os dentes ou lambe as patas	Manaf
Comer	Segurar item com as patas anteriores, levá-lo à boca e fazer movimentos de mastigação	Manaf
Estender patas posteriores	Estender uma ou as duas patas posteriores, encostando a região pélvica no chão ou não	Neves

**Tabela IV.** Resultados médios de porcentagens de ações afiliativas, agonísticas, e neutras, e distância média no momento do início da interação para o modelo com memória geral

	<b>distância média</b>	<b>% de ações afiliativas</b>	<b>% de ações agonísticas</b>	<b>% de ações neutras</b>
<b>ag=0.1 af=0.1</b>	71,406074	24,9163	14,48	60,6037
<b>ag=0.1 af=0.3</b>	71,197014	35,9521	4,7	59,3479
<b>ag=0.1 af=0.5</b>	71,619136	54,9672	3,3125	41,7203
<b>ag=0.1 af=0.7</b>	71,570562	74,0428	1,8009	24,1563
<b>ag=0.1 af=0.9</b>	71,177092	93,7424	0,0926	6,165
<b>ag=0.3 af=0.1</b>	70,786766	11,5249	25,6778	62,7973
<b>ag=0.3 af=0.3</b>	71,049096	37,5308	23,2683	39,2009
<b>ag=0.3 af=0.5</b>	70,883726	53,2017	10,9127	35,8856
<b>ag=0.3 af=0.7</b>	71,33652	72,7881	5,7257	21,4862
<b>ag=0.3 af=0.9</b>	71,308716	94,4	0,2959	5,3041
<b>ag=0.5 af=0.1</b>	70,55674	8,0793	43,1598	48,7609
<b>ag=0.5 af=0.3</b>	70,707546	16,841	43,0145	40,1445
<b>ag=0.5 af=0.5</b>	70,89786	49,2063	25,3609	25,4328
<b>ag=0.5 af=0.7</b>	70,977922	72,175	9,6005	18,2245
<b>ag=0.5 af=0.9</b>	71,1518	93,7314	0,4865	5,7821
<b>ag=0.7 af=0.1</b>	70,694034	4,682	59,8762	35,4418
<b>ag=0.7 af=0.3</b>	70,59231	10,0754	60,0979	29,8267
<b>ag=0.7 af=0.5</b>	70,51222	15,3088	60,1393	24,5519
<b>ag=0.7 af=0.7</b>	70,454514	61,4487	22,3485	16,2028
<b>ag=0.7 af=0.9</b>	71,135586	93,6612	0,6829	5,6559
<b>ag=0.9 af=0.1</b>	70,505616	1,4258	76,9426	21,6316
<b>ag=0.9 af=0.3</b>	70,504508	3,2562	76,9172	19,8266
<b>ag=0.9 af=0.5</b>	70,597494	5,0159	76,7248	18,2593
<b>ag=0.9 af=0.7</b>	70,584016	6,7415	76,7454	16,5131
<b>ag=0.9 af=0.9</b>	71,274478	84,1456	7,0027	8,8517

ag: valor inicial de agressividade

af: valor inicial de afiliação

**Tabela V.** Resultados médios de porcentagens de ações afiliativas, agonísticas, e neutras, e distância média no momento do início da interação para o modelo com memória individual

	<b>distância média</b>	<b>% de ações afiliativas</b>	<b>% de ações agonísticas</b>	<b>% de ações neutras</b>
<b>ag=0.1 af=0.1</b>	70,715398	23,6883	16,9738	59,3379
<b>ag=0.1 af=0.3</b>	71,299126	35,4058	5,6679	58,9263
<b>ag=0.1 af=0.5</b>	71,446774	54,8156	3,823	41,3614
<b>ag=0.1 af=0.7</b>	71,565198	74,1163	1,96	23,9237
<b>ag=0.1 af=0.9</b>	71,609888	93,5047	0,1147	6,3806
<b>ag=0.3 af=0.1</b>	70,906242	10,3113	26,6162	63,0725
<b>ag=0.3 af=0.3</b>	70,803906	36,9472	26,0122	37,0406
<b>ag=0.3 af=0.5</b>	71,335	53,4457	11,3772	35,1771
<b>ag=0.3 af=0.7</b>	71,103296	72,6956	5,9217	21,3827
<b>ag=0.3 af=0.9</b>	71,171754	93,8264	0,3466	5,827
<b>ag=0.5 af=0.1</b>	70,727262	6,9416	43,5159	49,5425
<b>ag=0.5 af=0.3</b>	70,748204	16,3883	43,2511	40,3606
<b>ag=0.5 af=0.5</b>	70,733102	46,7533	28,9885	24,2582
<b>ag=0.5 af=0.7</b>	71,06105	71,818	9,7511	18,4309
<b>ag=0.5 af=0.9</b>	70,933686	93,835	0,5783	5,5867
<b>ag=0.7 af=0.1</b>	70,72381	3,6895	60,0941	36,2164
<b>ag=0.7 af=0.3</b>	70,555574	9,596	59,978	30,426
<b>ag=0.7 af=0.5</b>	70,59728	14,8914	59,9467	25,1619
<b>ag=0.7 af=0.7</b>	70,954602	56,3747	27,1735	16,4518
<b>ag=0.7 af=0.9</b>	71,651044	93,5052	0,7972	5,6976
<b>ag=0.9 af=0.1</b>	70,69797	0,9534	76,5428	22,5038
<b>ag=0.9 af=0.3</b>	70,678112	2,8522	76,5634	20,5844
<b>ag=0.9 af=0.5</b>	70,55175	4,6503	76,5103	18,8394
<b>ag=0.9 af=0.7</b>	70,552744	6,3949	76,5148	17,0903
<b>ag=0.9 af=0.9</b>	71,38668	80,0458	10,885	9,0692

ag: valor inicial de agressividade

af: valor inicial de afiliação



**Tabela VI.** Valores de p para diferenças na distância média entre conjuntos de parâmetros nos modelos com memória individual e geral e valores de distância média medida nas espécies de roedores. Valores em cinza indicam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Parâmetros	Geral			Individual		
	den	thrich	yon	den	thrich	yon
0.10.1	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.10.3	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.10.5	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.10.7	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.10.9	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.30.1	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.30.3	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.30.5	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.30.7	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.30.9	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.50.1	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.50.3	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.50.5	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.50.7	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.50.9	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.70.1	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.70.3	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.70.5	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.70.7	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.70.9	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.90.1	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.90.3	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.90.5	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.90.7	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0.90.9	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00

\* os dois primeiros dígitos das combinações de parâmetros representam o valor inicial de agressividade, e os dois últimos o valor inicial de afiliação

den = *Trinomys iheringi denigratus*

thrich = *Thrichomys apereoides*

yon = *Trinomys yonenagae*

**Tabela VII.** Valores de p para diferenças na porcentagem de comportamentos afiliativos entre conjuntos de parâmetros nos modelos com memória individual e geral e valores de distância média medida nas espécies de roedores. Valores em cinza indicam ausência de diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

	Geral			Individual		
	den	trich	yon	den	trich	yon
<b>0.10.1</b>	0,062	0,08	0,76	0,056	0,11	0,901
<b>0.10.3</b>	1	0,018	0,085	1	0,02	0,093
<b>0.10.5</b>	0,013	0,004	0,01	0,013	0,004	0,01
<b>0.10.7</b>	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003
<b>0.10.9</b>	0	0,001	0,001	0	0	0,001
<b>0.30.1</b>	0,007	1	0,526	0,006	1	0,403
<b>0.30.3</b>	0,989	0,015	0,067	1	0,016	0,073
<b>0.30.5</b>	0,017	0,004	0,012	0,016	0,004	0,011
<b>0.30.7</b>	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,003
<b>0.30.9</b>	0	0,001	0,001	0	0	0,001
<b>0.50.1</b>	0,005	1	0,25	0,004	0,984	0,199
<b>0.50.3</b>	0,016	0,513	1	0,014	0,573	0,999
<b>0.50.5</b>	0,033	0,005	0,016	0,061	0,006	0,021
<b>0.50.7</b>	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,003
<b>0.50.9</b>	0	0	0,001	0	0	0,001
<b>0.70.1</b>	0,004	0,725	0,13	0,003	0,579	0,11
<b>0.70.3</b>	0,006	1	0,383	0,006	1	0,345
<b>0.70.5</b>	0,012	0,731	0,97	0,012	0,795	0,941
<b>0.70.7</b>	0,002	0,001	0,004	0,007	0,002	0,007
<b>0.70.9</b>	0	0	0,001	0	0,001	0,001
<b>0.90.1</b>	0,003	0,333	0,076	0,003	0,297	0,071
<b>0.90.3</b>	0,003	0,521	0,102	0,003	0,472	0,095
<b>0.90.5</b>	0,004	0,776	0,138	0,004	0,721	0,129
<b>0.90.7</b>	0,004	0,975	0,191	0,004	0,951	0,179
<b>0.90.9</b>	0	0	0	0	0	0

\* os dois primeiros dígitos das combinações de parâmetros representam o valor inicial de agressividade, e os dois últimos o valor inicial de afiliação

den = *Trinomys iheringi denigratus*

trich = *Thrichomys apereoides*

yon = *Trinomys yonenagae*

**Tabela IX.** Valores de p para diferenças na porcentagem de comportamentos agonísticos entre conjuntos de parâmetros nos modelos com memória individual e geral e valores medidos nas espécies de roedores. Valores em cinza indicam ausência de diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ).

	Geral			Individual		
	den	trich	yon	den	trich	yon
<b>0.10.1</b>	0,024	0,17	0	0,025	0,108	0
<b>0.10.3</b>	0,952	1	0	0,76	0,998	0
<b>0.10.5</b>	1	1	0	0,999	1	0
<b>0.10.7</b>	1	1	0,008	1	1	0,007
<b>0.10.9</b>	0,963	0,987	0,037	0,965	0,987	0,04
<b>0.30.1</b>	0,007	0,029	0	0,006	0,025	0
<b>0.30.3</b>	0,007	0,037	0	0,006	0,026	0
<b>0.30.5</b>	0,121	0,417	0	0,106	0,372	0
<b>0.30.7</b>	0,746	0,997	0	0,7	0,994	0
<b>0.30.9</b>	0,981	0,993	0,087	0,985	0,994	0,111
<b>0.50.1</b>	0,001	0,005	0	0,001	0,005	0
<b>0.50.3</b>	0,001	0,005	0	0,001	0,005	0
<b>0.50.5</b>	0,006	0,028	0	0,004	0,019	0
<b>0.50.7</b>	0,184	0,573	0	0,175	0,552	0
<b>0.50.9</b>	0,992	0,996	0,247	0,995	0,997	0,45
<b>0.70.1</b>	0	0,002	0	0	0,002	0
<b>0.70.3</b>	0	0,002	0	0	0,002	0
<b>0.70.5</b>	0	0,002	0	0	0,002	0
<b>0.70.7</b>	0,008	0,042	0	0,004	0,022	0
<b>0.70.9</b>	0,997	0,998	0,843	0,999	0,999	1
<b>0.90.1</b>	0	0,001	0	0	0,001	0
<b>0.90.3</b>	0	0,001	0	0	0,001	0
<b>0.90.5</b>	0	0,001	0	0	0,001	0
<b>0.90.7</b>	0	0,001	0	0	0,001	0
<b>0.90.9</b>	0,577	0,967	0	0,08	0,506	0

\* os dois primeiros dígitos das combinações de parâmetros representam o valor inicial de agressividade, e os dois últimos o valor inicial de afiliação

den = *Trinomys iheringi denigratus*

trich = *Thrichomys apereoides*

yon = *Trinomys yonenagae*

**Tabela X.** Valores de p para diferenças na porcentagem de comportamentos neutros entre conjuntos de parâmetros nos modelos com memória individual e geral e valores medidos nas espécies de roedores. Valores em cinza indicam ausência de diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

	Geral			Individual		
	den	trich	yon	den	trich	yon
<b>0.10.1</b>	1	0,071	0,033	0,999	0,073	0,045
<b>0.10.3</b>	0,999	0,075	0,048	0,992	0,072	0,046
<b>0.10.5</b>	0,03	0,018	0,008	0,029	0,018	0,008
<b>0.10.7</b>	0,005	0,007	0,003	0,004	0,007	0,002
<b>0.10.9</b>	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003	0,001
<b>0.30.1</b>	1	0,108	0,081	1	0,112	0,084
<b>0.30.3</b>	0,017	0,014	0,005	0,015	0,013	0,005
<b>0.30.5</b>	0,014	0,013	0,005	0,013	0,012	0,005
<b>0.30.7</b>	0,004	0,006	0,002	0,003	0,006	0,002
<b>0.30.9</b>	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003	0,001
<b>0.50.1</b>	0,102	0,03	0,015	0,12	0,032	0,016
<b>0.50.3</b>	0,023	0,016	0,007	0,024	0,017	0,007
<b>0.50.5</b>	0,005	0,007	0,003	0,004	0,007	0,002
<b>0.50.7</b>	0,003	0,005	0,002	0,003	0,005	0,002
<b>0.50.9</b>	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003	0,001
<b>0.70.1</b>	0,013	0,012	0,005	0,014	0,013	0,005
<b>0.70.3</b>	0,007	0,009	0,003	0,008	0,009	0,004
<b>0.70.5</b>	0,004	0,007	0,003	0,005	0,007	0,003
<b>0.70.7</b>	0,002	0,005	0,001	0,002	0,005	0,002
<b>0.70.9</b>	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003	0,001
<b>0.90.1</b>	0,003	0,006	0,002	0,004	0,006	0,002
<b>0.90.3</b>	0,003	0,005	0,002	0,003	0,006	0,002
<b>0.90.5</b>	0,003	0,005	0,002	0,003	0,005	0,002
<b>0.90.7</b>	0,002	0,005	0,002	0,002	0,005	0,002
<b>0.90.9</b>	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003	0,001

\* os dois primeiros dígitos das combinações de parâmetros representam o valor inicial de agressividade, e os dois últimos o valor inicial de afiliação

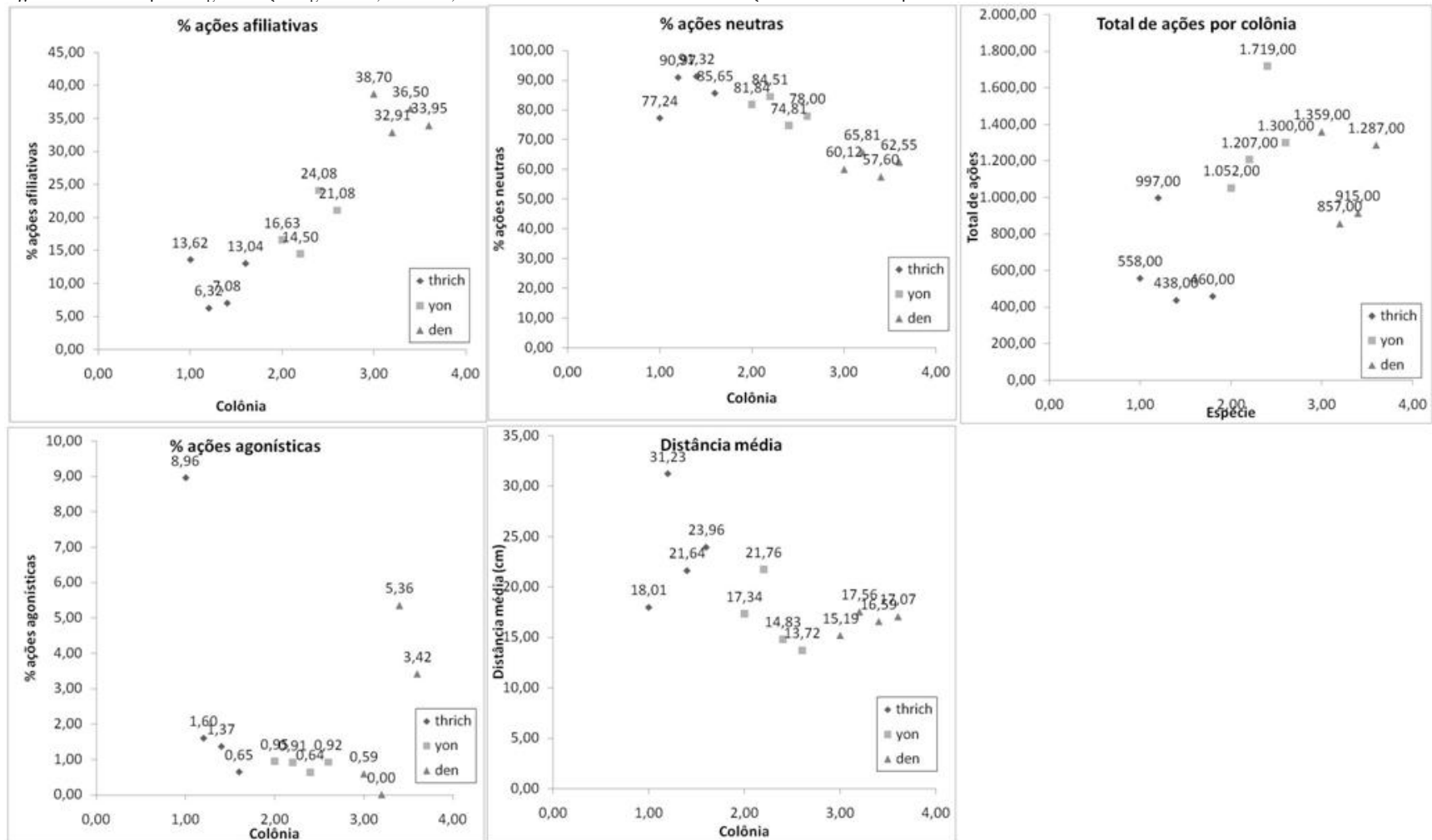
den = *Trinomys iheringi denigratus*

trich = *Thrichomys apereoides*

yon = *Trinomys yonenagae*

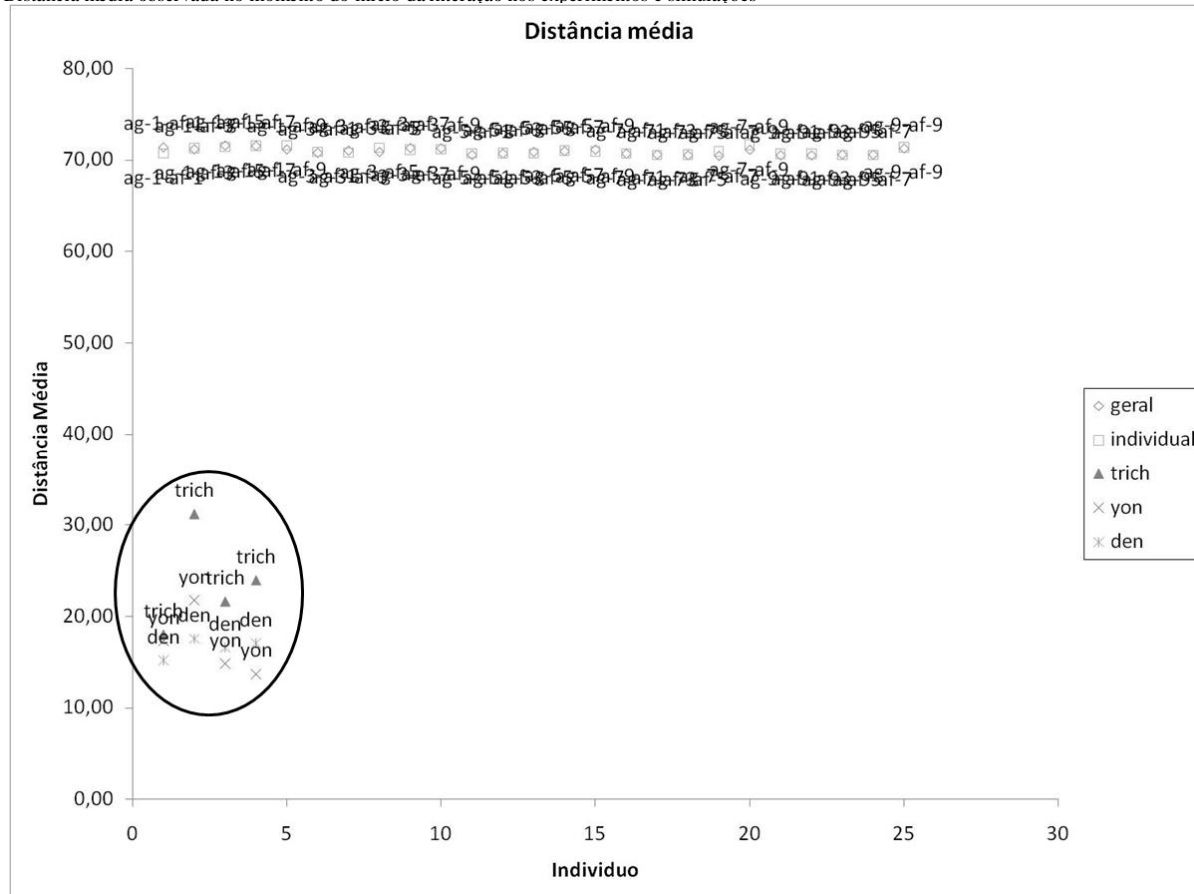
## Figuras

Figura 1. Valores de porcentagens de ações agonísticas, afiliativas, neutras e distância média no início da interação observados nos experimentos



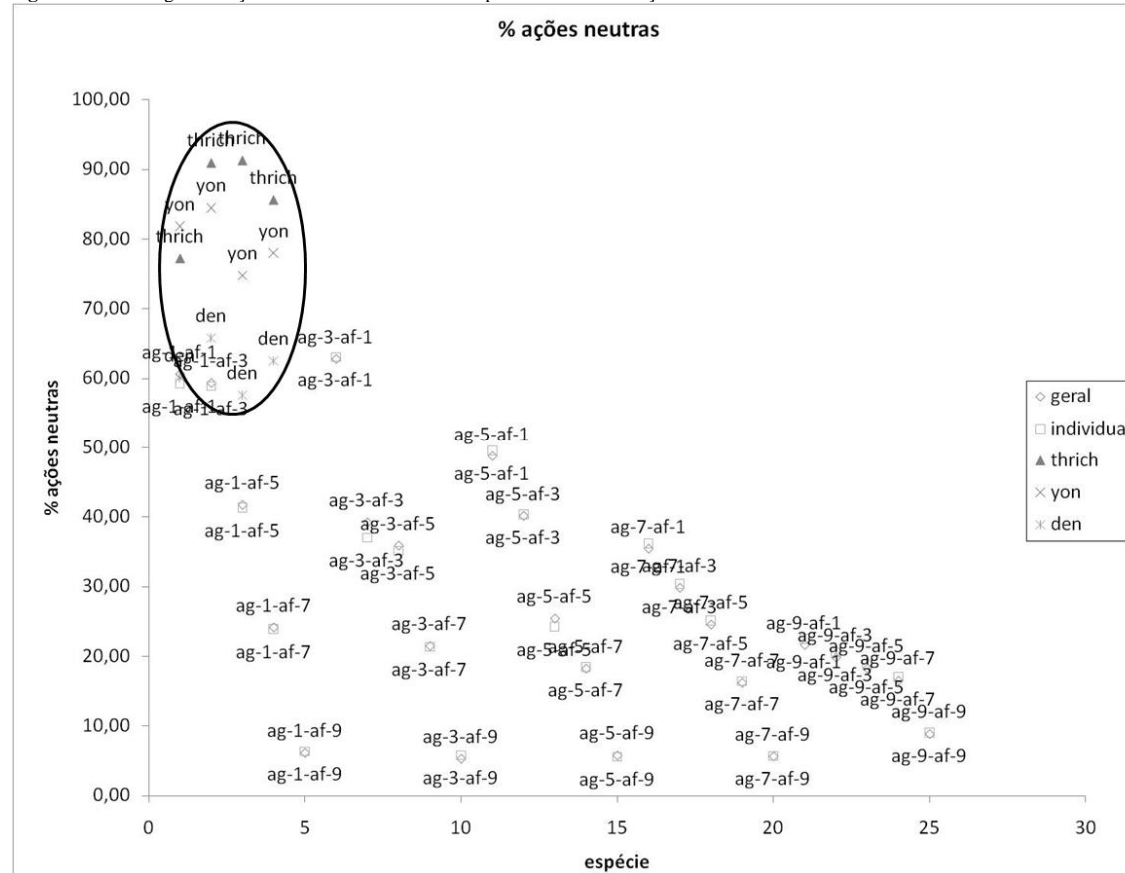
thrigh : cada ponto representa uma colônia de *Thrichomys apereoides*  
yon: cada ponto representa uma colônia de *Trinomys yonenagae*  
den: cada ponto representa uma colônia de *Trinomys iheringhi denigratus*

**Figura 2.** Distância média observada no momento do início da interação nos experimentos e simulações



Geral: cada ponto representa a média de 50 simulações com memória geral com os parâmetros iniciais representados pelo código agx-afy, onde x e y são incrementos de 10% no valor de probabilidade de ação agressiva e afiliativa, respectivamente  
 Individual: cada ponto representa a média de 50 simulações com memória individual com os parâmetros iniciais representados pelo código agx-afy, onde x e y são incrementos de 10% no valor de probabilidade de ação agressiva e afiliativa, respectivamente  
 thrich : cada ponto representa uma colônia de *Thrichomys apereoides*  
 yon: cada ponto representa uma colônia de *Trinomys yonenagae*  
 den: cada ponto representa uma colônia de *Trinomys iheringhi denigratus*  
 Os valores correspondentes às colônias estão circulados

**Figura 3.** Porcentagem de ações neutras observadas nos experimentos e simulações



Geral: cada ponto representa a média de 50 simulações com memória geral com os parâmetros iniciais representados pelo código agx-afy, onde x e y são incrementos de 10% no valor de probabilidade de ação agressiva e afiliativa, respectivamente

Individual: cada ponto representa a média de 50 simulações com memória individual com os parâmetros iniciais representados pelo código agx-afy, onde x e y são incrementos de 10% no valor de probabilidade de ação agressiva e afiliativa, respectivamente

thrich : cada ponto representa uma colônia de *Thrichomys apereoides*

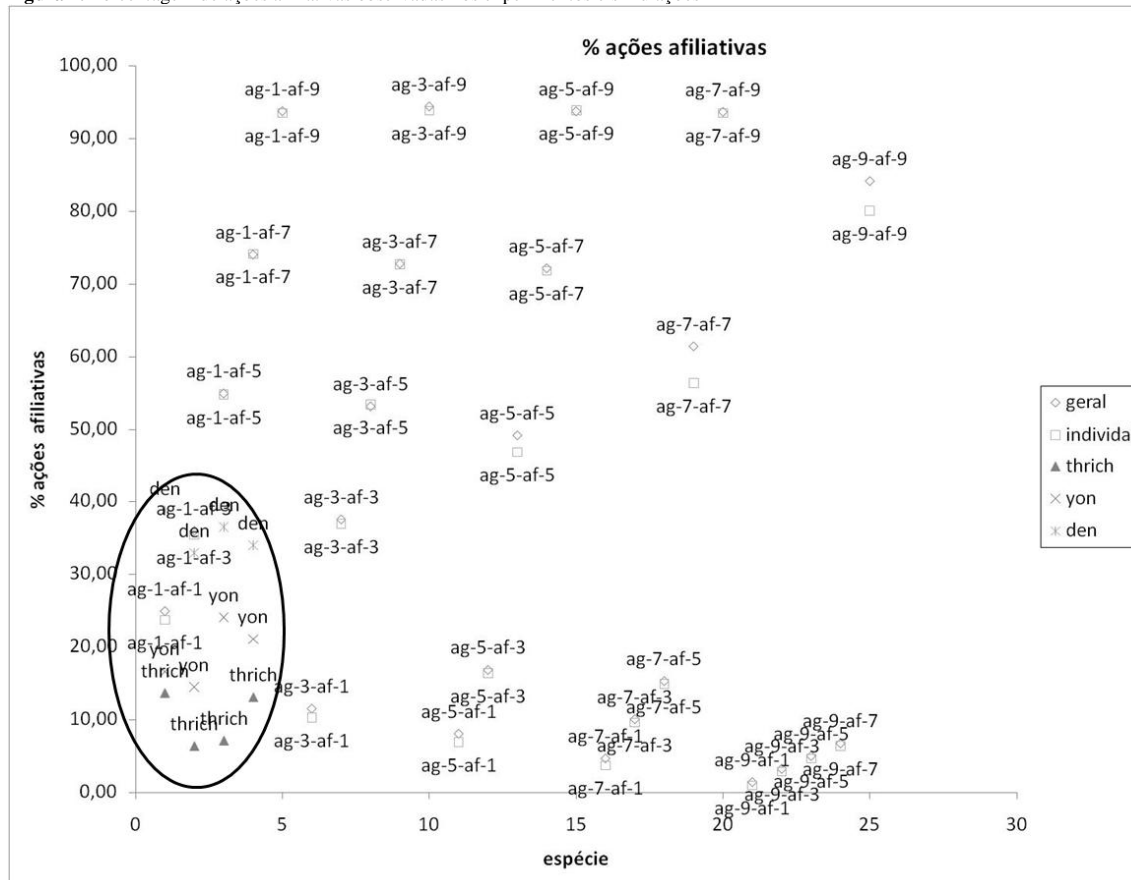
yon: cada ponto representa uma colônia de *Trinomys yonagae*

den: cada ponto representa uma colônia de *Trinomys iheringhi denigratus*

Os valores correspondentes às colônias estão circulados



**Figura 4.** Porcentagem de ações afiliativas observadas nos experimentos e simulações



Geral: cada ponto representa a média de 50 simulações com memória geral com os parâmetros iniciais representados pelo código agx-afy, onde x e y são incrementos de 10% no valor de probabilidade de ação agressiva e afiliativa, respectivamente

Individual: cada ponto representa a média de 50 simulações com memória geral com os parâmetros iniciais representados pelo código agx-afy, onde x e y são incrementos de 10% no valor de probabilidade de ação agressiva e afiliativa, respectivamente

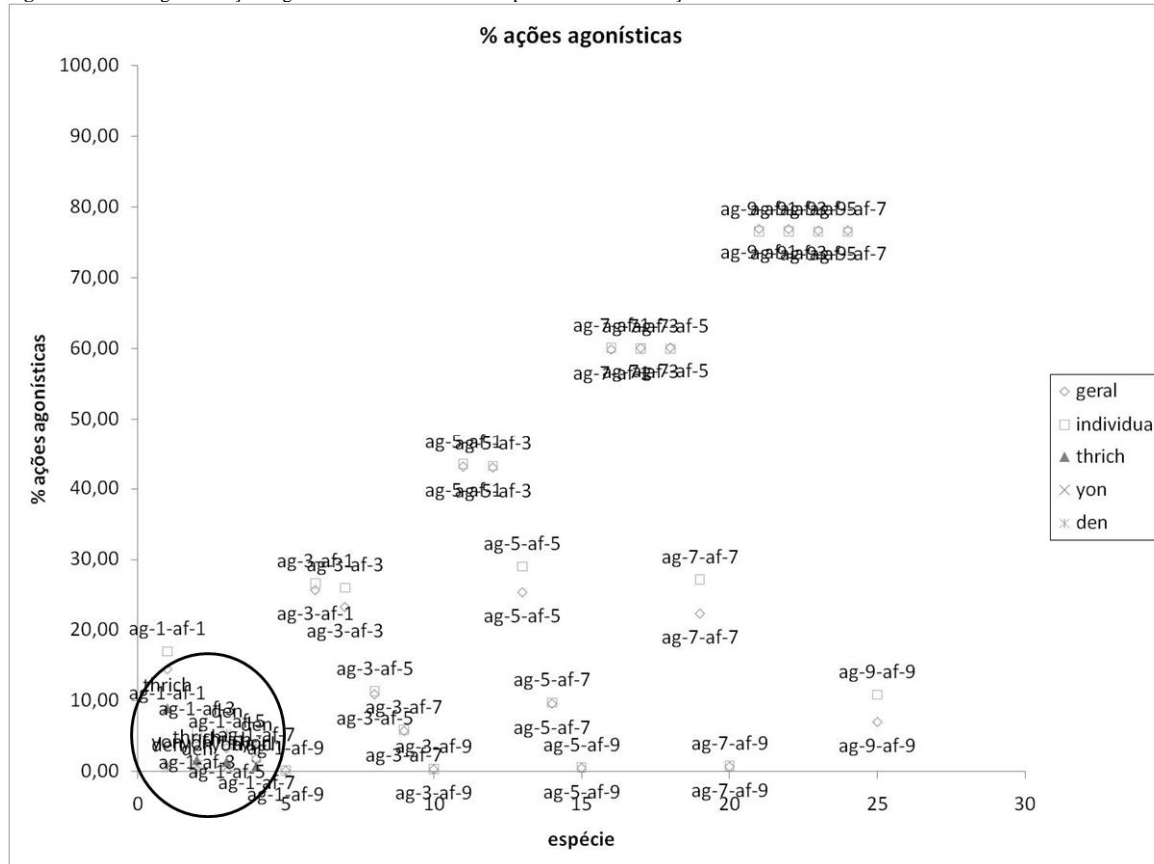
thrich : cada ponto representa uma colônia de *Thrichomys apereoides*

yon: cada ponto representa uma colônia de *Trinomys yonenagae*

den: cada ponto representa uma colônia de *Trinomys iheringhi denigratus*

Os valores correspondentes às colônias estão circulos

**Figura 5.** Porcentagem de ações agonísticas observadas nos experimentos e simulações



Geral: cada ponto representa a média de 50 simulações com memória geral com os parâmetros iniciais representados pelo código agx-afy, onde x e y são incrementos de 10% no valor de probabilidade de ação agressiva e afiliativa, respectivamente

Individual: cada ponto representa a média de 50 simulações com memória geral com os parâmetros iniciais representados pelo código agx-afy, onde x e y são incrementos de 10% no valor de probabilidade de ação agressiva e afiliativa, respectivamente

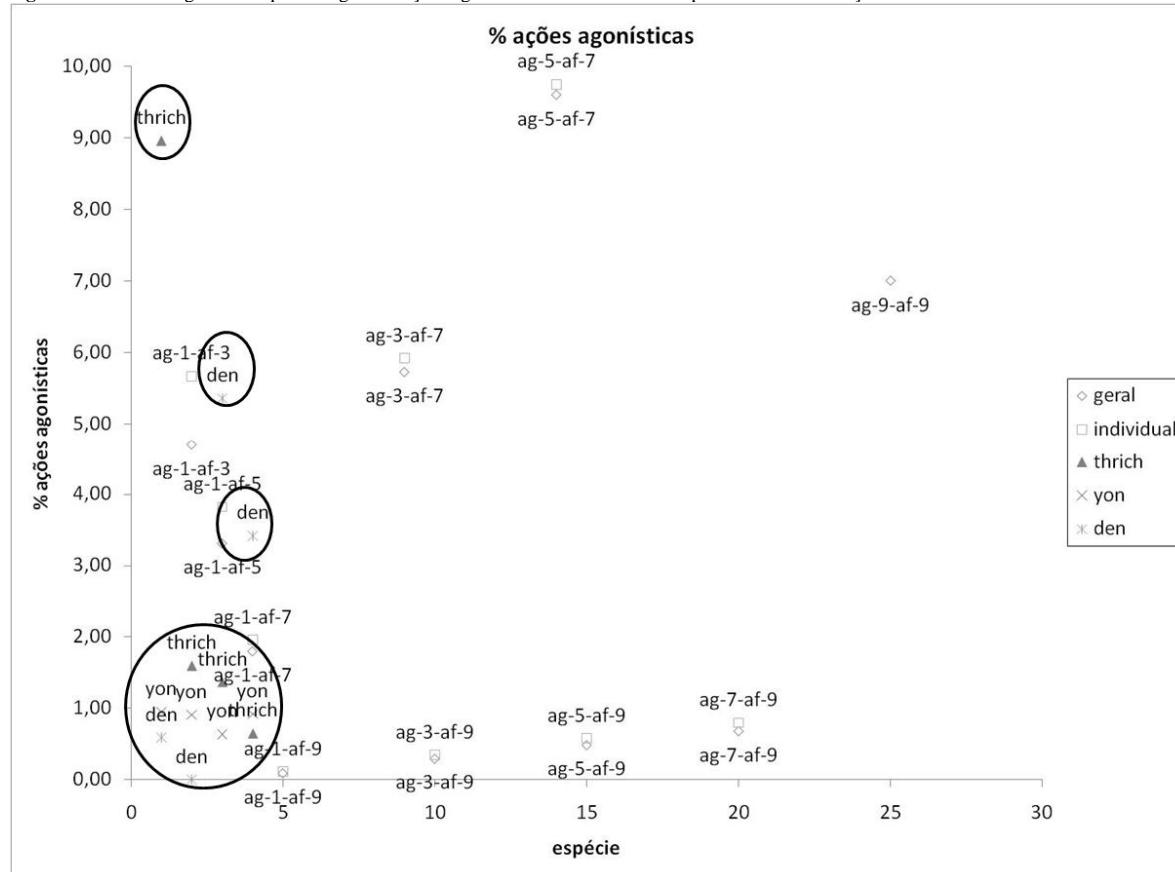
thrich : cada ponto representa uma colônia de *Thrichomys apereoides*

yon: cada ponto representa uma colônia de *Trinomys yonenagae*

den: cada ponto representa uma colônia de *Trinomys iheringhi denigratus*

Os valores correspondentes às colônias estão circulado. A figura 6 mostra o detalhe desta região do gráfico

**Figura 6.** Detalhe do gráfico de porcentagem de ações agonísticas observadas nos experimentos e simulações



Geral: cada ponto representa a média de 50 simulações com memória geral com os parâmetros iniciais representados pelo código agx-afy, onde x e y são incrementos de 10% no valor de probabilidade de ação agressiva e afiliativa, respectivamente

Individual: cada ponto representa a média de 50 simulações com memória geral com os parâmetros iniciais representados pelo código agx-afy, onde x e y são incrementos de 10% no valor de probabilidade de ação agressiva e afiliativa, respectivamente

thrich : cada ponto representa uma colônia de *Thrichomys apereoides*

yon: cada ponto representa uma colônia de *Trinomys yonenagae*

den: cada ponto representa uma colônia de *Trinomys iheringhi denigratus*

Os valores correspondentes às colônias estão circulares. Valores das simulações acima de 10% são mostrados na figura 5

## Conclusões gerais

- 1) A grande variação exibida pelas espécies de roedores utilizadas no experimento nos parâmetros mensurados neste trabalho dificultou a comparação entre as mesmas, e entre as mesmas e as simulações.
- 2) As diferenças observadas entre as espécies de roedores concordam com dados anteriores para estas espécies.
- 3) Os modelos com memória individual e geral não diferiram estatisticamente entre si.
- 4) As causas mais prováveis da discordância entre o modelo e o experimento são:
  - a. Os parâmetros escolhidos para representar a socialidade (valores de agressividade e afiliação, respectivamente) são insuficientes para modelá-la adequadamente
  - b. O algoritmo da simulação computacional não corresponde a um bom modelo da realidade
  - c. A. variação excessiva entre as colônias de cada espécie dificulta uma boa simulação da socialidade destas espécies.
- 5) Devido ao modelo ter sido estruturado de modo a corresponder ao experimento da forma mais exata possível, e às variáveis representativas da socialidade terem sido baseadas na literatura atual sobre a questão, acreditamos que a causa mais provável da discordância foi variação excessiva exibida pelas espécies de roedores utilizadas no experimento

## Anexo 1 – código fonte modelo com memória geral

```

/*
SocRatS: Social Rat Simulator
Simulador de Socialidade utilizando agentes autônomos
Autor: Vitor Passos Rios
Orientadores: Charbel El-Hanie José Garcia
Histórico de versões
Versão 1.0 concluída em 01/04/2008
versao 1.0.2 - corrigido metodo encontro, sem movimento. concluída em 29/05/2008
Versão 1.5 - método encontro atualizado, parâmetros de linha de comando, output para
arquivos. concluída em 06/05/2008
versao 1.5.2 - movimento que preste, sem embaralhar vetor
versao 1.5.a - sem embaralhar vetor
versão 1.6.a - com memoria individual sem embaralhar
versão 1.6.b - com memoria individual embaralhando o vetor agentes. concluido em 9/06/2008
versao 2.0 - afastamento - versao bugada
Versao 3.0i - , memoria individual , metodos corrigidos
Versao 3.0g - , memoria geral, metodos corrigidos - bugada
Versão 4.0.g –definitiva memória geral
*/

#define larg 130//tamanho do mundo, baseado nas medidas das colonias
#define alt 200
#define deslocamento 10
#define raio 124//metade da maior distancia observada antes de uma ação social

#include <string>
#include <fstream>
#include <iostream>
#include <iomanip>
#include <algorithm>
using namespace std;
#include "colonia.h"

//globais que sao passadas via parâmetros
double valor_inicial_agressividade;
double valor_inicial_afiliacao;
int num_agentes;
int num_turnos;//numero de turnos de cada iteração
int seed;
string arq1;
string arq2;

        fstream registro1;//arquivo onde vai ser registrada a sequencia
        fstream registro2;//arquivo onde vao ser registrados os índices

int iteracoes;// numero de vezes que a simulação será rodada com o conjunto de parametros
atual. o valor de seed aumenta em 1 a cada iteração do loop

```

```

//funções do main
void sintaxe();
double randdouble();
double randdouble_max(double max);
//void gera_memoria(int);
double distancia(int i,int j);

////////////////////////////////////
colonia colonia1;      // gera o mundo
agentes atacante; //vai armazenar os daados do agente do vetor pra diminuir o numero d
chamadas a métodos
agentes oponente;

//////////////////////////////////// main////////////////////////////////////

int main(int argc, char *argv[])//main vai receber argumentos da linha de comando
{
    if (argc!=9) // testa para ver se recebeu o numero certo de argumentos
    {
        sintaxe();
    }
    else
    {
//recebendo os argumentos
        num_agentes = atoi (argv[1]);//converte o valor de argv[1] de char para int
        valor_inicial_agressividade = atof(argv[2]);//converte o valor de argv[2] de char
para double
        valor_inicial_afiliacao = atof(argv[3]);
        num_turnos = atoi(argv[4]);
        arq1=argv[5];
        arq2=argv[6];
        seed = atoi (argv[7]);
        srand (seed);//semeia o rand c a seed
        iteracoes = atoi (argv[8]); //recebe o numero de iterações

//inicia o loop de iterações
        registro2.open(argv[6], ios::out | ios::app);
        int n_iter=0;
        for (n_iter = 1; n_iter<=iteracoes; n_iter++)
        {
            cout<<"iteracao "<< n_iter <<endl;
            //colonia colonia1;      // gera o mundo
            //gerando os objetos
            colonia1.gera_agentes(num_agentes);
            //colonia1.gera_memoria(num_agentes);
            registro1.open(argv[5], ios::out | ios::app);//gera o arquivo onde as sequencias
vao ser registradas
            registro1.precision(4);
            registro1<< setiosflags(ios::fixed)<<showpoint<<showpos;
            //começa os encontros
            int r;

```

```

        for (r=0;r<num_turnos;r++) //método vizinho determina se há encontro ou nao
        {
            //registro1 << "round "<< r<<endl;
            colonia1.vizinho(num_agentes);// só ocorre encontro quando se
aproximarem
            //embaralhar o vetor para garantir aleatoriedade na ordem das ações
            random_shuffle(colonia1.vetor_agentes.begin(),
colonia1.vetor_agentes.end());
        }
        //registro1 << " \n fim da iteracao"<< n_iter<<endl; //fim das interações

        //colonia1.mostra_valores();
        registro2 << (colonia1.DistAcum/colonia1.DistCount) <<" " <<
(double)colonia1.AfAcum/colonia1.AcaoAcum*100 << " "
<<(double)colonia1.AgAcum/colonia1.AcaoAcum*100 << " "
<<(double)colonia1.NaAcum/colonia1.AcaoAcum*100<< endl;

        registro1<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl; //para
deixar o arquivo do mesmo tamanho do individual
        registro1.close();
        seed++;
        srand(seed);//garante q uma iteração seja diferente da outra
    }/////termina o loop de iteracoes
    }
    //cout<<"gerando indices";
    //colonia1.gera_indices(arq1, arq2, valor_inicial_agressividade, valor_inicial_afiliacao);

    //system ("pause");
    registro2.close();
    return 0;
}

void sintaxe() // instruções de uso do programa (assumindo que o usuário sabe o que está
fazendo)
{
    cout<<"utilizacao do programa SocRats:\n";
    cout<<"input: Socrats3.0.g numero_de_agentes valor_da_agressividade
valor_da_afiliacao numero_de_turnos arquivo_de_saida1 arquivo_de_saida2 seed iteracoes\n";
    cout<<"numero de agentes: valor inteiro positivo\n";
    cout<<"valor da agressividade: entre 0 e 1 \n";
    cout<<"valor da afiliacao: entre 0 e 1\n";
    cout<<"numero de turnos: valor inteiro positivo\n";
    cout<<"arquivo de saida 1: arquivo onde vao ser registradas as sequencias, nome.txt \n";
    cout<<"arquivo de saida 2: arquivo onde vao ser registrados os indices, nome2.txt\n";
    cout<<"seed: semente de aleatorizacao, inteiro positivo\n";
    cout<<"iteracoes: numero de vezes que a simulação será rodada com o conjunto de
parametros atual, valor inteiro positivo maior que zero\n";

}
double randdouble()
{ //funções achadas em http://www.geekpedia.com/tutorial39\_Random-Number-
Generation.html

```

```
//generates a pseudo-random double between 0.0 and 0.999...
double r=(rand()/(double(RAND_MAX)+1));

    return r;

}
//generates a pseudo-random double between 0.0 and max
double randdouble_max(double max)
{ double w = ((rand()/(double(RAND_MAX)+1))*max);

    return w;

}

double distancia(int i, int j)// distancia linear entre i e j
{
    double d, dx, dy;
    dx = (colonia1.vetor_agentes.at(i).coord[0])-(colonia1.vetor_agentes.at(j).coord[0]);
    dy = (colonia1.vetor_agentes.at(i).coord[1])-(colonia1.vetor_agentes.at(j).coord[1]);
    d= sqrt((dx*dx)+(dy*dy)); //dá a hipotenusa do triangulo de lados x e y
    return d;
}
```



```

#ifndef AGENTES_H
#define AGENTES_H
#include "memoria.h" //neste caso, a memoria é geral, nao há vetor memória

//agentes sao os individuos das colonias virtuais
class agentes
{
private:

    double agressividade ; // valor do índice de agressividade, entre 0 e 1
    double afiliacao;// valor do índice de afiliacao, entre 0 e 1
    double modificador_agressividade;
    double modificador_afiliacao;
public:
    friend class colonia ;
    int nome;//identificação do agente
    agentes();
//    void mostra_valores();
    void movimento();
    void afasta(int, int);
    void aproxima(int, int);
    double coord[2];//coord[0] é x, coord[1] é y
    //double distancia(int i, int j);

};

agentes::agentes()
{
    extern double valor_inicial_agressividade;//global
    extern double valor_inicial_afiliacao;//global
    agressividade = valor_inicial_agressividade; // valor do índice de agressividade, entre 0
e 1
    afiliacao = valor_inicial_afiliacao;// valor do índice de afiliacao, entre 0 e 1
    modificador_agressividade =0; //representa o somatorio de todas as ações positivas ou
negativas
    modificador_afiliacao=0;
    nome=0; //identificador do agente
}

//void agentes::mostra_valores()
//{
//    registro1 << "Afiliacao de " << nome << " = " << afiliacao << " +- ";
//    for(int i=0;i<num_agentes; i++) {
//        for (int j=0;j<num_agentes; j++)
//            registro1 << mem_linhas[i][j] << " ";
//        registro1 << endl;
//    }
//    //registro1 << "Agressividade de " << nome << " = " << agressividade << " +- " <<
modificador_agressividade << "\n";
//    //registro1 << "\n";
//}

void agentes::movimento()

```

```

{
    //movimento aleatorio, exceto em casos após encontro (ver metodo colonia::encontro)
    extern double randdouble_max(double);
    double k,t;

    k=rand()%2;// k e t sao um valor aleatório que determina a direção do movimento
    t=rand()%2;
    if (k==0)
        {coord[0]= coord[0] + randdouble_max(deslocamento);}
    if (k==1)
        {coord[0]= coord[0] - randdouble_max(deslocamento);}
    if (t==0)
        {coord[1]= coord[1] + randdouble_max(deslocamento);}
    if (t==1)
        {coord[1]= coord[1] - randdouble_max(deslocamento);}
    if(coord[0]>larg) coord[0]=larg;
    if(coord[1]>alt) coord[1]=alt;
    if(coord[0]<0) coord[0]=0;
    if(coord[1]<0) coord[1]=0;
}

void agentes::afasta(int i , int j)//recebe as coordenadas de atacante e oponente
{ extern double distancia(int i, int j);
  double dist_antes = distancia(i,j);
  movimento();
  double dist_depois= distancia (i, j);
  int conta = 0;
  while (dist_depois <=dist_antes)// assegura que o agente se afasta
  {
      if(conta<15)//evita loop infinito
      {
          movimento();
          dist_depois= distancia (i, j);
          conta++;
      }
      else
          break;
  }
}

void agentes::aproxima(int i , int j)//recebe as coordenadas de atacante e oponente
{extern double distancia(int i, int j);
  double dist_antes = distancia(i,j);
  movimento();
  double dist_depois = distancia (i, j);
  int conta =0;
  while (dist_depois > dist_antes) //mantém distancia igual ou menor
  {
      if(conta<15)//evita loop infinito
      {
          movimento();
          conta++;
      }
      else

```

```
                break;
            }
            if (dist_depois<1)
            {afasta(i,j);}
        }

#endif
```

```

#ifndef COLONIA_H
#define COLONIA_H

#include "agentes.h"
// #include "memoria.h"
#include <vector>
#include <math.h>

class colonia// gera e aciona os agentes
{
private:
    friend class agentes;
    int num_agentes;
    double agressividade_atacante;
    double afiliacao_atacante;
    double agressividade_oponente;
    double afiliacao_oponente;
    void agressivo(int i, int j);
    void afiliativo(int i, int j);
    void nada(int i);
public:
    colonia();
    vector <agentes> vetor_agentes;// cria um vetor do tipo class agente
//    vector <vector <memoria> >mem_linhas;// cria um vetor de vetores de elementos do
tipo memoria
    void gera_memoria(int);
    void gera_agentes(int);
//void gera_indices(string arq1, string arq2, double valor_inicial_agressividade, double
valor_inicial_afiliacao);
    void vizinho(int num_agentes);
    void encontro(int, int);
    void mostra_valores();
    void mostra_coordenadas(int num_agentes);
    double DistAcum;
    int DistCount;
    int AfAcum;
    int AgAcum;
    int NaAcum;
    int AcaoAcum;

};
colonia::colonia()
{
    DistAcum=0;
    DistCount=0;
    AfAcum=AgAcum=NaAcum=AcaoAcum=0;
}

void colonia::mostra_valores()// output dos valores de afiliação e agressividade
{
    extern fstream registro1;

```

```

registro1<< "valores de Afiliacao = \n";
for(int i=0;i<num_agentes; i++)
{
    registro1<<"modificador de AF do agente "<< vetor_agentes.at(i).nome<<"
"<<vetor_agentes.at(i).modificador_afiliacao<<" " << "modificador de AG
"<<vetor_agentes.at(i).modificador_agressividade<< endl;
}
}

```

```

void colonia::gera_agentes(int num_agentes)// gera o vetor de agentes e povoa com agentes
{
    extern double randdouble_max(double );
    vetor_agentes.resize(1);
    vetor_agentes.at(0).coord[0]= randdouble_max(larg);
    vetor_agentes.at(0).coord[1]= randdouble_max(alt);
    int i;
    for (i=1; i<num_agentes; i++)
    {
        vetor_agentes.push_back(agentes());
        vetor_agentes.at(i).nome = i;
        vetor_agentes.at(i).coord[0]= randdouble_max(larg);
        vetor_agentes.at(i).coord[1]= randdouble_max(alt);
    }
    DistAcum=0;
    DistCount=0;
    AfAcum=AgAcum=NaAcum=AcaoAcum=0;
}

```

```

void colonia::vizinho(int num_agentes)
{
    extern fstream registro1;
    extern double distancia(int i, int j);
    this-> num_agentes = num_agentes;
    // esse bloco vai selecionar os dois que vao se encontrar
    int i=0;//i=atacante
    int j=0; //j=oponente
    int ja_agiu=0;

    double dist;
    for (i=0;i<num_agentes;i++)//vai de agente em agente //atacante
    {
        for (j=0;j<num_agentes;j++)
        {
            if (vetor_agentes.at(i).nome!=vetor_agentes.at(j).nome)
            //if (j != i) //impede que os agentes interajam consigo mesmos
            {
                if (ja_agiu==0)
                {
                    dist= distancia(i,j);
                    if (dist<raio)//raio de encontro = 50cm

```

```

// caso os agentes estejam a menos de 50 unidades de
distancia, chama método colonia::encontro
    {
        encontro(i,j);
        ja_agiu =1;
    }
//else// caso contrario, registra ação nao social e gera
movimento aleatório
    //    {
    //        nada(i);
    //    }
}
}
if (j==num_agentes)
{
    if (ja_agiu==0)
    {
        nada(i);
    }
}
ja_agiu=0;
//mostra_coordenadas(num_agentes);
}

}

void colonia::encontro(int i, int j) // recebe i e j, atacante e oponente
{
    extern agentes atacante; //acessa o objeto global
    extern agentes oponente;
    extern fstream registro1;
    extern double randdouble();

/*coloquei os valores como probabilidades,se o randdouble for menor, age igual ao valor maior,
se for maior, age do outro jeito
nova organização do metodo com switch/case e encurtamento de nomes by Tomaz
*/
    atacante = vetor_agentes.at(i);//sugestao d Tomaz p facilitar a leitura do codigo
    oponente = vetor_agentes.at(j);

    //define os valores de ag e af que vao ser usados nos encontros
    afiliacao_atacante = atacante.afiliacao + atacante.modificador_afiliacao;
    agressividade_atacante = atacante.agressividade + atacante.modificador_agressividade;
    afiliacao_oponente = oponente.afiliacao + oponente.modificador_afiliacao;
    agressividade_oponente= oponente.agressividade +
oponente.modificador_agressividade;

    // seleciona o tipo de encontro, agressivo ou afiliativo,
    // determinado por quem foi chamado primeiro (atacante)
    // método estruturado para que o indice de maior valor (af ou ag)tenha maior
probabilidade de ação
    // caso nenhum dos indices seja chamado, ocorre ação nao social
    double sorteio = randdouble();// aleatorio entre 0 e 0,99...

```

```

double sorteio2 = randdouble();
{
if (afiliacao_atacante > agressividade_atacante)
{// testa para encontro afiliativo primeiro
    if (sorteio < afiliacao_atacante)//pra incluir fator aleatório no processo d decisão
    {
    afiliativo(i,j);
    }
    else // se o sorteio nao funcionar, testa para agressivo
        if (sorteio2 < agressividade_atacante)//pra incluir fator aleatório no
processo d decisão, permite qe aja os dois tipos de ação
        {
        agressivo(i,j);
        }
        else // se der am nada, ação nao social
            nada(i);
    }
else if(afiliacao_atacante < agressividade_atacante)
{ //testa para encontro agressivo, mesmo esquema de acima
    if (sorteio < agressividade_atacante)//pra incluir fator aleatório no processo d
decisão
    {
    agressivo(i,j);
    }
    else
        if (sorteio2<afiliacao_atacante)
        {
        afiliativo(i,j); //
        }
        else
            nada(i);
    }
else
    switch(rand()%2)
    {
    //caso sejam iguais
    case 0 : afiliativo(i,j); break;
    case 1 : agressivo(i,j); break;
    case 2 : nada(i); break;
    }
}
vetor_agentes.at(i)=atacante;//joga o q ocorreu de volta pro vetor da colonia
vetor_agentes.at(j)=oponente;
}

```

```

void colonia::afiliativo(int i, int j)// recebe i e j, atacante e oponente
{
    extern double distancia(int i, int j);
    extern agentes atacante; // extern acessa o objeto global
    extern agentes oponente;
    extern fstream registro1;
    //encontros afiliativos sao feedback positivo, ambas afiliações aumentam
    registro1<<atacante.nome<< " af" << " " << oponente.nome<< " " << distancia(i,
j)<<"\n"; // registra no arquivo de saída a interação
}

```

```

    this->DistAcum+=distancia(i, j);
    this->DistCount++;
    this->AfAcum++;
    this->AcaoAcum++;
    //int mem_atac=atacante.nome;// assegura que os modificadores correspondentes aos
nomes dos agentes sejam acessados,
    //int mem_opon=oponente.nome;// ao invés dos locais do vetor memoria
correspondentes a i e j
    atacante.modificador_afiliacao += 0.001;//ayumenta as memorias gerais
    oponente.modificador_afiliacao += 0.001;

    //mem_linhas[mem_atac][j].mem_af += 0.001;//aumenta memória do atacante em
relação ao oponente
    //mem_linhas[j][mem_atac].mem_af += 0.001;// e vice versa
    // esse bloco mantém o modificador entre -0.01 e +0.01
    if (atacante.modificador_afiliacao > 0.09)
    {
        atacante.modificador_afiliacao = 0.09;
    }
    if (atacante.modificador_afiliacao < -0.09)
    {
        atacante.modificador_afiliacao = -0.09;
    }
    if (oponente.modificador_afiliacao > 0.09)
    {
        oponente.modificador_afiliacao = 0.09;
    }
    if (oponente.modificador_afiliacao < (-0.09))
    {
        oponente.modificador_afiliacao= (-0.09);
    }
    atacante.aproxima(i,j);
    vetor_agentes.at(i)=atacante;//joga o q ocorreu de volta pro vetor da colonia
    vetor_agentes.at(j)=oponente;
}
void colonia::agressivo(int i, int j)// recebe i e j, atacante e oponente
{
    extern double distancia(int i, int j);
    extern agentes atacante; //acessa o objeto global
    extern agentes oponente;
    extern fstream registro1;
    registro1<< atacante.nome<< " ag" << " " << oponente.nome<< " " << distancia (i,
j)<<"\n"; // registra no arquivo de saída a interação
    this->DistAcum+=distancia(i, j);
    this->DistCount++;
    this->AgAcum++;
    this->AcaoAcum++;

    //encontros agressivos sao feedback negativo, enquanto a agressividade d um aumenta a
do outro diminui
    //int mem_atac=atacante.nome;// assegura que os modificadores correspondentes aos
nomes dos agentes sejam acessados,

```



```

//int mem_pon=oponente.nome;// ao invés dos locais do vetor memoria correspondentes
a i e j
atacante.modificador_agressividade;
oponente.modificador_agressividade;

if (agressividade_atacante > agressividade_oponente){
    //registro1<< atacante.nome << " ganhou " <<endl;
    atacante.modificador_agressividade += 0.001;
    oponente.modificador_agressividade -= 0.001;

}

else if (agressividade_atacante < agressividade_oponente){
    //registro1<< oponente.nome<< " ganhou " <<endl;
    atacante.modificador_agressividade -= 0.001;
    oponente.modificador_agressividade += 0.001;
}
else switch( rand() % 2){//caso sejam iguais, ganhador aleatório
case 0:
    atacante.modificador_agressividade += 0.001;
    oponente.modificador_agressividade -= 0.001;
break;
case 1:
    atacante.modificador_agressividade -= 0.001;
    oponente.modificador_agressividade += 0.001;
break;
}

//mantém o modificador entre -0.01 e +0.01
if (atacante.modificador_agressividade > 0.09){
    atacante.modificador_agressividade = 0.09;
}
if (atacante.modificador_agressividade < (-0.09)){
    atacante.modificador_agressividade = (-0.09);
}
if (oponente.modificador_agressividade > 0.09){
    oponente.modificador_agressividade = 0.09;
}
if (oponente.modificador_agressividade < (-0.09)){
    oponente.modificador_agressividade =(-0.09);
}

oponente.afasta(i,j); // o oponente se afasta
vetor_agentes.at(i)=atacante;//joga o q ocorreu de volta pro vetor da colonia
vetor_agentes.at(j)=oponente;
}
void colonia::nada(int i)// ação considerada nao social
{
    extern fstream registro1;
    extern agentes atacante;
    atacante = vetor_agentes.at(i);//sugestao d Tomaz p facilitar a leitura do codigo
    atacante.movimento();

    registro1<<atacante.nome<<" na"<<"\n";

```

```
    this->NaAcum++;
    this->AcaoAcum++;

    vetor_agentes.at(i)=atacante;//joga o q ocorreu de volta pro vetor da colonia
}

void colonia::mostra_coordenadas(int num_agentes)
{
    extern fstream registro1;
    registro1<< "coords";
    for(int i=0;i<num_agentes; i++)
    {
        registro1 <<" "<< vetor_agentes.at(i).coord[0]<< " ";
        registro1 << vetor_agentes.at(i).coord[1]<< "-- ";
    }
    registro1 << endl;
}

#endif
```

## Anexo 2 – Código fonte – modelo com memória individual

/\*

SocRatS: Social Rat Simulator

Simulador de Socialidade utilizando agentes autônomos

Autor: Vitor Passos Rios

Orientadores: Charbel El-Hani, Pedro Rocha e José Garcia

Histórico de versões

Versão 1.0 concluída em 01/04/2008

versao 1.0.2 - corrigido metodo encontro, sem movimento. concluída em 29/05/2008

Versão 1.5 - método encontro atualizado, parametros de linha de comando, output para arquivos. concluída em 06/05/2008

versao 1.5.2 - movimento que preste, sem embaralhar vetor

versao 1.5.a - sem embaralhar vetor

versão 1.6.a - com memoria individual sem embaralhar

versão 1.6.b - com memoria individual embaralhando o vetor agentes. concluido em 9/06/2008

versao 2.0 - afastamento - versao bugada

Versao 3.0i - , memoria individual , metodos corrigidos- bugada

Versao 3.0g - , memoria geral, metodos corrigidos -bugada

Versão 4.0.i - definitiva memória individual

\*/

```
#define larg 130//tamanho do mundo, baseado nas medidas das colonias
```

```
#define alt 200
```

```
#define deslocamento 10
```

```
#define raio 124//metade da maior distancia observada antes de uma ação social
```

```
#include <string>
```

```
#include <fstream>
```

```
#include <iostream>
```

```
#include <iomanip>
```

```
#include <algorithm>
```

```
using namespace std;
```

```
#include "colonia.h"
```

```
//globais que sao passadas via parametros
```

```
double valor_inicial_agressividade;
```

```
double valor_inicial_afiliacao;
```

```
int num_agentes;
```

```
int num_turnos;//numero de turnos de cada iteração
```

```
int seed;
```

```
string arq1;
```

```
string arq2;
```

```
    fstream registro1;//arquivo onde vai ser registrada a sequencia
```

```
    fstream registro2;//arquivo onde vao ser registrados os índices
```

```
int iteracoes;// numero de vezes que a simulação será rodada com o conjunto de parametros atual. o valor de seed aumenta em 1 a cada iteração do loop
```

```

//funções do main
void sintaxe();
double randdouble();
double randdouble_max(double max);
//void gera_memoria(int);
double distancia(int i,int j);

////////////////////////////////////
colonia colonia1;      // gera o mundo
agentes atacante; //vai armazenar os daados do agente do vetor pra diminuir o numero d
chamadas a métodos
agentes oponente;

//////////////////////////////////// main////////////////////////////////////

int main(int argc, char *argv[])//main vai receber argumentos da linha de comando
{
    if (argc!=9) // testa para ver se recebeu o numero certo de argumentos
    {
        sintaxe();
    }
    else
    {
//recebendo os argumentos
        num_agentes = atoi (argv[1]);//converte o valor de argv[1] de char para int
        valor_inicial_agressividade = atof(argv[2]);//converte o valor de argv[2] de char
para double
        valor_inicial_afiliacao = atof(argv[3]);
        num_turnos = atoi(argv[4]);
        arq1=argv[5];
        arq2=argv[6];
        seed = atoi (argv[7]);
        srand (seed);//semeia o rand c a seed
        iteracoes = atoi (argv[8]); //recebe o numero de iterações

//inicia o loop de iterações
        registro2.open(argv[6], ios::out | ios::app);
        int n_iter=0;
        for (n_iter = 1; n_iter<=iteracoes; n_iter++)
        {
            cout<<"iteracao "<< n_iter <<endl;
            //colonia colonia1;      // gera o mundo
            //gerando os objetos
            colonia1.gera_agentes(num_agentes);
            colonia1.gera_memoria(num_agentes);
            registro1.open(argv[5], ios::out | ios::app);//gera o arquivo onde as sequencias
vao ser registradas
            registro1.precision(4);
            registro1<< setiosflags(ios::fixed)<<showpoint<<showpos;
            //começa os encontros
            int r;

```

```

        for (r=0;r<num_turnos;r++) //método vizinho determina se há encontro ou nao
        {
            colonia1.vizinho(num_agentes);// só ocorre encontro quando se
aproximarem
            //embaralhar o vetor para garantir aleatoriedade na ordem das ações
            random_shuffle(colonia1.vetor_agentes.begin(),
colonia1.vetor_agentes.end());
        }
        registro2 << (colonia1.DistAcum/colonia1.DistCount) <<" " <<
(double)colonia1.AfAcum/colonia1.AcaoAcum*100 << " "
<<(double)colonia1.AgAcum/colonia1.AcaoAcum*100 << " "
<<(double)colonia1.NaAcum/colonia1.AcaoAcum*100<< endl;

        registro1<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl<<endl;//para
deixar o arquivo do mesmo tamanho do individual
        registro1.close();
        seed++;
        srand(seed);//garante q uma iteração seja diferente da outra
    }/////termina o loop de iteracoes
    }
    //cout<<"gerando indices";
    //colonia1.gera_indices(arq1, arq2, valor_inicial_agressividade, valor_inicial_afiliacao);

    //system ("pause");
    registro2.close();
    return 0;
}

void sintaxe() // instruções de uso do programa (assumindo que o usuário sabe o que está
fazendo)
{
    cout<<"utilizacao do programa SocRats:\n";
    cout<<"input: Socrats3.0.g numero_de_agentes valor_da_agressividade
valor_da_afiliacao numero_de_turnos arquivo_de_saida1 arquivo_de_saida2 seed iteracoes\n";
    cout<<"numero de agentes: valor inteiro positivo\n";
    cout<<"valor da agressividade: entre 0 e 1 \n";
    cout<<"valor da afiliacao: entre 0 e 1\n";
    cout<<"numero de turnos: valor inteiro positivo\n";
    cout<<"arquivo de saida 1: arquivo onde vao ser registradas as sequencias, nome.txt \n";
    cout<<"arquivo de saida 2: arquivo onde vao ser registrados os indices, nome2.txt\n";
    cout<<"seed: semente de aleatorizacao, inteiro positivo\n";
    cout<<"iteracoes: numero de vezes que a simulação será rodada com o conjunto de
parametros atual, valor inteiro positivo maior que zero\n";

}
double randdouble()
{ //funções achadas em http://www.geekpedia.com/tutorial39\_Random-Number-
Generation.html
//generates a pseudo-random double between 0.0 and 0.999...
    double r=(rand()/(double(RAND_MAX)+1));

    return r;
}

```

```
}  
//generates a pseudo-random double between 0.0 and max  
double randdouble_max(double max)  
{ double w = ((rand()/(double(RAND_MAX)+1))*max);  
  
    return w;  
}  
  
double distancia(int i, int j)// distancia linear entre i e j  
{  
    double d, dx, dy;  
    dx = (colonia1.vetor_agentes.at(i).coord[0])-(colonia1.vetor_agentes.at(j).coord[0]);  
    dy = (colonia1.vetor_agentes.at(i).coord[1])-(colonia1.vetor_agentes.at(j).coord[1]);  
    d= sqrt((dx*dx)+(dy*dy)); //dá a hipotenusa do triangulo de lados x e y  
    return d;  
}
```

```

#ifndef AGENTES_H
#define AGENTES_H
#include "memoria.h"

//agentes sao os individuos das colonias virtuais
class agentes
{
private:

    double agressividade ; // valor do índice de agressividade, entre 0 e 1
    double afiliacao;// valor do índice de afiliacao, entre 0 e 1

public:
    friend class colonia ;
    int nome;//identificação do agente
    agentes();

    void movimento();
    void afasta(int, int);
    void aproxima(int, int);
    double coord[2];//coord[0] é x, coord[1] é y

};

agentes::agentes()
{
    extern double valor_inicial_agressividade;//global
    extern double valor_inicial_afiliacao;//global
    agressividade = valor_inicial_agressividade; // valor do índice de agressividade, entre 0
e 1
    afiliacao = valor_inicial_afiliacao;// valor do índice de afiliacao, entre 0 e 1
//memória está em memoria.h
    nome=0; //identificador do agente
}

void agentes::movimento()
{
    //movimento aleatorio, exceto em casos após encontro (ver metodo colonia::encontro)
    extern double randdouble_max(double);
    double k,t;

    k=rand()%2;// k e t sao um valor aleatório que determina a direção do movimento
    t=rand()%2;
    if (k==0)
        {coord[0]= coord[0] + randdouble_max(deslocamento);}
    if (k==1)
        {coord[0]= coord[0] - randdouble_max(deslocamento);}
    if (t==0)
        {coord[1]= coord[1] + randdouble_max(deslocamento);}
    if (t==1)
        {coord[1]= coord[1] - randdouble_max(deslocamento);}
        //condições de contorno
}

```

```

    if(coord[0]>larg) coord[0]=larg;
    if(coord[1]>alt) coord[1]=alt;
    if(coord[0]<0) coord[0]=0;
    if(coord[1]<0) coord[1]=0;
}

void agentes::afasta(int i , int j)//recebe as coordenadas de atacante e oponente
{ extern double distancia(int i, int j);
  double dist_antes = distancia(i,j);
  movimento();
  double dist_depois= distancia (i, j);
  int conta = 0;
  while (dist_depois <=dist_antes)// assegura que o agente se afasta
  {
    if(conta<15)//evita loop infinito
    {
      movimento();
      dist_depois= distancia (i, j);
      conta++;
    }
    else
      break;
  }
}

void agentes::aproxima(int i , int j)//recebe as coordenadas de atacante e oponente
{extern double distancia(int i, int j);
  double dist_antes = distancia(i,j);
  movimento();
  double dist_depois = distancia (i, j);
  int conta =0;
  while (dist_depois > dist_antes) //mantém distancia igual ou menor
  {
    if(conta<15)//evita loop infinito
    {
      movimento();
      conta++;
    }
    else
      break;
  }
  if (dist_depois<1)
  {afasta(i,j);}
}

#endif

```



```

#ifndef COLONIA_H
#define COLONIA_H

#include "agentes.h"
#include "memoria.h"
#include <vector>
#include <math.h>

class colonia// gera e aciona os agentes
{
private:
    friend class agentes;
    int num_agentes;
    double agressividade_atacante;
    double afiliacao_atacante;
    double agressividade_oponente;
    double afiliacao_oponente;
    void agressivo(int i, int j);
    void afiliativo(int i, int j);
    void nada(int i);
public:
    colonia();
    vector <agentes> vetor_agentes;// cria um vetor do tipo class agente
    vector <vector <memoria> >mem_linhas;// cria um vetor de vetores de elementos do
tipo memoria
    void gera_memoria(int);
    void gera_agentes(int);
    void vizinho(int num_agentes);
    void encontro(int, int);
    //acumuladores dos índices de af,ag, na e dist
    double DistAcum;
    int DistCount;
    int AfAcum;
    int AgAcum;
    int NaAcum;
    int AcaoAcum;

};
colonia::colonia()
{
    DistAcum=0;
    DistCount=0;
    AfAcum=AgAcum=NaAcum=AcaoAcum=0;
}

void colonia::gera_memoria(int num_agentes)//gera memoria e povoa a memoria c zeros
{
    mem_linhas.resize(1);
    mem_linhas.at(0).resize(1);
    for (int linha=0;linha<num_agentes;linha++)//vai de linha em linha
    {
        mem_linhas.push_back(vector <memoria> ());
    }
}

```

```

        for (int coluna=0;coluna<num_agentes;coluna++)//vai de coluna em coluna
        {
            mem_linhas[linha].push_back(memoria());//        insere mais um
elemento na memoria
        }
    }
}

```

```

void colonia::gera_agentes(int num_agentes)// gera o vetor de agentes e povoa com agentes
{
    extern double randdouble_max(double );
    vetor_agentes.resize(1);
    vetor_agentes.at(0).coord[0]= randdouble_max(larg);
    vetor_agentes.at(0).coord[1]= randdouble_max(alt);
    int i;
    for (i=1; i<num_agentes; i++)
    {
        vetor_agentes.push_back(agentes());
        vetor_agentes.at(i).nome = i;
        vetor_agentes.at(i).coord[0]= randdouble_max(larg);
        vetor_agentes.at(i).coord[1]= randdouble_max(alt);
    }
    DistAcum=0;
    DistCount=0;
    AfAcum=AgAcum=NaAcum=AcaoAcum=0;
}

```

```

void colonia::vizinho(int num_agentes)
{
    extern fstream registro1;
    extern double distancia(int i, int j);
    this-> num_agentes = num_agentes;
    // esse bloco vai selecionar os dois que vao se encontrar
    int i=0;//i=atacante
    int j=0;//j=oponente
    int ja_agiu=0;

    double dist;
    for (i=0;i<num_agentes;i++)//vai de agente em agente //atacante
    {
        for (j=0;j<num_agentes;j++)
        {
            if (vetor_agentes.at(i).nome!=vetor_agentes.at(j).nome)
            //if (j != i) //impede que os agentes interajam consigo mesmos
            {
                if (ja_agiu==0)
                {
                    dist= distancia(i,j);
                    if (dist<raio)//raio de encontro = 50cm
                    // caso os agentes estejam a menos de 50 unidades de
distancia, chama método colonia::encontro

```

```

        {
            encontro(i,j);
            ja_agiu =1;
        }
//else// caso contrario, registra ação nao social e gera
movimento aleatório
//      {
//          nada(i);
//      }
    }
}
if (j==num_agentes)
{
    if (ja_agiu==0)
    {
        nada(i);
    }
}
ja_agiu=0;
//mostra_coordenadas(num_agentes);
}

}

void colonia::encontro(int i, int j) // recebe i e j, atacante e oponente
{
    extern agentes atacante; //acessa o objeto global
    extern agentes oponente;
    extern fstream registro1;
    extern double randdouble();

    /*coloquei os valores como probabilidades,se o randdouble for menor, age igual ao valor maior,
    se for maior, age do outro jeito
    nova organização do metodo com switch/case e encurtamento de nomes by Tomaz
    */
    atacante = vetor_agentes.at(i);//sugestao d Tomaz p facilitar a leitura do codigo
    oponente = vetor_agentes.at(j);
    int mem_atac=atacante.nome;// assegura que os modificadores correspondentes aos
    nomes dos agentes sejam acessados,
    int mem_opon=opponente.nome;// ao invés dos locais do vetor memoria correpondentes
    a i e j

    //define os valores de ag e af que vao ser usados nos encontros
    afiliacao_atacante = atacante.afiliacao +
    mem_linhas[mem_atac][mem_opon].mem_af;
    agressividade_atacante = atacante.agressividade +
    mem_linhas[mem_atac][mem_opon].mem_ag;
    afiliacao_oponente = oponente.afiliacao +
    mem_linhas[mem_opon][mem_atac].mem_af;
    agressividade_oponente= oponente.agressividade +
    mem_linhas[mem_opon][mem_atac].mem_ag;

    // seleciona o tipo de encontro, agressivo ou afiliativo,

```

```

// determinado por quem foi chamado primeiro (atacante)
// método estruturado para que o índice de maior valor (af ou ag)tenha maior
probabilidade de ação
// caso nenhum dos índices seja chamado, ocorre ação nao social
double sorteio = randdouble();// aleatorio entre 0 e 0,99...
double sorteio2 = randdouble();
{
if (afiliacao_atacante > agressividade_atacante)
{// testa para encontro afiliativo primeiro
    if (sorteio < afiliacao_atacante)//pra incluir fator aleatório no processo d decisão
    {
    afiliativo(i,j);
    }
    else // se o sorteio nao funcionar, testa para agressivo
        if (sorteio2 < agressividade_atacante)//pra incluir fator aleatório no
processo d decisão, permite qe aja os dois tipos de ação
        {
        agressivo(i,j);
        }
        else // se der am nada, ação nao social
            nada(i);
    }
else if(afiliacao_atacante < agressividade_atacante)
{//testa para encontro agressivo, mesmo esquema de acima
    if (sorteio < agressividade_atacante)//pra incluir fator aleatório no processo d
decisão
    {
    agressivo(i,j);
    }
    else
        if (sorteio2<afiliacao_atacante)
        {
        afiliativo(i,j); //
        }
        else
            nada(i);
    }
else
    switch(rand()%2)
    {
    //caso sejam iguais
    case 0 : afiliativo(i,j); break;
    case 1 : agressivo(i,j); break;
    case 2 : nada(i); break;
    }
}
vetor_agentes.at(i)=atacante;//joga o q ocorreu de volta pro vetor da colonia
vetor_agentes.at(j)=oponente;
}

```

```

void colonia::afiliativo(int i, int j)// recebe i e j, atacante e oponente
{
extern double distancia(int i, int j);
extern agentes atacante; // extern acessa o objeto global

```

```

extern agentes oponente;
extern fstream registro1;
//encontros afiliativos sao feedback positivo, ambas afiliações aumentam
registro1<<atacante.nome<< " af" << " " << oponente.nome<< " " << distancia(i,
j)<<"\n"; // registra no arquivo de saída a interação
this->DistAcum+=distancia(i, j);
this->DistCount++;
this->AfAcum++;
this->AcaoAcum++;
int mem_atac=atacante.nome;// assegura que os modificadores correspondentes aos
nomes dos agentes sejam acessados,
int mem_opon=opponente.nome;// ao invés dos locais do vetor memoria correpondentes
a i e j
mem_linhas[mem_atac][j].mem_af += 0.001;//aumenta memória do atacante em relação
ao oponente
mem_linhas[j][mem_atac].mem_af += 0.001;// e vice versa
// esse bloco mantém o modificador entre -0.01 e +0.01
if (mem_linhas[mem_atac][mem_opon].mem_af > 0.09)
{
mem_linhas[mem_atac][mem_opon].mem_af=0.09;
}
if (mem_linhas[mem_atac][mem_opon].mem_af < (-0.09))
{
mem_linhas[mem_atac][mem_opon].mem_af = (-0.09);
}
if (mem_linhas[mem_opon][mem_atac].mem_af > 0.09)
{
mem_linhas[mem_opon][mem_atac].mem_af = 0.09;
}
if (mem_linhas[mem_opon][mem_atac].mem_af < (-0.09))
{
mem_linhas[mem_opon][mem_atac].mem_af= (-0.09);
}
atacante.aproxima(i,j);
vetor_agentes.at(i)=atacante;//joga o q ocorreu de volta pro vetor da colonia
vetor_agentes.at(j)=opponente;
}
void colonia::agressivo(int i, int j)// recebe i e j, atacante e oponente
{
extern double distancia(int i, int j);
extern agentes atacante; //acessa o objeto global
extern agentes oponente;
extern fstream registro1;
registro1<< atacante.nome<< " ag" << " " << oponente.nome<< " " << distancia (i,
j)<<"\n"; // registra no arquivo de saída a interação
this->DistAcum+=distancia(i, j);
this->DistCount++;
this->AgAcum++;
this->AcaoAcum++;
//encontros agressivos sao feedback negativo, enquanto a agressividade d um aumenta a
do outro diminui
int mem_atac=atacante.nome;// assegura que os modificadores correspondentes aos
nomes dos agentes sejam acessados,

```

```

int mem_apon=oponente.nome;// ao invés dos locais do vetor memoria correpondentes
a i e j

if (agressividade_atacante > agressividade_oponente)
{
    mem_linhas[mem_atac][mem_apon].mem_ag += 0.001;
    mem_linhas[mem_apon][mem_atac].mem_ag -= 0.001;
}

else if (agressividade_atacante < agressividade_oponente)
{
    mem_linhas[mem_atac][mem_apon].mem_ag -= 0.001;
    mem_linhas[mem_apon][mem_atac].mem_ag += 0.001;
}

else switch( rand() % 2){//caso sejam iguais, ganhador aleatório
case 0:
    mem_linhas[mem_atac][mem_apon].mem_ag += 0.001;
    mem_linhas[mem_apon][mem_atac].mem_ag -= 0.001;
break;
case 1:
    mem_linhas[mem_atac][mem_apon].mem_ag -= 0.001;
    mem_linhas[mem_apon][mem_atac].mem_ag += 0.001;
break;
}

//mantém o modificador entre -0.01 e +0.01
if (mem_linhas[mem_atac][mem_apon].mem_ag > 0.09){
    mem_linhas[mem_atac][mem_apon].mem_ag = 0.09;
}
if (mem_linhas[mem_atac][mem_apon].mem_ag < (-0.09)){
    mem_linhas[mem_atac][mem_apon].mem_ag = (-0.09);
}
if (mem_linhas[mem_apon][mem_atac].mem_ag > 0.09){
    mem_linhas[mem_apon][mem_atac].mem_ag = 0.09;
}
if (mem_linhas[mem_apon][mem_atac].mem_ag < (-0.09)){
    mem_linhas[mem_apon][mem_atac].mem_ag = (-0.09);
}

oponente.afasta(i,j); // o oponente se afasta
vetor_agentes.at(i)=atacante;//joga o q ocorreu de volta pro vetor da colonia
vetor_agentes.at(j)=oponente;
}
void colonia::nada(int i)// ação considerada nao social
{
    extern fstream registro1;
    extern agentes atacante;
    atacante = vetor_agentes.at(i);//sugestao d Tomaz p facilitar a leitura do codigo
    atacante.movimento();

    registro1<<atacante.nome<<" na"<<"\n";
    this->NaAcum++;
    this->AcaoAcum++;
}

```

```
        vetor_agentes.at(i)=atacante;//joga o q ocorreu de volta pro vetor da colonia  
    }  
#endif
```

```
#ifndef MEMORIA_H
#define MEMORIA_H
// a memória apesar de ser característica dos agentes foi definida
// como sendo um vetor separado que guarda os valores dos modificadores
class memoria
{
public:
    memoria();
    double mem_ag;
    double mem_af;
};

memoria::memoria()
// valores iniciais são sempre definidos como zero
{
    mem_ag=0;//modificador de agressividade
    mem_af=0;//modificador de afiliação
}
#endif
```



## **Anexo 3 – Normas para publicação no periódico ETHOLOGY**

Ethology

Official Organ of the Ethologische Gesellschaft e.V.

Edited by:

Michael Taborsky (Editor-in-Chief)

Print ISSN: 0179-1613

Online ISSN: 1439-0310

Frequency: Monthly

Current Volume: 115 / 2009

ISI Journal Citation Reports® Ranking: 2007: 30/45 (Behavioral Science); 21/114 (Zoology)

Impact Factor: 1.902

TopAuthor Guidelines

Downloads: Copyright Transfer Agreement Form; Checklist Of Methods Description

NEW: Audio/visual material

Authors are encouraged to submit audio and/or visual materials such as animal calls, photographs or videos as supplementary material which will be made available to users in the online version of the article. Please consult the Wiley-Blackwell homepage for acceptable file formats: <http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/suppmat.asp>

### 1. General

Ethology contains articles by scientists from all over the world. It welcomes original contributions from all branches of behavioural research on all species of animals, both in the field and in the laboratory, as well as theoretical investigations. Authors are requested to explain the theoretical framework of their contribution and the general importance of their findings. Perspectives and reviews on current issues, and short essays on controversial topics are especially encouraged. Reviews of notable books are included in each issue. The language of publication is English.

### Pre-submission English-language editing

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English. A list of independent suppliers of editing services can be found at [www.blackwellpublishing.com/bauthor/english\\_language.asp](http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/english_language.asp). All services are paid for and arranged by the author, and use of one of these services does not guarantee acceptance or preference for publication.

## 2. Submission and Acceptance of Manuscripts

Ethology manuscripts should be submitted electronically via the online submission site Manuscript Central. The use of an online submission and peer review site speeds up the decision-making process, enables immediate distribution and allows authors to track the status of their own manuscripts. To access this system for submission and review, please go directly to Manuscript Central. Instructions for submitting your manuscript are provided on this site. If you encounter technical problems when submitting your manuscript, please contact Ethology Manuscript Central Support: [Support@ScholarOne.com](mailto:Support@ScholarOne.com)

phone: (434) 817-2040 ext.167 USA

When you submit your manuscript to Ethology, you will need to confirm the following statements:

- I/We adhere to the 'Guidelines for the use of animals in research' as published in *Animal Behaviour* (1991, 41, 183-186) and the laws of the country where the research was conducted.
- The manuscript contains only material that is either original and has not been published or submitted elsewhere, or stems from publications identified by a reference.
- All authors have seen the final manuscript and take responsibility for its contents.

With your submission, you will have to complete, sign and send the Copyright Transfer Agreement Form: without the Copyright Transfer Agreement Form we are legally not permitted to publish any paper. Authors may suggest names and addresses of potential reviewers that have not been involved in the research project or in the preparation of the manuscript. A cover letter with additional information may accompany the manuscript, but this is not mandatory.

The acceptance or rejection of manuscripts for publication in Ethology is decided by the editors, usually in cooperation with two referees. Any manuscript returned by an editor to the corresponding author for revision will be considered as withdrawn if not resubmitted within a period of three months.

Dates of first receipt, initial and final acceptance will be printed in the published paper.

### 3. Requirements for Manuscripts

#### 3.1 Content

The Abstract should introduce the topic, the main objective, the main result(s) and the principle conclusion(s). The Introduction should explain the main questions addressed in the paper. Continuity with earlier work on the subject should be established by reference to recent papers or reviews, which need not themselves be summarized. Experimental methods must be clearly described and include information essential for replication, but trivial details should be omitted. In the Discussion, the major findings should be summarized as a reminder only, not repeated.

To avoid unnecessary delays in the evaluation process of your manuscript, please consult the checklist of methods description

#### 3.2 Format

##### Initial submission

As a rule the manuscript should be arranged as follows: Title page, Abstract (max. 300 words), Introduction, Methods, Results, Discussion, Conclusions (optional), Acknowledgements, Literature Cited. If necessary, these sections may be structured using further subtitles. When different methods apply to different subsections (e.g. describing stand-alone experiments) the Methods and Results for that specific section can be combined. Manuscript layout must have double-line spacing, a left-hand margin of at least 2.5 cm and line numbers throughout the text (use continuous line numbers, if possible). Pages should be numbered from the title page to the figure legends inclusive. Each figure and table should be placed on a separate page.

Both English and American spelling is permissible, but spelling should be used consistently throughout the manuscript.

The first page of the manuscript must contain the following information: title; first name and further initials and surname(s) of the author(s); name and full institutional address of each author (including an E-mail address if available) - if there are multiple authors add '(corresponding author)' after the appropriate name; running title (should not exceed 72 characters, including spaces); the total number of words in the text including the title, references and figure legends.

##### Final submission

After final acceptance the original manuscript text and tables, and files of all figures should be uploaded to the Manuscript Central Author centre. We ask that you convey the essential information of each figure and table within the first 60 characters of the captions to

accommodate the online edition. Each figure, table, and bibliographic entry must have a reference in the text.

Please do not import the figures into the text file. Tables should be supplied as text and not as graphics files. The text should be prepared using standard word processors (Microsoft Word) or saved in rich-text (rtf) format, but please note that we are unable to accept files created in PDF or WordPerfect format. Do not use automated or manual hyphenation.

For further information please consult <http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/>.

### 3.3 Length

Papers, including figures, tables, literature cited, etc. should normally not exceed 12 printed pages which corresponds to approximately 5000 words.

### 3.4 Units, Abbreviations and Nomenclature

All units of measurement must conform to the SI-System. Days = d, hours = h, minutes = min, seconds = s, grams = g, litres = l, metres = m, sample size = n, median = ('x tilde') or median, arithmetic mean = ('x bar'), degrees of freedom = df, standard error of the mean = SE, standard deviation = SD, probability = p, not significant = ns, year(s) = yr, month(s) = mo, figure = Fig., table = Table, versus = vs, species = sp.

Names of genera and species must be in italics or be underlined with a single line in the manuscript. In the published paper they will appear as italics. All biological names should conform to current international nomenclature. For undefined species use 'sp.' Chemical formulae should be written as fully as possible using the nomenclature of the Chemical Society (J. Chem. Soc. 1067, 1936).

### 3.5 Illustrations and Tables

At final submission, figures should be saved in a neutral data format such as TIFF or EPS. Powerpoint and Word graphics are unsuitable for reproduction. Please do not use any pixel-oriented programmes. Scanned figures (only in TIFF format) should have a resolution of 300 dpi (halftone) or 600-1200 dpi (line drawings) in relation to the reproduction size. Line drawings should only be contour drawings without halftones (shades of grey). Please do not use patterns; rough hatching is acceptable.

Colour. In the event that an author is not able to cover the costs of reproducing colour figures in colour in the printed version of the journal, Ethology offers authors the opportunity to reproduce colour figures in colour for free in the online version of the article (but they will still appear in black and white in the print version). If an author wishes to take advantage of this free colour-on-the-web service, they should liaise with the Editorial Office to ensure that the appropriate documentation is completed for the Publisher.

Authors using colour in the print issue will be charged and should complete a form which can be downloaded [http://www.blackwellpublishing.com/pdf/SN\\_Sub2000\\_F\\_CoW.pdf](http://www.blackwellpublishing.com/pdf/SN_Sub2000_F_CoW.pdf). Details of charges are given on the form.

Please note that figures will generally be reduced to fit within the column-width or the print area. This means that numbering and lettering must still be readable when reduced (e.g. maps) and that a scale provided in the legend might not correspond with the original (microscopic pictures). If a figure is to be cropped, please mark the lines on a photocopy or tracing paper.

Graphs with x and y axes should not be enclosed in frames. Do not forget the labels and units. Captions for the figures should give a precise description of the content and should not be repeated within the figure.

Tables should be created using the table function of your word processor. The use of both tables and figures to illustrate the same results is not acceptable.

### 3.6 References

#### References in Articles

We recommend the use of a tool such as EndNote or Reference Manager for reference management and formatting.

EndNote reference styles can be searched for here:

<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>

Reference Manager reference styles can be searched for here:

<http://www.refman.com/support/rmstyles.asp>

The list of references must include all references cited in the text and no additional references. References are to be arranged alphabetically and in chronological order. The name of the cited journal should be abbreviated according to the abbreviation used by the journal concerned. Otherwise use the abbreviations contained in the 'Bibliographic Guide for Editors and Authors' from Chemical Abstracts, or the 'World List of Scientific Periodicals', 4th ed., London 1963-65. Anonymous contributions should be placed at the beginning of the list of references.

References should be formatted as in the following examples:

Greenfield, M. D. & Rand, A. S. 2000: Frogs have rules: selective attention algorithms regulate chorusing in *Physalaemus pustulosus* (Leptodactylidae). *Ethology* 106, 331-347.

Zar, J. H. 1996: *Biostatistical Analysis*, 3rd edn. Prentice Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey.

Johnstone, R. A. 1997: The Evolution of Animal Signals. In: *Behavioural Ecology*, 4th edn (Krebs, J.R. & Davies, N. B., eds). Blackwell Science, Oxford, pp. 155-178.

Schütz, D. 1998: Sexual size dimorphism in a shell-brooding cichlid *Lamprologus callipterus*. Ph.D. Thesis, Ludwig-Maximilian-Universität, Munich, Germany.

Articles not yet published may only be cited if their place of publication is certain. They must be denoted by the expression 'in press'. Otherwise, unpublished manuscripts should be referred to in the text as 'author name(s), pers. comm.'; or 'own data'.

Reference to the quoted literature in the text should be given as follows: Smith (1998) or (Smith 1998). Only the first author should be cited followed by 'et al.' when there are more than two authors (Smith et al. 1999). Multiple references to the same author and year should be labelled a, b, etc. according to the order in which they are first cited in the text. Series of references should be in chronological order (Smith 1997a, b; Miller & Smith 2001). Literal quotations should be between quotes "... " and must contain the page number(s) of the original reference.

#### 4. Copyright Transfer Agreement

Authors will be required to sign a Copyright Transfer Agreement (CTA) for all papers accepted for publication. Signature of the CTA is a condition of publication and papers will not be passed to the publisher for production unless a signed form has been received. Please note that signature of the Copyright Transfer Agreement does not affect ownership of copyright in the material. (Government employees need to complete the Author Warranty sections, although copyright in such cases does not need to be assigned). After submission authors will retain the right to publish their paper in various medium/circumstances (please see the form for further details). To assist authors an appropriate form will be supplied by the editorial office. Alternatively, authors may like to download a copy of the form [here](#).

Completed Copyright Transfer Agreement Forms should be returned to the Production Editor in the first instance. Forms can be sent as a scanned file by email to [eth@oxon.blackwellpublishing.com](mailto:eth@oxon.blackwellpublishing.com), by FAX to +65 6295 6202, or to the following address by post:

Ika Lestari

Production Editor

Journal Content Management

Wiley-Blackwell, Wiley Services Singapore

600 North Bridge Road

#05-01 Parkview Square

Singapore 188778

## 5. Proof Correction

You will receive proofs of your article without the original manuscript (if no amendments have been made) and an offprint order form. Proofs should be corrected and returned at once. Please be sure that you can be reached during this time. Please note that only typesetting errors are to be corrected.

Proofs will be sent via e-mail as an Acrobat PDF (portable document format) file. The e-mail server must be able to accept attachments up to 4 MB in size. Acrobat Reader will be required in order to read this file. This software can be downloaded here (free of charge). This will enable the file to be opened, read on screen, and printed out in order for any corrections to be added. Further instructions will be sent with the proof. Proofs will be posted if no e-mail address is available; in your absence, please arrange for a colleague to access your e-mail to retrieve the proofs.

## 6. Early View

Ethology is now part of the Wiley Interscience Early View service. Articles are published on a regular basis online in advance of their appearance in a print issue. These articles are fully peer reviewed, edited and complete - they only lack page numbers and volume/issue details - and are considered fully published from the date they first appear online. This date is shown with the article in the online table of contents. Because Early View articles are considered fully complete, please bear in mind that changes cannot be made to an article after the online publication date, even if it is still to appear in print.

The articles are available as full text HTML or PDF and can be cited as references by using their Digital Object Identifier (DOI) number. For more information on DOIs, please see <http://www.doi.org/faq.html>.

Early View is a premium service, and as such is automatically available to those with a premium subscription to Wiley Interscience. Authorised users of Wiley Interscience are individuals who either have paid for an online subscription to a journal on Wiley Interscience, or authorised for online access under the terms of their institution's subscription or licence with Blackwell Publishing. Members of the public may access the open parts of this site in accordance with the Terms and Conditions. Upon registration, single articles are available to purchase on an individual basis. Subscribers to Wiley Interscience are enabled to do the following: access the full-text articles for subscribed-to journals, often in both PDF and HTML format; link to the abstracts of cited articles in other journals using the CrossRef and database links; link forward to articles that cite this article and access Early View articles, where available.

To view all the Early View articles currently available, please go [here](#) and simply click on the 'Early View' tab in the 'Issue Navigation' area at the top of the screen.

As print publication approaches, the article will be removed from the Early View area and will appear instead in the relevant online issue, complete with page numbers and volume/issue details. No other changes will be made.

#### 7. Offprints

Authors will be provided with electronic offprints of their paper, made available as a PDF file. Paper offprints may be ordered at prices quoted on the order form, which accompanies proofs, provided that the form is returned with the proofs. The cost is more if the order form arrives too late for the main print run. Offprints are normally dispatched within three weeks of publication of the issue in which the paper appears. Please contact the publishers if offprints do not arrive: however please note that paper offprints are sent by surface mail, so overseas orders may take up to six weeks to arrive. Electronic offprints are sent to the first author at his or her first email address on the title page of the paper, unless advised otherwise; therefore please ensure that the name, address and email of the receiving author are clearly indicated on the manuscript title page if he or she is not the first author of the paper.

#### 8. Book Reviews

Reviews of selected books appear in a Book Review section of each issue. Reviews are requested by the Book Review Editor:

Professor Johan J. Bolhuis

Book Reviews Editor, Ethology

Utrecht University

Behavioural Biology

Padualaan 14

PO Box 80086

NL-3508 TB Utrecht

The Netherlands

For submission of book review manuscripts please follow the instructions of the book review editor. No honorarium is paid for book reviews but the review copy becomes the property of the reviewer.

For the bibliographic data of book reviews the following scheme is requested:



Vygotsky, L. S. & Luria, A. R: 1993: *Studies on the History of Behavior: Ape, Primitive, and Child*. Edited and translated by V. I. Golod & J. E. Knox. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, Hove, London. 246 pp., 32 figs, US\$ 39.95. ISBN 0-8058-1014-5.

Immelmann, K., Pröve, E. & Sossinka, R. 1996: *Einführung in die Verhaltensforschung*. 4., neubearbeitete Auflage. Pareys Studentexte Nr. 13. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin. 298 S. mit 93 Abb. Brosch. € 24,95. ISBN 3-8263-3047-1.

## 9. Author Services

NEW: Online production tracking is now available for your article through Blackwell's Author Services.

Author Services enables authors to track their article - once it has been accepted - through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production. The author will receive an e-mail with a unique link that enables them to register and have their article automatically added to the system. Please ensure that a complete e-mail address is provided when submitting the manuscript. Visit [www.blackwellpublishing.com/bauthor](http://www.blackwellpublishing.com/bauthor) for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission and more.

## 10. NIH Grantees

### Note to NIH Grantees

Pursuant to NIH mandate, Wiley-Blackwell will post the accepted version of contributions authored by NIH grant-holders to PubMed Central upon acceptance. This accepted version will be made publicly available 12 months after publication. For further information, see [www.wiley.com/go/nihmandate](http://www.wiley.com/go/nihmandate).

Last update: November 2008