

O ESTUDO DA ORGANIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO ATRAVÉS DA TEORIA DOS GRAFOS

TAKECHI SATO

Departamento de Psicologia Experimental. Instituto de Psicologia.
Universidade de São Paulo. Av. Prof. Mello Moraes, 1721. 05508 - São
Paulo - SP.

RESUMO

A árvore orientada de distância mínima, um procedimento de busca de árvores da teoria dos grafos, pode ser empregada como um método para representar a organização de seqüências comportamentais. O diagrama em forma de árvore mostra claramente as relações de associação e de equivalência estrutural entre os comportamentos, um aspecto não muito característico dos "sociogramas" de transição comportamental amplamente empregados nos estudos etológicos. A árvore orientada de distância mínima pode ser analisada pelo conceito de subgrafo conexo maximal da teoria dos grafos. O número de tais subgrafos está relacionado com o grau de organização do comportamento. O autor propõe um índice baseado na teoria de informação, normalizado e que varia de zero a um, para medir o grau de organização. O método é exemplificado pela análise de seqüências de limpeza corporal de *Musca domestica*.

UNITERMOS: teoria dos grafos, teoria da informação, seqüências de comportamento, organização do comportamento.

ABSTRACT

Shortest-distance ditree, a tree-search procedure of graph theory, can be employed as a method of representing the organization of behavioural sequences. The tree-like diagram clearly shows association and embeddedness relationships between behaviour events, a feature not easily found in the behavioural transition "sociograms" largely employed in ethological studies. Shortest-distance ditree can be analysed by the graph-theoretical concept of maximal connected subgraphs. The number of such subgraphs is related to the degree of organization of behaviour. The author proposes an information-theory index, normalized and ranging from zero to one, to measure the degree of organization. The method is exemplified by the analysis of sequences of grooming behaviour of *Musca domestica*.

KEY WORDS: graph theory, information theory, sequences of behaviour, organization of behaviour.

O comportamento é organizado. Essa é uma constatação óbvia: as manifestações vitais supõem a manutenção ativa de uma organização improvável (Hooff, 1982) e o comportamento é uma das manifestações mais evidentes do processo vital. Na etologia, organização do comportamento reflete em grande parte organização seqüencial do comportamento. Essa ênfase é coerente com a idéia de que, embora os sistemas internos de organização possam atuar paralelamente, a expressão comportamental deve ser seqüencial: conflitos originados da atuação de diferentes sistemas de organização que se estendessem à expressão motora seriam desastrosos para a sobrevivência do organismo a curto prazo. O comportamento seguiria a regra segundo a qual dois corpos não podem ocupar o mesmo espaço ao mesmo tempo (ver também Hinde, 1970).

A obviedade na constatação de que o comportamento é organizado não se reflete nos métodos necessários para descrever essa forma de organização. Sendo o comportamento mais um processo do que uma estrutura material, conforme salienta Hooff (1982), sua descrição deve levar em conta o seu caráter transitório, dinâmico, mutável. Esse aspecto fluído e por vezes ilusivo do comportamento pode representar um obstáculo formidável à descrição da sua organização. Para enfrentar essas dificuldades, duas estratégias são frequentemente necessárias. Em primeiro lugar, é inevitável uma certa simplificação na descrição (exemplo: coletar dados freqüenciais, abstraíndo informações sobre intensidade e duração; coletar dados se-

COMPORTAMENTO E TEORIA DOS GRAFOS

qüenciais, abstraindo o fato de que o comportamento envolve também uma organização espacial). Em segundo lugar, é freqüentemente necessário desenvolver e empregar métodos estatísticos ou matemáticos pouco conhecidos.

Formas de organização seqüencial

O estudo da organização de seqüências comportamentais envolve a análise de dois aspectos distinguíveis: **associação e equivalência estrutural**.

Associação se refere à dependência seqüencial existente entre os eventos da seqüência comportamental. Os eventos podem apresentar dependência de ordem zero, isto é, um evento seria independente dos eventos que o precedem. Ou podem apresentar dependência de ordem superior: um evento poderia ser dependente do evento imediatamente anterior (dependência de 1ª ordem), ou dos dois eventos imediatamente anteriores (dependência de 2ª ordem), etc. A dependência seqüencial é comumente estudada pelo método do qui-quadrado ou pela teoria da informação (ver Chatfield, 1973; Chatfield e Lemon, 1970).

O qui-quadrado apresenta algumas restrições ao uso como indicador de dependência seqüencial. Seqüências empíricas são, em geral, muito curtas para suportar análises estatísticas pelo qui-quadrado. Para a análise da dependência de 1ª ordem, N , o número de eventos na seqüência, deveria ser $10 R^2$ (R = número de categorias do catálogo) (ver Fagen e Young, 1978). Como as seqüências empíricas raramente atingem esse número, é comum juntarem-se várias seqüências numa única. Com grande probabilidade, a seqüência resultante será não-estacionária (isto é, a probabilidade dos eventos não permanece a mesma ao longo de toda a seqüência), o que dificulta a interpretação do qui-quadrado. Outro fator restritivo é que as freqüências esperadas podem ser muito baixas, mesmo para um N adequado.

A análise da dependência seqüencial através da teoria da informação envolve a comparação de índices informacionais da seqüência empírica com os obtidos de uma seqüência simulada de parâmetros conhecidos (N , probabilidades condicionais de ordem conhecida; ver Morgan, 1976). Esse método vem-se constituindo no método preferido para se determinar a ordem de dependência seqüencial (ver Morgan, 1976).

A ordem de dependência constitui um parâmetro global de organização seqüencial. O estudo da associação requer também a detecção de quais transições comportamentais são significantes (a freqüência observada é comparada com a freqüência esperada sob a hipótese de independência, ver Fagen e Yong, 1978; Colgan e Smith, 1978). Um problema desses métodos é que transições raras, porém importantes, podem passar despercebidas. (Nesse sentido, convém notar que o número de caselas significantes aumenta com N). Uma forma de sumariar os resultados significativos é através de um "sociograma" comportamental, onde a força da transição entre os comportamentos é representada pela largura das flechas. Em geral, esses diagramas são bastante complexos. Mesmo para um pesquisador habilidoso na representação espacial, é muito difícil obter clareza nos diagramas, pois o emaranhado de comportamentos e de flechas que se cruzam impede a visualização da organização. Isso ocorre até em estudos cujos catálogos são pouco extensos. A tarefa de deslindar o diagrama requer esforço e tenacidade, e quase sempre o pesquisador é obrigado a um longo e tedioso discurso sobre o diagrama.

Outro tipo de organização é por equivalência estrutural (**embeddedness**). Dois ou mais comportamentos são ditos equivalentes se representarem escolhas alternativas para o mesmo ponto do processo de decisão. A diferença entre associação e equivalência pode ser exemplificada pela seqüência de pratos num jantar formal:

SALADAS	PRATOS PRINCIPAIS	SOBREMESAS
Maionese	Pernil	Doce
Alface	Peixe	Fruta
	Ave	Sorvete

Uma seqüência maionese-peixe-sorvete exemplifica a relação de associação entre **pratos principais** e **saladas**, e entre **sobremesas** e **pratos principais** (não existe, ou é altamente improvável, uma associação entre uma salada e uma sobremesa). Pernil, peixe e ave, são equivalentes, pois aparecem sempre no mesmo ponto da seqüência de pratos. Um aspecto importante das relações de equivalência é que dois eventos equivalentes nunca, ou muito raramente, estão associados entre si (for exemplo, num jantar formal, raramente se serve peixe e ave).

COMPORTAMENTO E TEORIA DOS GRAFOS

O estudo da equivalência estrutural requer métodos especiais de análise. As classes de equivalência podem ser obtidas pela análise de uma matriz simétrica de relações. Por exemplo, Wiepkema (1961) correlaciona linhas ou colunas de uma matriz cujas caselas representam a força da transição; Dawkins (1976) junta os dois modelos na sua análise de conglomerados (**mutual replaceability**). Essas matrizes simétricas são geralmente analisadas através de análise fatorial ou **cluster analysis**. Convém notar que a junção dos dois modelos mascara a assimetria básica existente entre eventos transicionais.

Existem outros métodos potencialmente úteis para analisar seqüências. Por exemplo, métodos de análise sintático-gramaticais (ver Hooff, 1982) parecem constituir uma boa alternativa aos métodos estatísticos convencionais. Outra fonte de métodos alternativos é a teoria dos grafos, em especial os seus procedimentos de busca de árvores.

Os objetivos deste trabalho são:

- 1) Apresentar um método baseado em teoria dos grafos que permita descrever a organização seqüencial do comportamento. O método — Árvore Orientada de Distância Mínima (AODM) — gera um diagrama em forma de árvore onde as relações de associação e equivalência entre os comportamentos estão naturalmente representadas.
- 2) Propor um índice para medir o grau de organização do comportamento (organização tal como descrita pela AODM). Esse índice, baseado em teoria dos grafos e em teoria da informação, é normalizado e varia de zero a um, permitindo portanto comparar a organização de diferentes sistemas comportamentais, em diferentes contextos (espécies, situações, etc).

Árvore Orientada de Distância Mínima (AODM)

A ordem de dependência de uma seqüência pode variar para diferentes espécies, indivíduos e situações. Apesar disso, é freqüente o uso da matriz de transição de 1ª ordem como fonte principal de dados para análise. Essa simplificação é parcialmente justificada pelos seguintes motivos:

- 1) A matriz de transição de 1ª ordem é uma estrutura relativamente simples de analisar;
- 2) Há vários modelos de análise para matrizes desse tipo;
- 3) o número de eventos na sequência empírica é normalmente insuficiente para suportar análises estatísticas das ordens mais elevadas;
- 4) Na maioria das sequências comportamentais, dependência de 1ª ordem constitui o aspecto mais importante (e muitas vezes o único) da sequência;
- 5) Mesmo que a sequência apresente dependência de ordem superior, é sempre útil analisar a matriz de transição de 1ª ordem.

Essas matrizes se conformam perfeitamente ao que se entende por grafo. Em grafo $G = (V, A)$ é uma estrutura completamente definida por:

V = conjunto de vértices (elementos, indivíduos, pessoas, objetos, comportamentos, etc) que se quer analisar;

A = conjunto de arcos; o valor do arco representa a força da relação entre dois vértices.

Relações podem ser de **similaridade** (quanto maior o valor do arco, mais forte é a relação) ou de **distância** (quanto menor o valor do arco, mais forte é a relação). Matrizes de transição absoluta são grafos cujos arcos representam similaridade. As transições absolutas refletem a frequência individual dos comportamentos mais do que a relação entre os comportamentos. Para reduzir esse viés, é conveniente expressar a similaridade em termos de probabilidades condicionais (probabilidade de um comportamento, dada a ocorrência de um dado comportamento). Para a teoria dos grafos é conveniente, e muitas vezes necessária, a transformação das similaridades em distâncias. Há várias funções que podem ser empregadas para esse fim. A transformação recíproca (se X for o valor de similaridade, então o valor da distância será dado por $1/X$) parece ser a mais adequada (ver Sato, 1990).

Num grafo, o arco $a(i, j)$ representa a distância direta entre os vértices i e j , mas é possível, partindo de i , atingir j indiretamente passando por outros vértices do grafo (o comprimento do cami-

COMPORTAMENTO E TEORIA DOS GRAFOS

no será dado pela soma dos arcos presentes no caminho). Pode haver, portanto, vários caminhos ligando i a j [$C1(i,j)$; $C2(i,j)$; etc], inclusive o caminho composto apenas pelo arco $a(i,j)$. Ao pesquisar caminhos em grafos, é muito comum encontrar a situação em que $a(i,j) > C_r(i,j)$ isto é, o caminho mais curto entre i e j nem sempre é o caminho direto.

AODM é um procedimento de busca de caminhos em grafos, de um vértice especialmente selecionado como raiz para outros vértices (caso em que a raiz é uma fonte), ou então dos outros vértices para a raiz (raiz é um sumidouro). A raiz pode ser uma referência inicial, do qual partem caminhos, ou uma referência final, para o qual chegam caminhos. Portanto, a AODM leva em conta a natureza assimétrica das matrizes de transição.

AODM seleciona o caminho mais curto entre a raiz e cada um dos outros vértices. Busacker e Saaty (1965) desenvolveram um procedimento de busca da AODM tendo a raiz como fonte:

Inicialização. São dados:

- a) $G = (V, A)$;
- b) $r = \text{raiz}$;
- c) $a(i,j)$, comprimento do arco em G de i para j , para todo i e $j \in V$.
- d) $T = (V, A')$, $A' \subseteq A$, uma árvore qualquer cuja raiz é r .
- e) $L(r,i)$, o comprimento do caminho de r a i , para todo $i \in V$.

Passos:

- 1) Verifique para todo arco $a(i,j) \in A$ se
 $L(r,j) \leq L(r,i) + a(i,j)$
Se a relação for verdadeira para todos os arcos em G , então PARE (encontrou a AODM). Caso contrário, prossiga.
- 2) Verifique um arco $a(k,l)$ para o qual
 $L(r,l) > L(r,k) + a(k,l)$
Modifique a árvore T :
 - a) Desconecte T retirando o arco em T que termina em l ;
 - b) Conecte a árvore acrescentando em T o arco $a(k,l) \in A$;
 - c) Recalcule $L(r,i)$, para todo $i \in V$;
 - d) Vá para 1.

É possível modificar o procedimento para que possa encontrar a AODM cuja raiz é um sumidouro (Sato, 1990).

Um caminho pode ser parte de outros caminhos, conferindo o aspecto de árvore ao diagrama: uma raiz, um ou mais troncos, ramos que emergem dos troncos e de outros ramos, e folhas (vértices terminais da árvore). Como a árvore é uma estrutura hierárquica, é possível estabelecer o nível de cada vértice. Por exemplo, numa árvore filogenética o vértice *Mammalia* estaria num nível superior a *Primates*, e este num nível superior a *Homo*. Cada vértice estabelece relações de associação com seus descendentes diretos ("filhos"), e com seu ascendente direto ("pai"), se houver. Os descendentes diretos de um vértice estabelecem relações de equivalência entre si. Essas relações são facilmente visualizadas no diagrama que representa a AODM.

Grau de organização

Cada tronco (ou ramo), com suas sub-estruturas (ramos, folhas) representa um agrupamento relativamente coeso de vértices. É possível contar tais agrupamentos espalhados pela árvore. Mais interessante, é possível selecionar um subconjunto $R \subset V$ e verificar qual o grau de coesão do subconjunto R (no jargão da teoria dos grafos, o grau de coesão pode ser medido pelo número de subgrafos conexos maximais do grafo). O procedimento para se obter subgrafos é o seguinte:

- 1) Dado $G = (V, A)$, construir a AODM $T = (V, A')$;
- 2) Selecionar um subconjunto $R \subset V$;
- 3) Construir $T' = (R, A'')$, retirando de T o conjunto $V-R$ e os arcos a eles associados ($A'' \subset A'$). O grafo T' eventualmente será composto de várias sub-árvores (isto é, T' será uma "floresta");
- 4) Enumerar o conjunto de subgrafos conexos maximais de T' :
 $S = \{S_i / S_i \text{ é um subgrafo conexo maximal de } T'\}.$

O número de subgrafos em S , o número de vértices em cada subgrafo, e o número total de vértices, serão notados como se segue:

$$\begin{aligned} |S| &= p; \\ |S_i| &= n_i; \\ |U S_i| &= |R| = n. \end{aligned}$$

COMPORTAMENTO E TEORIA DOS GRAFOS

Um primeiro indicador do grau de organização pode ser obtido por:

$$IO = (p-n)/(1-n)$$

Esse Índice de Organização está normalizado e varia de zero a um. No entanto, esse Índice não leva em conta o número de vértices em cada subgrafo conexo maximal. Nesse sentido, um Índice baseado em teoria da informação parece mais satisfatório. Lembrando que a medida de informação para o conjunto S é dada por:

$$H = \log n - 1/n \sum_{i=1}^p n_i \cdot \log n_i$$

obtém-se facilmente um Índice Informacional de Organização:

$$IIO = (\log n - 1/n \sum_{i=1}^p n_i \cdot \log n_i - \log n) / \log n$$

Simplificando:

$$IIO = \left| \sum_{i=1}^p n_i \cdot \log n_i / n \cdot \log n \right|$$

Esse Índice está normalizado e varia de zero a um (quanto maior o Índice, maior o grau de organização).

Exemplo de aplicação do método em *Musca domestica*

O método descrito acima pode ser empregado em diversas situações. Exemplos mais comuns em etologia seriam: estudos da organização social, em especial da ordem de dominância; estudos de ecologia comportamental (por exemplo, em estudos de utilização do espaço pelos animais, onde os vértices seriam os locais visitados); análise de seqüências (de comportamentos do indivíduo, de interações sociais/agonísticas/sexuais/etc). Por ser adimensional e por variar de zero a um, o Índice pode ser empregado para comparar diferentes espécies, situações ou sistemas comportamentais.

O autor desenvolve, juntamente com Vera S.R. Bussab (Departamento de Psicologia Experimental - IP-USP), trabalhos visando determinar as diferenças entre fêmeas e machos de *Musca domestica* quanto a organização do **grooming** (**grooming** será denominado livremente como "limpeza", sem qualquer conotação funcional). Alguns resultados preliminares serão apresentados a seguir.

Categorias cujos nomes começam com 1 se referem a limpeza com as patas dianteiras; as que começam com 3 se referem a limpeza com as patas traseiras:

- 111.: limpeza das patas dianteiras;
- 11p.: proboscide;
- 11H.: cabeça;
- 11MR, 11ML: pata média, direita ou esquerda;
- 1MRP, 1MLP: pata média, direita ou esquerda, com proboscide;
- 111P: patas dianteiras, com toque da proboscide;
- 333.: limpeza das patas traseiras;
- 33WV: asas (ventral);
- 33WD: asas (dorsal);
- 33WR, 33WL: uma asa, direita ou esquerda, com duas patas;
- 3WVR, 3WVL: uma asa ventral, esquerda ou direita;
- 3WDR, 3WDL: uma asa dorsal, esquerda ou direita;
- 33MR, 33MR: pata média, direita ou esquerda;
- 3.AR, 3.AL: abdomen, direita ou esquerda;
- 33A.: abdomen (duas patas).

As outras categorias são categorias de não-limpeza (STO-: parada curta; MTLS: panada longa; LOC-: locomoção curta; LOCM: locomoção longa; FLIG: voo; INGT: ingestão).

As árvores mostram com clareza as relações de associação (por exemplo, 111.- 111P, 111.- 11H.- 111. - 11P., figura 1) e de equivalência (por exemplo, os grupos de equivalência (111P, 11M., 11P) e (33WD, 33A., 333.), figura 1). As associações 111.- 11H e 111. - 11P. mantêm-se na árvore de raiz como sumidouro (figura 2), o que sugere repetições das limpezas do tipo ABABAB... (ver Sato, 1987) entre limpeza das patas dianteiras e limpeza da cabeça e entre limpeza das patas dianteiras e limpeza da proboscide. Outras limpezas dianteiras aparecem espalhadas pela árvore, sugerindo causação local e/ou não-integrada. As limpezas traseiras mostram uma notável integração entre si: as duas figuras mostram agrupamentos grandes dessas limpezas. O mesmo padrão aparece nas árvores que utilizam outras raízes, sugerindo uma organização relativamente independente de fatores locais ou ambientais. Comparando-se as figuras 1 e 2 nota-se também que a organização a partir da fonte é mais estruturada: as relações de equivalência aparecem em diferentes níveis da árvore, o que não ocorre com a árvore tendo a raiz como sumidouro.

COMPORTAMENTO E TEORIA DOS GRAFOS

As moscas (cinco machos e cinco fêmeas) foram observadas em placas de Petri, por 30 minutos, tendo alimento e água à disposição (maiores detalhes do método podem ser vistos em Bussab, 1982). As figuras 1 e 2 mostram árvores orientadas de distância mínima obtidas por DITREE, um algoritmo em PASCAL desenvolvido pelo autor, obtidas a partir da junção das seqüências individuais dos cinco machos.

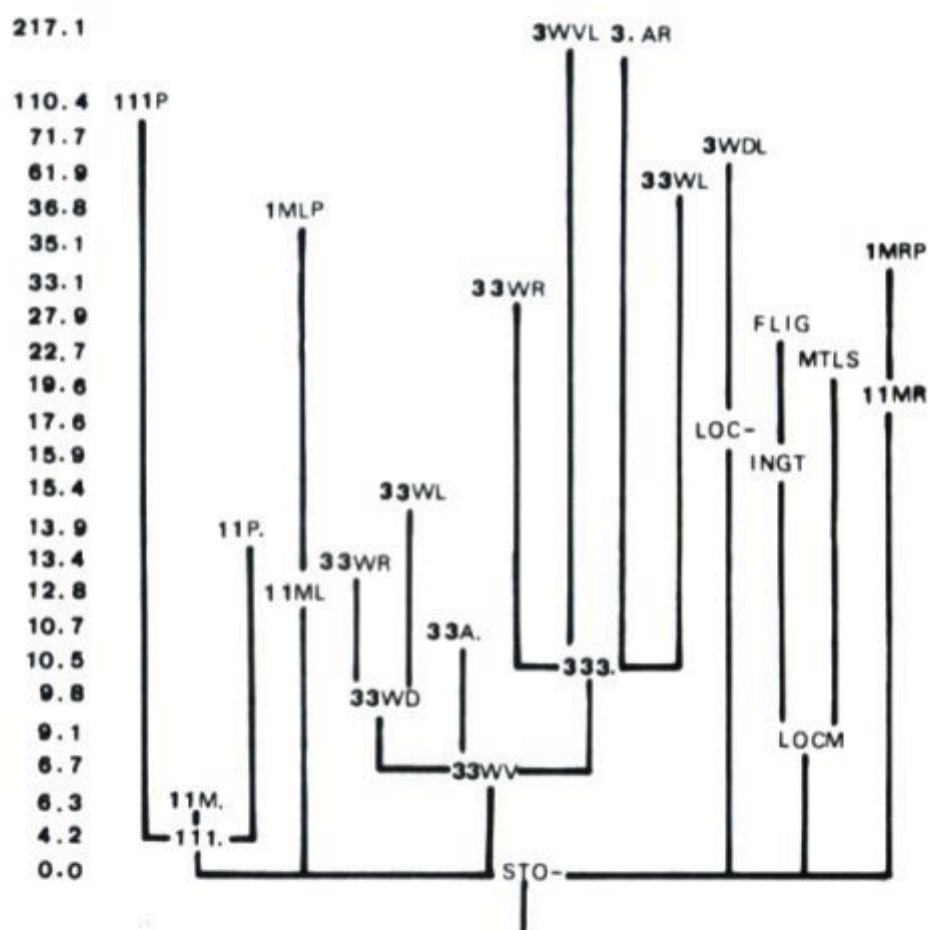


Figura 1 - Árvores Orientadas de Distância Mínima dos comportamentos de limpeza e não limpeza (ver texto) de *Musca domestica*. Seqüência de cinco machos foram juntadas formando uma única seqüência. Os valores à esquerda indicam a distância mais curta entre a raiz (ST0-: parada curta) e os outros comportamentos (por questões de computação gráfica, os valores estão apenas ordenados). Raiz é fonte.

Fig

COMPORTAMENTO E TEORIA DOS GRAFOS

A figura 1 mostra os seguintes agrupamentos de limpeza dianteira: (111., 111P, 11H., 11P.), (1MLP, 11ML), (1MRP, 11MR). Para calcular o índice informacional de organização, fazemos: $II0 = (4.\log4 + 2.\log2 + 2.\log2)/8.\log8$ / $II0 = 0,5000$

Para as patas traseiras, $II0$ será:

$$II0 = (10.\log10 + 1.\log1)/11.\log11 \quad / \quad II0 = 0,8730$$

A tabela apresenta os $II0$ para diversas árvores, obtidas com diferentes raízes (comportamentos de não limpeza) como fonte e como sumidouro. A sequência de machos, bem como a de fêmeas, foi obtida pela junção de cinco seqüências individuais. A sequência total foi obtida pela junção das dez seqüências individuais.

ÍNDICE INFORMACIONAL EM *MUSCA DOMESTICA*

	RAÍZ	LIMPEZAS DIANTEIRAS		LIMPEZAS TRASEIRAS	
		FONTE	SUMIDOURO	FONTE	SUMIDOURO
Fêmeas (N=5)	FLIG	0,5908	0,4071	0,7497	0,7497
" "	INGT	0,7892	"	"	"
" "	LOC-	"	"	"	"
" "	LOCM	0,5908	"	"	"
" "	STO-	"	"	"	"
" "	MTLS	"	"	"	"
Machos (N=5)	FLIG	0,7296	0,1981	0,8730	0,6307
" "	INGT	0,5671	"	"	"
" "	LOC-	0,7296	"	"	"
" "	LOCM	"	"	"	"
" "	STO-	0,5	"	"	"
" "	MTLS	0,7296	"	"	"
Total (N=10)	FLIG	0,5671	0,0833	1	0,7722
" "	INGT	0,7296	"	"	"
" "	LOC-	0,5671	"	"	"
" "	LOCM	0,8188	"	"	"
" "	STO-	0,5	"	"	"
" "	MTLS	0,5671	"	"	"

Os seguintes aspectos podem ser notados na tabela:

- 1) A organização das limpezas traseiras é bastante estável, independentemente da raiz adotada. Essa estabilidade sugere um tipo de organização pouco afetada por fenômenos locais/

ambientais (vôo, ingestão, locomover-se, etc).

- 2) Por outro lado, a organização das limpezas dianteiras em ambos os sexos, e tendo a raiz como fonte, varia de acordo com a raiz adotada, sugerindo suscetibilidade dessa forma de organização a fatores locais/ambientais.
- 3) A totalização (machos + fêmeas) pode produzir índices maiores ou menores do que os encontrados para cada sexo em particular. Essa discrepância reflete provavelmente os efeitos algo erráticos produzidos pelos comportamentos de baixa frequência sobre a probabilidade condicional. No entanto, tendo providenciado meios para controlar esses efeitos, a discrepância para menos constituiria um forte indicador de diferenças estruturais no modo de organização.
- 4) Machos e fêmeas diferem na organização das limpezas dianteiras. O grau de organização tendo a raiz como sumidouro é maior para as fêmeas do que para os machos. Na organização tendo a raiz como fonte, também ocorrem diferenças (ver, por exemplo, a raiz INGT: 0,7892 para as fêmeas e 0,5671 para os machos). Pode-se observar também que, com referência à raiz LOC-, o índice de organização para o total das moscas é menor do que para cada sexo em particular (ver discussão desse ponto no item 3, acima). Mas há também diferenças na forma de organização. As AODM dos machos invariavelmente mostram a categoria 111. como a mais próxima da raiz, enquanto que nas AODM das fêmeas a categoria mais próxima à raiz pode ser 11P. (em particular, nas raízes INGT e LOC-).

Trabalhos mais extensos e minuciosos, e talvez mais esclarecedores, sobre o emprego da AODM no estudo da organização da limpeza em moscas, bem como no estudo da ordem de dominância em grupos sociais, estão em andamento. Mas o autor espera, já nesta breve exposição, ter mostrado a utilidade da AODM e do Índice de Organização no estudo do comportamento. Esses métodos — que, de que o autor tenha ciência, nunca foram anteriormente empregados no estudo do comportamento — são simples e têm poucos pressupostos, constituindo-se pois em promissoras alternativas aos métodos estatísticos atualmente em uso.

Referências

- Busacker, R.G. e Saaty, T.L. (1965). **Finite Graphs and Networks**. New York: Mc Graw-Hill.
- Bussab, V.S.R. (1982). Organização da limpeza corporal em moscas: plasticidade no desenvolvimento. Tese de Doutorado. São Paulo (IP, USP).
- Chatfield, C. (1973). Statistical inference regarding markov chain models. **Applied Statistics**, 22, 7-20.
- Chatfield, C. e Lemon, R.E. (1970). Analysing sequences of behavioral events. **Journal of Theoretical Biology**, 29, 427-445.
- Colgan, P.W. (1978). **Quantitative Ethology**. New York: Wiley.
- Colgan, P.W. e Smith, J.T. (1978). Multidimensional contingency table analysis. In: Colgan, P.W. (ed.) **Quantitative Ethology**. New York: Wiley.
- Dawkins, R. (1976). Hierarchical organization: a candidate principle for ethology. In: Bateson, P.P.G. e Hinde, R.A. (eds.) **Growing Points in Ethology**. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Fagen, R.M. e Young, D.Y. (1978). Temporal patterns of behaviour. In: Colgan, P.W. (ed.) **Quantitative Ethology**. New York: Wiley.
- Hinde, R.A. (1970). **Animal Behaviour**. New York: Mc Graw-Hill.
- Hooff, J.A.R.A.M. van (1982). Categories and sequences of behaviour: methods of description and analysis. In: Scherer, K.R. e Ekman, P. (eds.) **Handbook of methods in nonverbal behavior research**. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Morgan, B.J.T. (1976). Markov properties of sequences of behaviour. **Applied Statistics**, 25, 31-36.
- Sato, T. (1987). Classificação numérica do comportamento. A construção de matrizes métricas. **Psicologia**, 13, 55-64.
- Sato, T. (1990). Converting measures of similarities into distances by linear and reciprocal transformations. Unpublished Manuscript.