

ANÁLISE DA INTERFACE ALUNO-MÁQUINA: Funções das representações externas múltiplas do software BIOTA na construção de um espaço problema em Biologia

Maria Rui de Vilar Correia (mvcorrei@mail.bot.fc.up.pt)
Luís Cesariny Calafate (lcalafat@mail.bot.fc.up.pt)
Faculdade de Ciências
Universidade do Porto
Departamento de Botânica
Rua do Campo Alegre, 1191
4150-181 Porto-Portugal

Resumo:

O computador transformou-se numa das máquinas mais influentes do século XX. Por esta razão, é essencial que a Ergonomia considere este novo instrumento simbólico e cognitivo na sua prática e investigação. Representar objectos biológicos e conceitos numa simulação de computador é já uma abstracção. O modo como um domínio do conhecimento é representado na forma de tarefas é outra forma de abstracção. Como a Ergonomia é uma disciplina que procura otimizar a relação entre as pessoas e o seu trabalho, o advento do computador deu origem à Ergonomia Cognitiva. Por seu turno, a Interacção Homem-Computador (HCI) é o campo da Ergonomia dedicado ao design das tecnologias computadorizadas que, frequentemente, adopta uma forma de simulação ou de “mimetismo” do modelo de interacção humana.

O design de interfaces também é um domínio de interesse dos educadores assim como o é a construção de currículos e actividades de aprendizagem. Todavia, apesar do actual interesse no computador como um suporte para a aprendizagem, fizeram-se poucos progressos quanto ao design de software educacional que promovesse a aprendizagem do comportamento colaborativo. É surpreendente verificar que a interface aluno-máquina ainda seja um aspecto negligenciado da investigação na área da aprendizagem assistida por computador, tratando-se de um assunto tão relevante para a Pedagogia do pensamento e da interacção.

O grupo de Beloit College, ao produzir software educativo para a área da Biologia (The BioQUEST Collection – 1998 - 1999), preocupa-se com o design da interface aluno – máquina, integrando a investigação que se faz, nomeadamente, na área da aprendizagem colaborativa. Por exemplo, o módulo BIOTA, da colecção curricular The BioQUEST (1998-1999), possui uma

interface aluno – máquina particularmente bem desenhada para a promoção de comportamentos colaborativos na construção do conhecimento científico. Podemos, também, afirmar que esta interface aluno-máquina (learner-machine interface) tem um significado epistémico. Na verdade, é um laboratório virtual (virtual lab) que permite aprender algumas técnicas de trabalho de campo e simular a dinâmica de populações num ecossistema, motivando os alunos para a aprendizagem do método investigativo, a construção de modelos da realidade, o desenvolvimento do pensamento crítico e a tomada de decisões relativas ao ambiente.

*Neste trabalho é desenvolvida uma análise da facilidade de compreensão de um software educativo por alunos universitários. O objectivo é o de desenvolver um esquema descritivo da relação aluno-máquina quando se trabalha com o software BIOTA numa situação de resolução de problemas de Biologia. De acordo com terminologia de Ainsworth (1999), pretendemos descrever e analisar o modo como os alunos universitários se movimentaram nas MER's da interface do modelo do comportamento parental do macho de *A. phoeniceus* implementada no software BIOTA, com o objectivo de estudarem a influência do comportamento do macho na sobrevivência dos descendentes que atingem o estado juvenil.*

1. Introdução

Uma das mais profundas e significativas revoluções em curso na comunicação educacional está a ser operada através de produtos e ambientes desenvolvidos a partir das tecnologias interactivas. A imagem, a palavra e o som num suporte informático com facilidades de interacção, permite a definição de um ambiente de representação multidimensional.

Os ambientes de representação multidimensional baseados na aprendizagem por computador, também designados por Ainsworth (1999) de ambientes de aprendizagem que recorrem a representações externas múltiplas (Multiple External Representations - MERs), usam mais do que uma representação do domínio de conhecimento em estudo com o objectivo de, por um lado, captar o interesse dos alunos motivando-os para o assunto e, por outro, com o objectivo de facilitar uma compreensão profunda do assunto que está a ser ensinado. Estas representações podem estar presentes em simultâneo ou alternadamente. Em qualquer dos casos é requerido ao utilizador que a tradução (translação) entre as representações em jogo ou, então, que estabeleça a ligação entre elas. Podem permitir ao utilizador a auto-construção de representações ou podem apresentar ao aluno as opções do designer quanto às representações por ele seleccionadas (Ainsworth et al, 1996). Desempenham um importante papel na promoção das condições de uma aprendizagem efectiva na medida em que favorecem uma compreensão mais profunda do domínio, servindo de apoio a diferentes ideias e processos.

Há três classes principais de razões que justificam a exploração de representações múltiplas com diferentes propriedades computacionais: 1) no caso dos alunos terem preferências por representações diferentes de acordo com o seu estilo cognitivo; 2) no caso dos alunos terem de realizar diferentes tarefas: uma vez que, raramente, uma única representação será útil para a realização de todas as tarefas. Alguns tipos de representações podem favorecer a realização de uma tarefa mas não de todas; 3) no caso dos alunos

utilizarem mais do que uma estratégia com o objectivo de melhorar a performance: a utilização de mais do que uma representação está associada com uma melhor realização (Cox & Brna, 1995 in Ainsworth, 1999).

A nova geração dos “media”, ao introduzir a interacção como estilo obrigatório, deu início ao conceito de diálogo homem-computador e, conseqüentemente, aluno-computador, cuja principal implicação se traduziu na alteração da própria concepção de educação (Dias et al, 1998). De uma Pedagogia do Pensamento deveremos caminhar para uma Pedagogia da Interacção.

O objectivo deste trabalho é o de desenvolver um esquema descritivo da relação aluno-máquina numa perspectiva de interacção didáctica multimodal, procurando compreender a possível convergência homem-máquina. Faz parte de uma linha de investigação, de um estudo mais vasto (Projecto Praxis/ PCSH/CED/165/96) , intitulada “O factor Humano/ Ergonomia cognitiva”.

Entendemos que, qualquer que seja a sua função, a tecnologia não é neutra no que respeita às suas interacções “com” e “entre” utilizadores (users). Às interfaces desenhadas para os ambientes de aprendizagem subjazem sistemas de representações que poderão competir com as representações do domínio de aprendizagem que facilitarão o seu acesso (Cheng, 1999). Por outro lado, o computador tem a capacidade para oferecer “representações externas”, podendo tirar proveito das teorias da aprendizagem facilitando a aprendizagem do conhecimento que representam (Gardner & McClune, 1999).

2. Taxonomia funcional das representações externas múltiplas

No seu estudo, Ainsworth (1999) faz uma análise dos ambientes de aprendizagem multi-representacionais que existem e propõe uma taxonomia funcional das MERs para em ambientes de aprendizagem. Esta taxonomia considera os diferentes modos de utilização das MERs com o objectivo de apoiar os processos cognitivos na aprendizagem e na resolução de problemas mediada pelo computador.

De um modo geral, as MERs têm três funções que podem, ainda, ser subdivididas em várias sub-classes (Figura 1):

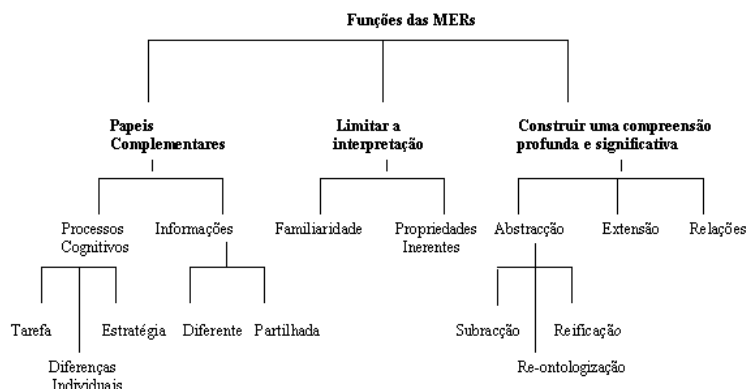


Figura 1. Taxonomia funcional das representações múltiplas (Ainsworth, 1999, p.134)

2.1 - Função complementar

Usam-se representações múltiplas que diferem quanto à informação com que cada representação contribui para a realização de uma tarefa (cada representação contém informação que se complementa entre si), ou quanto aos processos cognitivos que cada uma, por si, apoia. Usando combinações de representações que se complementam umas às outras, beneficiam-se os alunos com a soma das vantagens de cada uma, visto que através de uma exploração da combinação de representações, os alunos ficam menos limitados pelas fraquezas (ou pela eficácia) de uma só. Representações que contenham informações equivalentes podem, ainda, apoiar inferências diferentes. Por exemplo, Larkin e Simon (1987 in Ainsworth, 1999) defendem que os diagramas exploram processos perceptuais, agrupando conjuntamente a informação relevante, tornando mais fáceis certos processos como a pesquisa e o reconhecimento de informações. Investigações posteriores mostraram que outras representações comuns diferem no seu poder inferencial. Por exemplo: as tabelas tendem a tornar explícitos valores específicos, realçando células vazias (dirigindo a atenção para alternativas não exploradas), apoiando uma leitura mais rápida e rigorosa e fazendo sobressair padrões e regularidades num conjunto de valores. Outro exemplo: a relação quantitativa expressa compactamente pela equação $Y=x^2 + 5x + 3$, falha em tornar clara a variação que é evidente no gráfico que lhe corresponde, o qual revela as tendências e as interações mais directamente do que as representações alfanuméricas (Ainsworth, 1999).

A segunda razão para se utilizar as MERs, quando está em jogo a função de complementar informação, consiste na vantagem em explorar diferenças na informação que é expressa por cada uma delas. As MERs tendem a ser usadas para esta finalidade, quer nos casos onde uma só representação se torna insuficiente para conter toda a informação acerca do assunto, quer nos casos onde se tenta combinar toda a informação relevante numa representação o que traria complicações extra à tarefa de aprendizagem. Neste caso há duas subclasses desta categoria:

- quando cada representação codifica aspectos únicos do domínio e apresenta, conseqüentemente, informação diferente. Este caso justifica-se quando há um excesso de informação que é complexa. Convém usar MERs, uma vez que permitem ao designer criar representações que são individualmente mais simples e “usáveis”. Oliver (1998 in Ainsworth, 1999) analisou a performance dos alunos que trabalhavam com duas representações e verificou que a divisão da informação por duas representações permitiu aos alunos concentrarem-se em aspectos diferentes da tarefa tornando os objectivos de aprendizagem mais viáveis;
- quando há um grau de informação redundante partilhada pelas duas representações, assim como a informação que é única para cada uma. Esta informação parcialmente redundante apoia novas interpretações do domínio representado. Neste caso, evitam-se problemas adicionais de interpretação e transparência. Contudo, introduzem-se requisitos para a tradução e integração de representações.

2.2 - Função de limitar a interpretação

Neste caso são utilizadas multi-representações para ajudar o aluno a desenvolver uma melhor compreensão do assunto através da utilização de uma representação para limitar a interpretação da segunda representação. Isto pode ser feito de dois modos:

- utilizando uma representação familiar com o objectivo de apoiar a interpretação de uma representação menos familiar ou mais abstracta. Os alunos desenvolvem uma

melhor compreensão do domínio através do uso de múltiplas representações uma vez que uma representação familiar limita a interpretação da segunda representação, que não é familiar, obrigando o aluno a rever as suas misconceptions na sua compreensão do não familiar.

- ou através da exploração das propriedades inerentes de uma representação para limitar a interpretação da segunda representação.

2.3 - Função de ajudar a construir uma compreensão profunda e significativa

Nestes casos as MERs são utilizadas para encorajar os alunos a construir uma compreensão mais profunda de uma dada situação na medida em que podem ser utilizados para :

- ajudar no processo de abstracção – existem três visões alternativas para o conceito de abstracção: 1) subtracção – este termo é utilizado como equivalente ao de abstracção na medida em que se refere a “retirar os detalhes” (simplificar) da representação inicial; 2) re-ontologização – quando se dá um enriquecimento da representação no sentido de uma maior abstracção. Por exemplo, quando uma criança aprende a somar e a subtrair utilizando os blocos de Dienes e escreve os números, e compreende o significado dos padrões comuns subjacentes e as invariantes exibidas pelas acções na quantidade expressa em ambas as representações, elas constroem um significado mais abstracto dos conceitos de número e de base 10 (Schoenfeld, 1986 in Ainsworth, 1999); 3) reificação – consiste em criar entidades mentais que servem de base a novas acções, procedimentos e conceitos a um nível mais elevado de organização. Por exemplo, a expressão algébrica $3(x+5)+1$ pode ter múltiplas leituras. Pode ser lido operacionalmente como uma sequência de operações (adicione 5 ao número, multiplique por 3 e, por fim, adicione 1). Mas, pode igualmente ser entendida em termos estruturais como um caso de uma função, ou um objecto abstracto.

Espera-se que ao fornecer aos alunos um domínio enriquecido de representações múltiplas, eles traduzam, ou construam, referências através dessas representações. Esse conhecimento pode, posteriormente, ser utilizado para expor a estrutura subjacente ao domínio representado

- apoiar à generalização ou extensão – extensão ou generalização pode ser considerado como um modo de aplicar o conhecimento que o aluno já possui a novas situações, mas sem mudar a natureza desse conhecimento. Em contraste com a abstracção, a generalização não requer uma re-organização a um nível elevado;
- para ensinar relações entre representações – o objectivo é, neste caso, ensinar explicitamente aos alunos a tradução entre representações. Duas ou mais representações são introduzidas simultaneamente e os alunos aprendem a ver a relação entre elas. Este processo é bidireccional, encoraja a abstracção e é considerado como uma fase inicial a ser usada nos ambientes que utilizam MERs.

2.4 - Síntese: para uma Pedagogia do século XXI

Esta taxonomia proposta por Ainsworth (1999) fornece um meio de articulação e de classificação dos objectivos dos designers, ou dos utilizadores, quando planeiam, ou exploram, os MERs conduzindo a princípios do design mais sistemáticos. Contudo, esta visão constitui uma simplificação do problema, ao assumir que um ambiente multi-representacional

específico encaixa numa única categoria, quando na realidade, pode abranger múltiplas funções.

É crucial identificar as diferentes funções que as representações externas múltiplas desempenham, uma vez que cada uma faz distintas previsões acerca do modo como devem ser apoiados os objectivos de aprendizagem. Em cada caso, é o papel da relação entre múltiplas representações que influencia o ajustamento entre o design e os objectivos de aprendizagem.

A variedade de funções dos MERs, apresentada pela taxonomia acima descrita, tem sido reconhecida. Nomeadamente, têm sido tomadas como referência no design de ambientes de aprendizagem multi-representacionais (Ainsworth, 1999).

Uma das características mais simples de uma aprendizagem mediada pelo computador é a de poder oferecer representações de entidades da “realidade” as quais podem, em seguida, ser manipuladas durante uma actividade de aprendizagem ou uma experiência. A este respeito, a interface aluno-máquina (learner-machine interface) tem um significado epistémico (epistemic significance) e o seu design é tão importante como o design dos materiais e das actividades com os quais estabelece interfaces.

O design de interfaces também é um domínio de interesse dos educadores assim como o é a construção de currículos e de actividades de aprendizagem. Todavia, apesar do actual interesse no computador como um suporte para a aprendizagem colaborativa, fizeram-se poucos progressos quanto ao design de software educacional que promovesse a aprendizagem do comportamento colaborativo. É surpreendente verificar que a interface aluno-máquina ainda seja um aspecto negligenciado da investigação na área da aprendizagem assistida por computador, tratando-se de um assunto tão relevante para a Pedagogia do século XXI, integrando a Pedagogia do Pensamento com a Pedagogia da Interacção.

3. O design da interface aluno – máquina BIOTA e sua relação com a investigação em educação

O grupo de Beloit College, ao produzir software educativo para a área da Biologia (The BioQUEST Collection – 1998-1999), preocupa-se que o design da interface aluno-máquina inclua a investigação que se faz, nomeadamente, na área da aprendizagem colaborativa. Por exemplo, o módulo BIOTA, da colecção curricular The BioQUEST (1998-1999), permite aprender algumas técnicas de trabalho de campo e simular a dinâmica de populações num ecossistema, motivando os alunos para a aprendizagem do método investigativo, construção de modelos representativos da realidade (Danbury et al., 1994 b/c), o desenvolvimento do pensamento crítico e a tomada de decisões relativas ao ambiente (Pedagogia do Pensamento). Este software possui uma interface aluno-máquina particularmente bem desenhada para a promoção de comportamentos colaborativos na construção do conhecimento científico.

O programa BIOTA permite que o utilizador “jogue” com as equações diferenciais definidoras dos modelos ecológicos. Contudo, é muito diferente de outros programas de modelagem e simulação, uma vez que deixa misturar e experimentar equações ecológicas clássicas com outras de modo a construir sistemas de equações. Pode-se ter para cima de 10 espécies diferentes e/ou componentes do ecossistema. Cada espécie tem um equação que

governa o seu crescimento e a sua mortalidade, por exemplo, exponencial, logística e lotka-volterra. Pode-se, ainda adicionar interações entre espécies, tais como especificar uma espécie predadora de outra, novamente governada por equações diferenciais clássicas. Cada uma das equações contém um conjunto de parâmetros que também é possível especificar. Quando se corre o modelo, observa-se a variação da população de cada espécie ao longo do tempo. Pode-se, igualmente, fazer amostras da população, utilizando uma série de técnicas de amostragem. Em adição, o programa permite ao utilizador adicionar uma componente espacial aos modelos, uma vez que permite a separação das populações de cada espécie em áreas espaciais distintas. Podemos ter para cima de 200 áreas espaciais e, em cada uma, é possível especificar as condições iniciais da experiência. Pode-se, também, especificar para cada espécie quer o modelo de migração, quer a sua percentagem, entre cada par de células adjacentes. Quando se corre o programa, este apresenta gráficos separados do tamanho das populações para cada área, permitindo, por exemplo, observar a dinâmica das populações.

Tendo em conta a complexidade do programa, a interface da aplicação BIOTA está particularmente bem desenhada, deixando facilmente alterar equações e parâmetros através de menus (pop menus), de caixas de diálogo e mapas de diferentes áreas. Dada a capacidade de misturar e experimentar equações, espécies e áreas, é possível utilizar este programa na sala de aula com os objectivos de “jogar” com modelos matemáticos da área da ecologia de modo a aplicar conceitos, desde os mais simples modelos de crescimento de populações aos mais sofisticados conceitos envolvendo o espaço físico e as várias espécies em interacção entre si e com o meio ambiente. Contudo, apesar de ter uma agradável interface, o nível de compreensão requerido dos alunos é elevado, uma vez que é preciso descobrir o que se está a passar à medida que o programa corre. Há uma série de equações e interações a registar acarretando, conseqüentemente, a necessidade de compreendê-las mesmo que superficialmente, para serem capazes de manipular os parâmetros e interpretar os gráficos da variação do tamanho da população em função da variação desses parâmetros.

3.1 - O BIOTA como um sistema interactivo: para uma Pedagogia da Interação

A noção de interactividade, no contexto da comunicação Homem-computador, é definida por Barker (1996) do seguinte modo: “ O termo interactividade refere-se às várias mudanças de estado que têm lugar numa relação Homem-computador como consequência dos processos de diálogo que se desenvolvem. Este processo desenvolve duas funções básicas: a primeira, consiste em facilitar a troca de informação básica entre os intervenientes do diálogo; a segunda, em fornecer um mecanismo de controlo e do seu desvio” (in Dias et al, 1998, p.79). Num sistema interactivo, a interacção constitui um processo de comunicação que possibilita ao indivíduo, utilizador do sistema, realizar determinadas tarefas.

A aplicação BIOTA possui uma interface com numerosas áreas reactivas (botões, menus, ícones variados) que possibilitam a ligação a pontos de informação relacionáveis e passíveis de serem explorados (por exemplo: gráficos e tabelas numéricas representativas dos dados obtidos após uma simulação) fornecendo um elevado grau de interactividade entre o utilizador e o sistema facilitando o diálogo Homem-computador, ou seja a relação Homem-computador como metáfora da comunicação interpessoal.

Segundo Cates (1992 in Costa in press) a “interactividade semântica” traduz-se na capacidade que um determinado produto tem de promover a reflexão, por parte do utilizador, sobre os conteúdos e as aprendizagens, desafiando-os a tomar decisões significativas. A

nosso ver, esta é a principal característica de interactividade do software BIOTA. Na verdade, o BIOTA, a par com todos os módulos da colecção curricular The BioQUEST, apela a um maior envolvimento e participação de nível mais profundo que se traduz, por exemplo, na formulação de questões, problemas ou desafios que os utilizadores devem resolver, que implicam decisões e respostas que por sua vez geram novos desafios, e assim sucessivamente (Peterson & Jungck, 1988). Esta maneira de estar em sala de aula está de acordo com as ideias defendidas por Boulay and Luckin (1999), que identificaram um terceiro aspecto importante e aglutinador daquilo que, de outro modo, parece ser uma compreensão fragmentada resultante da utilização das representações multiplas externas e do processo de interacção dentro do sistema triangular aluno-professor-computador. Trata-se das “conversas”, ou diálogos, que se têm quer com os outros, quer consigo próprio. É neste contexto que encaramos a sala de aula como um forum social (classroom as a social forum) no qual se discute um aspecto central da aprendizagem, ou seja, “o que está a ser aprendido”.

3.2 - O comportamento de negociação

Neste trabalho de investigação, é desenvolvida uma análise da facilidade de compreensão e de utilização das novas tecnologias de informação e comunicações (TIC) pelos alunos em interacção com o software BIOTA (1994; 1998 - 1999). O objectivo é o de desenvolver um esquema descritivo da relação aluno-máquina numa perspectiva de interacção didáctica multimodal, procurando compreender a possível convergência homem-máquina. Utilizando a terminologia de Ainsworth (1999), pretendemos descrever e analisar o modo como se movimentaram os alunos nas multiplas representações externas da interface do modelo do comportamento parental do macho de *A. phoeniceus* implementado no software BIOTA (Wood et al, 1994), com o objectivo de estudarem a influência do comportamento do macho na sobrevivência dos descendentes que atingem o estado juvenil.

4. Estudo Empírico

4.1 - Descrição do estudo

4.1.1 - População

A investigação decorreu no nosso laboratório de observação, instalado no Departamento de Botânica da FCUP, entre 15 de Outubro de 1998 e 27 de Maio de 1999. Trata-se da fase exploratória do nosso projecto (PRAXIS/PCSH/C/CED/165/96) envolvendo uma população de 49 alunos do 4º ano do curso de Biologia da FCUP, que se disponibilizaram para nele participarem, após um pedido de voluntários na nossas aulas de Seminário. Os alunos foram divididos em grupos de investigação (GI) de acordo com afinidades e amizades pessoais ou com outros interesses estabelecidos pelos próprios. No total, constituíram-se 2 díades, 14 tríades e 3 sujeitos trabalhando individualmente com o computador (ver Figura 2).

FASE EXPLORATÓRIA		Grupo experimental			Total	Formação
		Díades	Tríades	Indivíduo/computador		
Fase	Nº Gupos de Investigação	2	14	3		A frequentar o 4º ano do Curso de Biologia Seminário*
Experimental	Nº de alunos	4	42	3	49	

Figura 2 - Representação do plano experimental da investigação e da distribuição do número de alunos pelas diferentes equipas de investigação.* Seminário sobre Didáctica e Metodologia da Biologia

A cada indivíduo, que trabalhou isoladamente, pediu-se para raciocinar em voz alta (talk aloud protocol) expressando o seu pensamento à medida que realizava a tarefa. Cada grupo de investigação trabalhou numa estação de colheita de dados, resolvendo problemas de Biologia.

4.2. O instrumento facilitador da aprendizagem colaborativa: a interface BIOTA

O contexto de aprendizagem, situação na qual se recolheram os dados, é caracterizado por um ambiente colaborativo de resolução de problemas e teve como suporte informático um modelo de crescimento populacional construído na aplicação "BIOTA", que é um módulo da colecção curricular "THE BioQUEST". Este conjunto de programas informáticos de Biologia, para APPLE/Macintosh, apresentado sob a forma de 1 CD-ROM (© 1994 University of Maryland), permite a realização de experiências simuladas. Neste ambiente de laboratório "virtual" e através da exploração e da manipulação de simulações biológicas, os alunos podem formular problemas e hipóteses, planear experiências para resolver os problemas, observar os resultados e tirar conclusões.

Cada módulo do curriculum "BioQUEST" introduz os conceitos biológicos básicos promovendo o desenvolvimento de uma pedagogia do projecto. Foram criadas 3 grandes sessões sequenciais (P1-P2-P3) que tiveram como objectivos pedagógicos específicos os seguintes:

- P1 - construir o espaço de um problema científico acerca da dinâmica das populações;
- P2 - resolver o problema formulado;
- P3 - fazer a revisão entre pares na resolução de problemas científicos. Tentando reportar-se ao contexto natural de persuasão, durante a parte final, desta sessão os grupos de alunos estarão todos em conjunto com o professor. Cada grupo de trabalho vai persuadir os outros da validade das suas conclusões.

4.3 - Breve descrição da representação do modelo do comportamento parental dos machos de *A. phoeniceus* implementada no BIOTA

No estado juvenil, *A. phoeniceus* são alimentados pelas mães. Todavia, alguns machos exibem cuidados parentais, quer protegendo, quer alimentando a descendência. Durante o verão de 1991, Wood e colaboradores observaram diferentes padrões de cuidados parentais usados pelos machos dos melros-de-asa-vermelha. Constataram que no caso de várias ninhadas, alguns machos alimentam apenas os descendentes de um ninho enquanto outros não alimentam a progênie de nenhum. Também verificaram que alguns machos cuidam em simultâneo de mais do que um ninho.

Os investigadores tinham como objectivo estudar a influência das diferentes estratégias parentais na produção da descendência. Usando dados reais recolhidos numa pradaria, durante um período de três anos por Ken Yasukawa e seus colaboradores, os investigadores construíram um modelo no programa BIOTA de modo a determinar, após o estudo de várias simulações, qual seria a estratégia óptima relativamente aos cuidados parentais dos machos (caso existisse alguma) (Wood, et al., 1994).

Esta simulação apresenta algumas limitações. Não considera nem os cuidados das fêmeas, nem outros factores que possam contribuir para a mortalidade da descendência tais como, por exemplo:

- o que acontece à descendência a partir do momento em que os juvenis conseguem voar livremente para fora do ninho - podem ser capturados, por predadores como cobras, o que faz aumentar a taxa de mortalidade dos descendentes;
- não considera desastres naturais, nem momentos de escassez de alimentos, aos quais podem estar submetidos após o estado juvenil, fase em que os pássaros são capazes de voar;
- não considera a morte de ambos os progenitores, quer devido a morte natural quer a predadores;
- não considera que a descendência pode não ser saudável ou ser incapaz de competir pelo alimento.

4.4 - Estrutura da tarefa colaborativa

A actividade-problema consistiu no estudo do cuidado parental de *Agelaius phoeniceus*, vulgarmente designadas de melros-de-asa-vermelha, através da exploração da simulação do programa BIOTA que representa o comportamento parental dos machos. Estas aves migradoras da América do Norte, caracterizam-se por um sistema de emparelhamento poligénico. A actividade problema consistiu na realização de experiências em laboratório virtual, tendo como objectivo estudar a influência do comportamento parental dos machos do melro-de-asa-vermelha no número de descendentes que sobrevivem até ao estado juvenil. A frequência com que cada macho visita os ninhos do seu território é, nesta simulação, dada pelo parâmetro “taxa de migração”. O valor deste parâmetro igual a 3% foi calculado com base em dados reais representando e, conseqüentemente, a sua frequência na natureza. Com o objectivo de resolver a tarefa os estudantes realizaram: 1) simulações para um valor de taxa de migração igual a 3% e observaram os resultados; 2) experiências virtuais investigando o efeito da variação do parâmetro de migração na produção de descendentes que atingem o estado juvenil; 3) leituras, interpretações e recolhas de dados, explicando se a hipótese inicialmente formulada era ou não apoiada pelos dados; 4) tratamentos estatísticos dos dados experimentais recolhidos em 408 experiências simuladas (Vilar Correia e Calheiros, 1998), calculando a relação de correlação (r^2) das variáveis em estudo: taxa de migração e número de descendentes. Recorreram, para o efeito, à folha de cálculo Excell (Microsoft Office 97) e concluíram se a hipótese formulada era ou não apoiada pelos resultados estatísticos; 5) sugestões para novas investigações; 6) persuasão dos seus pares da validade das conclusões a que chegaram.

A tarefa de aprendizagem cooperativa foi estruturada permitindo aos alunos, que trabalhavam em cada grupo de investigação ou sozinhos, realizarem os seus trabalhos com o mínimo de assistência do professor. No entanto, este estava sempre disponível para ajudar a identificar fontes de informação, recordar os objectivos e gerir qualquer tipo de conflito que surgisse no grupo (Vilar Correia & Calafate, 1999).

4.5 - Representações associadas à resolução da tarefa

A resolução do problema de Biologia proposto, e de acordo com o ambiente de aprendizagem mediado pelo computador, implica, segundo O'Malley (1992), pelo menos três níveis de representação:

- do domínio do conhecimento; em que os conceitos e procedimentos representam os objectivos educacionais da interacção, ou aqueles que o professor/investigador entende que o utilizador aprenda. Na figura 5 é apresentado o conhecimento declarativo das áreas da Etologia, Ecologia, Estatística e Informática, que é necessário à resolução da tarefa
- das tarefas ou actividades que o professor/investigador planeou para os alunos, com o objectivo de construir o conhecimento científico;
- da interface utilizada (learner-machine interface), envolvendo input, output e técnicas de interacção homem-máquina que possibilitam ao utilizador a resolução dessas tarefas. É a este nível que se centra a análise dos dados do presente estudo.

Tal como as tarefas ou actividades planeadas pelo professor/investigador constituem modos de mediar a aprendizagem de conceitos no domínio do conhecimento, assim a interface constitui um modo de mediar estas tarefas de aprendizagem (fig 4).

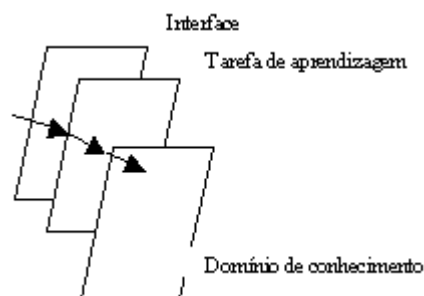


Figura 4 – Níveis de representação em ambientes de aprendizagem (adaptado de O'Malley, 1992)

4.5.1 - Representações a nível do domínio de conhecimento

A realização da actividade de projecto, envolveu a mobilização e aplicação de conhecimentos científicos de ecologia comportamental, estatística e informática (conhecimento declarativo), para a consecução de duas das actividades que caracterizam o processo científico: construção do espaço problema e resolução do problema (conhecimento procedural). Em seguida, apresentamos uma lista de conceitos das diversas áreas do conhecimento científico que são necessários à realização da tarefa (Figura 5):

Áreas do conhecimento científico	Conceitos
ETOLOGIA E ECOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamento parental. Investimento parental: biparental e monoparental. Sucesso reprodutor. Estratégias parentais • Sistemas de cruzamento: monogamia, poligamia e poligenia • Poligenia territorial • Seleção sexual: Intra e intersexual ou epigâmica (na forma de escolha do macho pela fêmea) • Dimorfismo sexual. Competição intrasexual. Território de reprodução • Instinto territorial • Densidade populacional. Migração

	<ul style="list-style-type: none"> • Taxa operacional de sexo. Dinâmica de populações biológicas • Modelos de dinâmica de populações. Taxa de migração • Taxa de: sobrevivência, natalidade, mortalidade, migração • Relações interespecíficas
ESTADÍSTICA	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos estatísticos determinísticos e estocásticos - alguns modelos matemáticos que governam as complexas interações entre populações biológicas • Funções de distribuição de variáveis bidimensionais • Funções de dispersão de variáveis bidimensionais • Regressão e correlação
INFORMÁTICA	<ul style="list-style-type: none"> • “BIOTA”: ferramenta de programação de sistemas ecológicos e da dinâmica das populações • Compreender a simulação “<i>redwing blackbirds territories</i>”, em que o significado do valor do parâmetro migração é a probabilidade de cada macho deixar um ninho para cuidar doutro dentro do seu território. • Conceito de simulação¹ • Representação, modelos, métodos.

Figura 5 – Tabela representativa do conhecimento declarativo necessário à resolução da tarefa nas áreas da Etologia, Ecologia, Estatística e Informática.

4.5.2 - Representações a nível da interface

A actividade de projecto do estudo do cuidado parental de *A. phoeniceus* pressupõe que primeiro se construa o espaço problema para, posteriormente, se tomarem decisões quanto às suas estratégias de resolução. Neste trabalho centrar-nos-emos apenas no primeiro aspecto, ou seja, analisaremos o modo como os estudantes exploraram a simulação com o objectivo de construir o espaço problema e formularem hipóteses explicativas, uma vez que, durante a análise exploratória da sequência total de resolução do problema, constatou-se que esta etapa correspondia a uma situação bastante rica em interações HCI exibidas pelos alunos, quer trabalhando individualmente, quer em grupo.

4.5.2.1 - Construção do espaço problema e tipologia das MERs do BIOTA

O ambiente de aprendizagem mediado por computador conducente à construção do espaço problema envolve a compreensão do modo como os investigadores construíram a simulação no programa BIOTA que representa o comportamento parental de *A. phoeniceus*. Esta simulação foi construída com o objectivo de determinar, após o estudo dos dados recolhidos em várias simulações, se existe alguma influência das diferentes estratégias parentais dos machos na produção de descendência e qual seria a estratégia óptima relativamente aos comportamentos parentais dos machos (caso existisse alguma). Nesta fase, à medida que liam o texto de apoio (representação proposicional), que descreve a simulação (Vilar Correia, 1998), os alunos interagiram com a mesma construindo, por aproximações sucessivas, representações mentais do interface utilizado (learner-machine interface), através da interacção aluno-aluno, aluno-professor, aluno-máquina. Esta fase que corresponde à construção de representações, quer ao nível da interface e quer ao nível da tarefa, constitui um requisito necessário para que o utilizador venha, posteriormente, a resolver a tarefa que lhe foi proposta.

A actividade acima descrita constitui uma das componentes intervenientes da fase de Problem Posing que caracteriza a actividade científica e envolve, por um lado, a

¹ Simulação é o estudo do comportamento de um sistema ao longo do tempo fazendo variar grupos de variáveis em simultâneo.

representação do conhecimento circunscrito ao problema em estudo e, por outro, a representação mental do interface BIOTA que caracteriza a simulação.

A construção do espaço problema requer da parte dos estudantes que haja percepção inter MERs Este termo designa a capacidade de abstrair e de transferir informações entre diferentes modalidades de representações do BIOTA razão pela qual apresentamos uma análise descritiva e funcional, de acordo com a taxonomia de Ainsworth, das diferentes MERs do software.

4.5.2.2 - Tipologia e funções das MERs DO BIOTA: representações icónicas e matemáticas, alfa-numéricas.

1. Representações icónicas (RI)

A simulação construída, por Wood e colaboradores, representa uma pradaria com 36 regiões, cada uma com um ninho. Devido ao facto de os machos apresentarem um comportamento territorial, as regiões estão organizadas em territórios, sendo cada território ocupado por um macho (Figura 6). O tamanho de cada território é determinado com base no número de ninhos que o macho tem ao seu cuidado. Por exemplo, se um macho possuir três ninhos, o seu território vai ser constituído por três regiões, mas se possuir dois ninhos, já só vai ser constituído por duas regiões. Assim, nesta simulação existem nove machos com territórios constituídos por duas regiões e seis machos com territórios constituídos por três regiões. O primeiro problema com que os estudantes se deparam é saber qual o tamanho do território de cada macho (2 ou 3 regiões) e, conseqüentemente, quantos ovos têm ao seu cuidado. Por exemplo, na interface BIOTA:

- A janela1 (fig. 6) – é uma representação icónica (RI) da pradaria, que é composta por 36 regiões que formam no total, 15 territórios. Em cada território há um macho de *A. phoeniceus*.

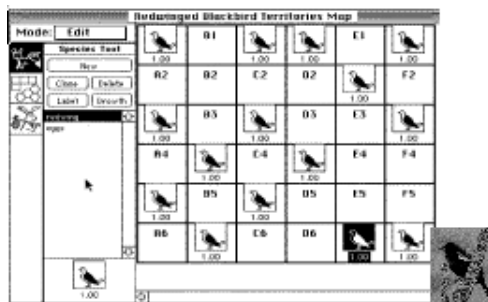


Figura 6 - Janela 1 do Biota – representação icónica da Pradaria (RIp) evidenciando a localização inicial de cada macho no seu território.

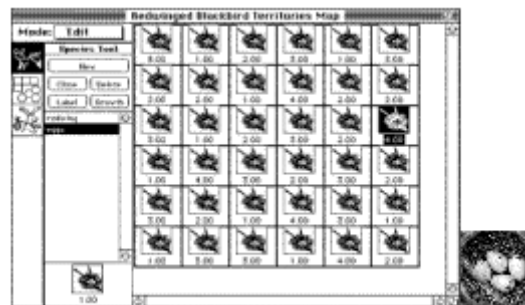


Figura 7 – Janela 2 do Biota – representação icónica do número inicial de ovos existentes no ninho de cada região (RI_n)

- A janela 2 (fig 7) – é, uma representação icónica dos ninhos (RI_n) existentes em cada região e do respectivo número de ovos, número que varia aleatoriamente entre 1 e 4, perfazendo um total de 84 ovos. Em cada uma das 36 regiões há um ninho e o tamanho de cada território foi determinado com base no número de ninhos que cada macho possuiu. Por exemplo, se a ave tem 3 ninhos, o seu território será composto por três regiões.
- A janela 3 (fig 8) – é uma representação icónica da pradaria (RIp) evidenciando as rotas de migração (RM) de um dos machos de *A. phoeniceus*. Quando se interage com a simulação explorando esta representação icónica que permite visualizar a

movilidade dos machos de ninho para ninho, e a partir daí inferir quais os territórios de cada macho. Por exemplo, quando se pressiona o território B2, visualizam-se duas setas, indicando neste caso cada uma o valor de 50% o que significa que, se o macho deixar o ninho, tem uma igual probabilidade de migrar para C1 ou para C2. Utilizando este tipo de interação, é ainda possível delimitar o território pertencente a cada macho. Procedendo deste modo, é possível construir-se um quadro idêntico ao da figura 9, e representar espacialmente, ou geométricamente no papel, os territórios de cada macho. Este tipo de representações designamos de substitutos externos (SE) analógicos de acordo com a terminologia de Vauclair (1992). As regiões assinaladas com as mesmas cores pertencem ao território do mesmo macho. Assim, existem nove machos com um território constituído por duas regiões e seis machos com um território constituído por três regiões.

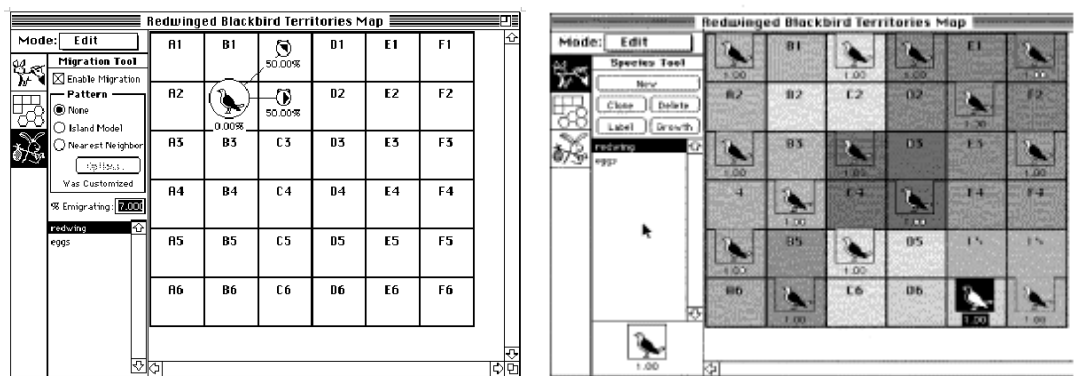


Figura 8 – Janela do Biota 3 – representação icónica e matemática evidenciando as rotas de migração de um do pássaro localizado em B2 Figura 9 – Exemplo de uma possível representação externa construída pelo utilizador representando uma panorâmica geral da pradaria subdividida nos territórios de cada macho de *A. phoeniceus*

Estas três representações icónicas, às quais se pode aceder alternadamente, têm as funções de fornecerem diferentes informações do domínio e de contribuir para a compreensão da representação modelada em computador. Através da tradução ou da construção de referências entre as três, encoraja-se a abstracção que vai permitir uma construção espacial externa da pradaria com a delimitação integral dos territórios de cada macho (Figura 9).

2. Representações matemáticas (RM)

No BIOTA, o conceito de espécie tem um carácter mais abrangente e, consequentemente, um significado diferente do significado biológico. No âmbito da simulação, o termo espécie é utilizado para referenciar um grupo de indivíduos, ou de objectos, dotados de atributos comuns e designados por um nome comum. Assim, nesta simulação possuímos duas espécies: a espécie de *A. phoeniceus*, e a “espécie ovos”. A compreensão da simulação pela parte do utilizador requer a caracterização das espécies.

Relativamente às formas da representação do modelo do cuidado parental em estudo, os parâmetros que as caracterizam são: parâmetros de crescimento das espécies e os parâmetros de migração, sendo os primeiros exemplos de representações matemáticas e os segundos uma conjugação de representações icónicas (figura 8) e matemática (figura 10).

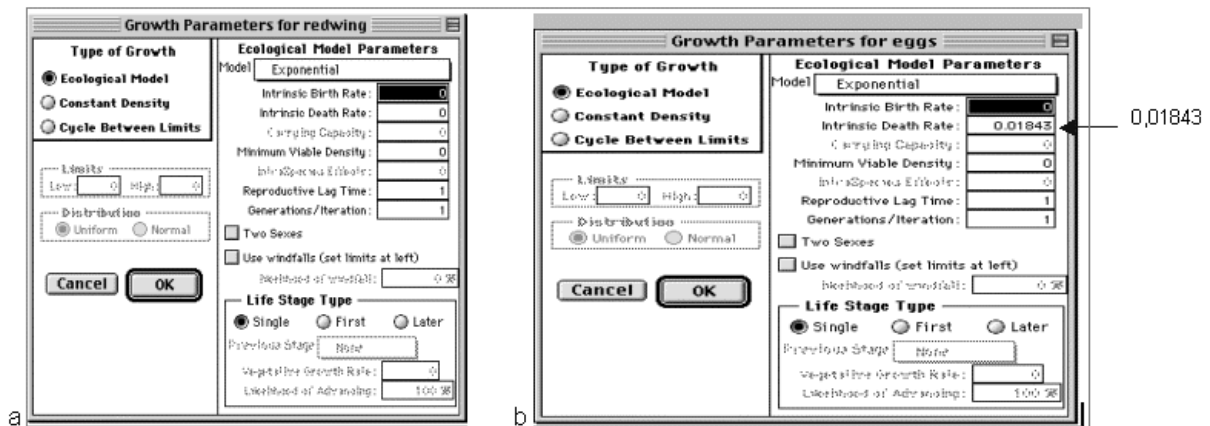


Figura 10 - Representações matemáticas (RM): parâmetros que caracterizam as espécies: a) parâmetros de crescimento de *A. phoeniceus*; b) parâmetros de crescimento de ovos de *A. phoeniceus*. O modelo exponencial no BIOTA é dado pela equação $dN/dt=N*e^{(B-D)}$

Como se pode verificar, nesta simulação *Agelaius phoeniceus* apresenta um crescimento que segue um modelo ecológico do tipo exponencial em que a taxa de natalidade e de mortalidade equivalem a zero, ou seja, no decorrer da simulação não há um acréscimo nem um decréscimo no número de machos (fig. 10).

No que diz respeito à taxa de migração (fig 8, seta a vermelho), o valor a atribuir refere-se à frequência com que o macho se desloca de um ninho para outro dentro do seu território. O valor da taxa de migração calculado a partir de dados reais é 3%. No entanto, é possível introduzir outros valores hipotéticos, tais como 0% ou 100%, por exemplo, com o objectivo de estudar a sua influência na taxa de sobrevivência dos ovos.

Relativamente aos ovos de *A. phoeniceus*, são caracterizados pelo seu parâmetro de crescimento (figura 10). Assim, verificamos que nesta simulação esta “espécie” apresenta um crescimento que segue um modelo ecológico do tipo exponencial, em que a taxa de natalidade é zero e a taxa de mortalidade é 0,01843. Este valor foi atribuído com base em dados reais (Caccamise, 1976), que permitem não só calibrar a simulação, mas também aproximá-la o mais possível da realidade, aumentando a sua validade externa, isto é, a sua validade ecológica.

As abstractas representações matemáticas cumprem a dupla função de complementar a informação veiculada pelas representações icónicas e, concomitantemente, contribuir para a compreensão significativa das relações entre as diferentes MERs.

3. Representações proposicionais, matemáticas e alfa-numéricas

Estes tipos de representações são encontradas nas caixas de diálogo que permitem, por exemplo, especificar o tipo de relações entre as espécies, assim como quantificá-las de acordo com coeficientes de interacção determinados na natureza. A relação de sobrevivência (figura 11), traduz a dependência da descendência relativamente aos cuidados parentais dos machos, encontrando-se esta quantificada, segundo trabalhos de Thomas (1993), em 12%. Por exemplo, o valor do coeficiente de interacção que traduz a relação de sobrevivência afecta a taxa de mortalidade das espécies e entra nos cálculos ao nível do modelo matemático que governa a relação interespecífica.

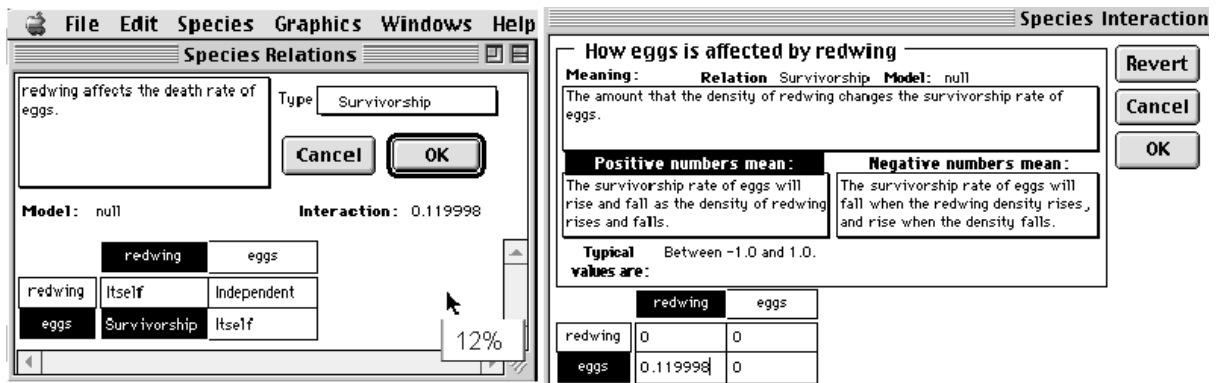


Figura 11 – Especificação das relações interespecíficas e sua quantificação

A escala de tempo em que a simulação decorre, corresponde a um ciclo de 22 dias, que vão desde o momento inicial da postura dos ovos até ao estado juvenil, altura em que os jovens adquirem a capacidade de voar e abandonam o ninho.

4. Representações gráficas (RG) e em forma de tabela (RT)

Quando abrimos o ecrã que nos permite “correr” a simulação, verificamos que este é constituído por inúmeras janelas. Assim, temos uma pequena janela que contém os comandos da simulação, uma outra janela onde se encontra o número de ciclos (22), um botão que possibilita o controlo da velocidade a que “corre” a simulação, e um bloco de notas, onde se pode ir anotando pequenos apontamentos no decorrer do estudo.

Quando animação do fenómeno está disponível, os alunos podem escolher dois tipos de representação para observar simultaneamente: gráficos e tabelas. Na parte inferior do ecrã encontram-se os dados representados graficamente (figuras 12), em que cada gráfico corresponde a uma região. Se fizermos um duplo “click” em cima de um dos gráficos, este surge com as coordenadas (Figura 12). Através dos gráficos, é possível verificar que a interacção entre as espécies segue um modelo do tipo exponencial discreto, uma vez que a diminuição do número de ovos não se faz de uma forma contínua, mas sim discreta. Em cima visualizamos ainda um gráfico sumário, o qual resume tudo o que se encontra nos 36 gráficos, correspondentes às diferentes regiões.

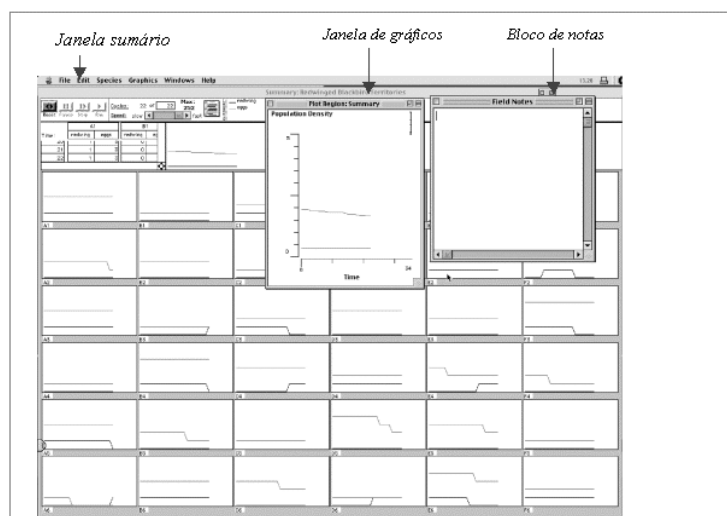


Figura 12 – Janelas do software BIOTA: sumário, bloco de notas e de gráficos – representações gráficas.

Os resultados surgem ainda sob a forma de tabelas numéricas (fig. 13). Cada tabela corresponde a uma dada região, onde se encontra especificado o tempo, a presença ou ausência do macho na região e a variação do número de ovos ao longo do tempo. Estes dados podem ser guardados (File → Save Data) e, posteriormente, exportados para uma folha de cálculo Excell, onde serão, por exemplo, organizados e tratados estatisticamente. Do significado estatístico é, posteriormente, extraído o significado biológico e etológico dos dados.

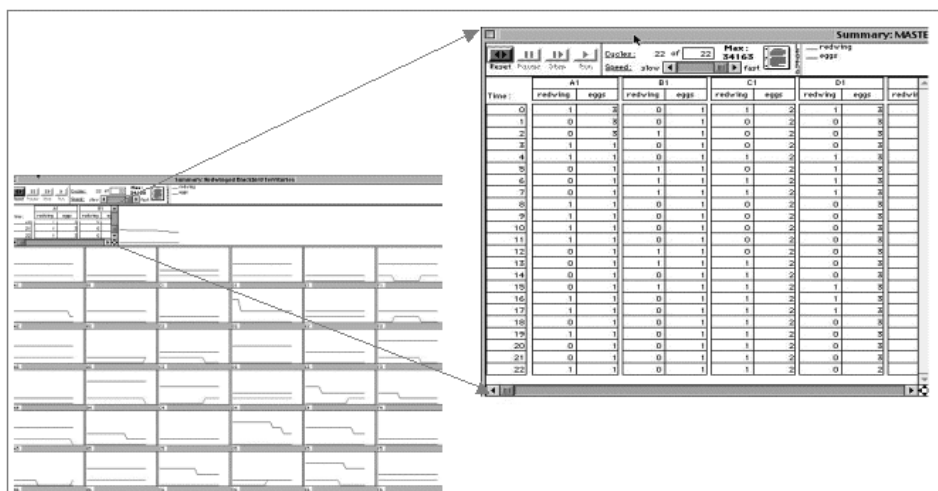


Figura 13 – Tipo de dados do BIOTA: representações gráficas (RG) e em forma de tabela (RT).

Estas representações gráficas (RG) e na forma de tabelas (RT) estão co-presentes no monitor e implicam o estabelecimento de relações entre si e com as representações icónicas, bem como a tradução da informação de umas nas outras, ajudando a construir uma compreensão profunda e significativa da informação transformando-a em conhecimento científico co-construído. Contribuem, pois, para complementar informação, permitindo a recolha e a análise de dados onde são reveladas tendências da dinâmica das populações em estudo.

Como atrás referimos, a construção do espaço problema requer da parte dos estudantes que haja percepção inter MERs, razão pela qual é importante saber se o ambiente multirepresentacional BIOTA, enquadra numa categoria funcional de Ainsworth (1999) ou se em várias. E no caso de abranger múltiplas funções, quais? Estas questões conduziram-nos a identificar as diferentes funções que as MERs do BIOTA desempenham.

Do exposto se conclui que as variadas MERs do BIOTA diferem quanto à informação com que cada uma contribui para a realização da tarefa, complementando-se quer quanto à informação quer quanto aos processos cognitivos que cada uma apoia. No seu conjunto desempenham, também, a função de ajudar a construir uma compreensão profunda e significativa quer ajudando nos processos de abstracção quer ao estabelecimento de relações entre as múltiplas representações externas.

5. Colheita e registo de dados

O método de colheita de dados ("sampling method") utilizado foi o da amostra focal ("focal sampling") no qual se observa um indivíduo, uma díada ou qualquer outra unidade

durante um tempo estabelecido, e se registam todas as ocorrências do seu comportamento. Este método foi o escolhido por ser aquele que é normalmente mais satisfatório para, na observação eco-etológica de grupos, se estudarem as interações sociais em ambiente natural (MARTIN & BATESON, 1993).

Os dados foram registados em tempo real e em contínuo, com uma câmara de Video, que ao gravar a imagem e o som, regista as interações verbais e não-verbais das díades, tríades e indivíduo-computador, durante as sessões de aprendizagem, bem como os diferentes modos de comunicação entre pares. Utilizar-se-à o sistema automático " The OBSERVER VIDEO-PRO" (NOLDUS, 1997). Este, inclui um poderoso e flexível "software" - " The OBSERVER 4.0" (NOLDUS, 1997) - que integra tecnologia video e multimédia de ponta. Este instrumento de trabalho possui um excelente módulo interface video, convertendo o computador numa estação profissional de organização, análise e apresentação de dados em video (Calafate & Vilar Correia, 2000).

6. Análise de dados

A taxonomia proposta por Ainsworth fornece um meio de articulação e de classificação dos objectivos dos utilizadores quando exploram os MERs. Neste trabalho utilizamos esta taxonomia como grelha de análise da relação aluno-máquina quando o utilizador trabalha com o software BIOTA numa situação de resolução de problemas de Biologia. O objectivo é o desenvolver conceitos e métodos para descrever a relação aluno-máquina. De acordo com terminologia de Ainsworth (1999), pretendemos descrever e analisar o modo como os alunos universitários se movimentaram nas MERs da interface do modelo do comportamento parental do macho na sobrevivência dos descendentes que atingem o estado juvenil.

6.1 - Análise dos substitutos externos das tríades, díades e indivíduos

A construção do espaço problema requer da parte dos estudantes que haja percepção inter MERs.

Torna-se importante saber se os alunos utilizaram os MERs do BIOTA de acordo com a identificação funcional que anteriormente fizemos. Se assim tiver acontecido, então os objectivos dos designers e dos utilizadores estarão em concordância cumprindo os objectivos de aprendizagem a que propõem.

Para todos os grupos de investigação, visionamos os videos correspondentes à construção do espaço problema, cuja duração é, em média, de 90 minutos e tentamos analisar qualitativamente que função(ões) desempenha(m) para os alunos as diferentes MERs durante a construção ao longo da construção do espaço problema.

Ao longo do processo de construção, o primeiro problema com que os estudantes se depararam foi o de saber: 1) como determinar o território de cada macho; 2) qual o tamanho e localização do território de cada macho e, conseqüentemente, quantos ovos têm ao seu cuidado. É difícil ter presente uma imagem mental que permita evocar, sempre que necessário, a pradaria subdividida nos seus territórios. Em lugar deste substituto interno (terminologia de Vauclair, 1992) a que se refere a imagem mental verificamos, ao longo da nossa investigação, que muitos dos alunos utilizaram substitutos externos (SEs), analógicos ,

ou seja, desenharam o(s) mapa(s) dos territórios de cada macho que no seu conjunto formam a pradaria. Outros há que utilizam SE arbitrários não havendo semelhança física ou geométrica com o objectos representado (por exemplo, é o caso dos sinais de linguagem e dos sistemas derivados . De um modo geral, os SE quer sejam analógicos quer sejam arbitrários, servem de suporte à análise de RG e RT facilitando a sua análise.

Assim, procedemos à análise dos diferentes tipos de substitutos externos utilizadas pelos diferentes grupos com o objectivo de categorizar o tipo de representações externas que os alunos utilizam na construção de uma representação espacial da pradaria, subdividida nos territórios de diferentes tamanhos.

7. Resultados e sua discussão

Os resultados de cada experiência realizada no laboratório virtual BIOTA obtidos após cada simulação, são visualizados através de RG e RT que aparecem em co-presença no monitor do computador. Os SEs que os alunos representam sob a forma arbitrária ou analítica facilitam a sua análise na medida em que contém informação relativa aos territórios de cada macho, rapidamente acessível e representada, por cada grupo de investigação, de acordo com o seu estilo de funcionamento cognitivo.

Os alunos utilizam diferentes estratégias para identificarem os territórios de cada macho que habita a pradaria. Verificou-se que existiam duas grandes categorias: os que não constroem nenhum substituto externo (SE) e os que os constroem (fig 14).

Categoria 1: NÃO CONSTRUÇÃO de SE	Categoria 2: CONSTRUÇÃO de SE		
	Sub-categoria SE arbitrário Representação da pradaria em termos alfa-numéricos	Sub-categoria SE analógico Representação da pradaria em termos icónicos	
Inferem os territórios do macho através da análise da representação icónica rota de migração (RI-rm)	Inferem os territórios do macho através da análise da representação icónica rota de migração (RI-mg) 4 modalidades que variam em complexidade Triade nº7	Inferem os territórios do macho através da análise da representação icónica rota de migração (RI-mg) 3 modalidades que variam em complexidade	Inferem os territórios do macho através da análise das representações gráficas (RG) (comete 7 erros na sua identificação)
Navegam no programa e através da análise da janela que representa as rotas migratórias identificam os territórios através dos padrões de migração (RI). Triade nº: 11	Os mais simples: Indivíduo nº: 4 Os transitórios: Triades nº: T8 Os mais completos: Triades nº: 6, 13	Os mais simples: Triades nº: 1; 3; 4 Díade nº 1 Os transitórios: Triades nº: 10; 12 Os mais completos: Triades nº: 2; 9; 14 Indivíduo nº: 5	Indivíduo nº: 1
1 Triade	4 Triades + 1 Indivíduo	8 Triades + 1 Díade + 1 Indivíduo	1 Indivíduo

Figura 14 - Tabela representativa das modalidades de substitutos externos (SE). Dados relativos ao número total de: 1) 13 triades (Não possuímos dados de uma das triades T6); 2) 2 Díades; 3) 3 indivíduos/computador.

7.1 Não construção de SEs

Relativamente às categorias acima mencionadas, na categoria designada por Não construção de SE, os alunos incluídos nesta categoria limitam-se a navegar no programa entre as representações gráficas (RG) e na tabela (RT) que surgem simultaneamente no monitor

quando se corre o programa (fig. 13) e a representação icónica e matemática que possibilita a evidência da mobilidade de cada macho no seu território (RI-rm) (fig 8). As representações RG e RT permitem recolher dados quanto à dinâmica das duas populações em questão com o objectivo de estudar qual a influência do comportamento parental do macho de *A. phoeniceus* na descendência durante uma fase do seu desenvolvimento. A representação RI-rm evidencia as rotas de migração através das quais é possível, interagindo com o computador, aceder aos territórios de cada macho (fig 9). Estes alunos, tríade nº 11, analisam paralelamente as RG e RT que surgem no écran, e socorrem-se da análise da representação RI-rm para identificarem qual o território do macho cujo comportamento, estão a analisar. Trabalham, pois, navegando alternadamente nas três MERs: RI-rm; RG, RT. Durante a fase de construção do espaço problema, apenas foi identificado este comportamento de navegação para uma tríade de alunos. Pensamos que não se trata da construção de verdadeiro substituto interno, ou seja de uma representação totalmente interiorizada do objecto (pradaria subdividida nos seus territórios), uma vez que os alunos exibem o comportamento de navegação para acederem e se certificarem, sempre que assim o entenderem fazer, de qual é o território do macho cujo comportamento está em análise. Contudo, trata-se de um comportamento que exige, por um lado, algum recurso à memória e, por outro, um grande poder de abstracção já que os alunos têm que criar entidades mentais (mapas) que servem de base a novas acções, e procedimentos a um nível mais elevado de organização. Os alunos são obrigados a construir referências entre as múltiplas representações e esse conhecimento vai sendo mobilizado para a construção mental do espaço problema.

7.2 Construção de SEs

Na categoria designada por Construção de SE, os alunos incluídos nesta categoria utilizam substitutos externos para representar a pradaria do tipo alfa-numérico (SE arbitrário) ou do tipo icónico SE analógico). Neste último tipo os alunos desenham o(s) mapa(s) dos territórios de cada macho que no seu conjunto formam a pradaria. Esta categoria é subdividida em 2 sub-categorias formadas com base no tipo de SE que os alunos constroem:

- sub- categoria: SE arbitrário: representação a pradaria em termos alfa numéricos;
- sub- categoria: SE analógico: representação a pradaria em termos icónicos;

7.2.1 Sub-categoria: SE arbitrário

Exemplos de SE incluídos na sub-categoria Representação da pradaria em termos alfa numéricos, podem ser encontrados nas figuras 15 (T7), 16 (I4), 17, 18. Estas figuras exibem quatro modalidades de representação alfa-numérica da pradaria que varia na complexidade da informação que encerram:

- os alunos pertencente à tríade nº 7 não representam uma panorâmica geral da pradaria subdividida nos seus territórios durante o tempo estipulado para o fazer. Mais tarde, aquilo que representam sucessivamente, tal como se pode observar na figura 15, é a migração de cada macho na pradaria. Por exemplo o macho A3 vai para a região A4 e vice-versa.
- simplificado - a figura 16 exemplifica o SE mais simplista quanto ao conteúdo de informação que encerra. Pertence a um indivíduo (I4) que numera os machos de 1 a 15 e escreve à frente as regiões que definem os territórios de cada um.
- transitório – os indivíduos que pertencem a esta sub-categoria pertencem a uma tríade (T8) e fazem 2 esquemas (fig 17), um mais simplista, como T7 (fig 16), e outro mais

completo (fig 18), como T6 e T13. No primeiro começam por representar a migração de cada macho na pradaria, tal como fazem os indivíduos pertencentes a T7. Passados 15 minutos apercebem-se que através deste procedimento estão a repetir machos (em vez de 15 seriam 30) e elaboram um segundo esquema, muito completo, em que constam para cada macho: 1) as regiões componentes do seu território; 2) localização inicial de cada macho; 3) o número de ovos em cada ninho; 4) e o número total de ninhos no território.

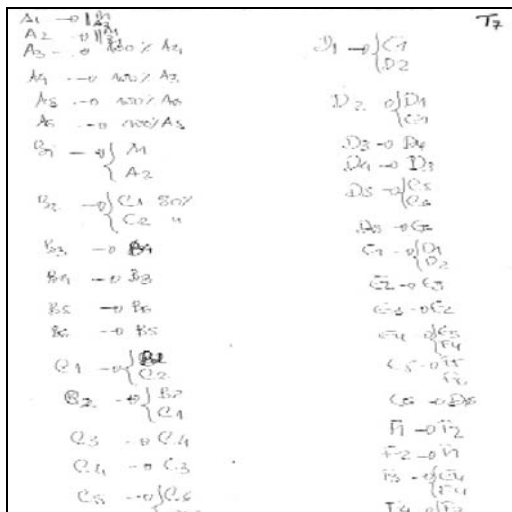


Figura 16 - Representação da pradaria em termos alfa numéricos para o indivíduo (I4)

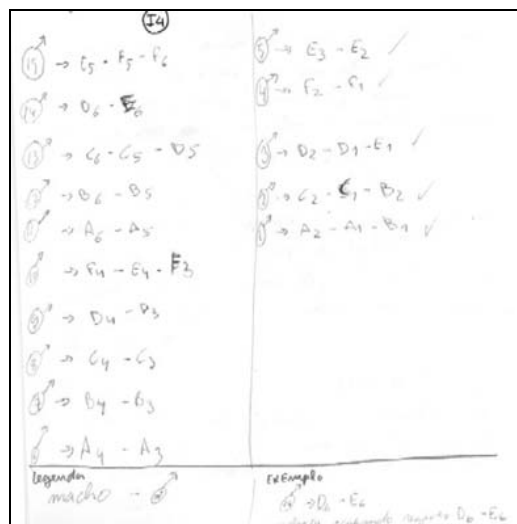


Figura 15 - Representação da pradaria para a triade n° 7

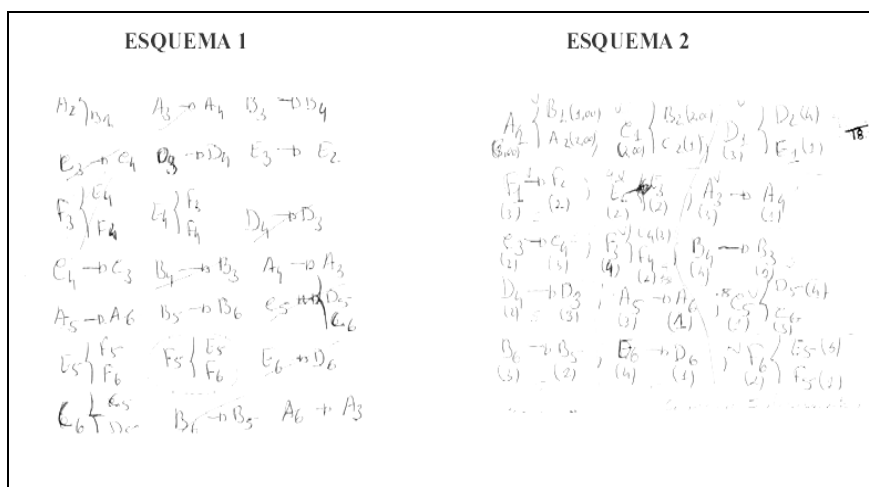


Figura 17 - Representação da pradaria em termos alfa numéricos para triade n° 8

- completa – os indivíduos pertencentes a esta sub-categoria englobam duas triádes (T6 e T13) e apresentam SE cuja informação que englobam é muito completa e semelhante à anteriormente descrita para o segundo esquema da sub-categoria transitório. Contudo diferem na forma como o fazem, sendo a representação de T6, apesar de tudo, mais icónica do que a outra, socorrendo-se de setas bidireccionais indicativas da mobilidade do macho. Os territórios assumem a designação da localização inicial de cada macho. As representações efectuadas por estes alunos são semelhantes a diagramas, o que tem a vantagem de ser muito prático pois facilita os processos de pesquisa e de reconhecimento da informação, reduzindo a sobrecarga da memória e da aprendizagem libertando os alunos para registar dados e estabelecer

relações entre eles.

Curiosamente 4 tríades (T nº 6, 7, 8, 13) e um indivíduo escolhem o tipo de substituto externo alfa numérico, uma forma de representação menos visual do que a icónica.

7.2.2 Sub-categoria: SE analógico

Os SE analógicos são caracterizados, segundo Vauclair (1992), por apresentarem uma semelhança geométrica com o objecto que representam. Neste caso, a representação da pradaria é feita em termos icónicos, traduzindo-se num mapa composto por 36 regiões e subdividido nos seus 15 territórios. Exemplos de SEs incluídos na sub-categoria podem ser encontrados nas figuras 19 (D1, T1, T3, T4), 20 (T10, T12), 21 (T2, T9, T14), 22 (I5) e 23 (I1). Identificamos três modalidades de representação icónica que variam, igualmente, na complexidade da informação que encerram:

- simplificado – como se pode observar na figura 19 (D1, T1, T3, T4) os SEs analógicos são simplistas quanto ao conteúdo de informação que encerram. Pertence a uma díade (D1) e três tríades (T1, T3, T4). Os alunos que pertencem a esta sub-categoria, desenharam: 1) o mapa da pradaria, 2) suas regiões, 3) indicam a localização inicial do macho, 4) delimitam os territórios ou com contornos coloridos (fig 19 – D1, T3) ou usam setas unidireccionais (fig. 19 – T4, T1). Não colocam a informação relativa ao número de ovos em cada ninho.

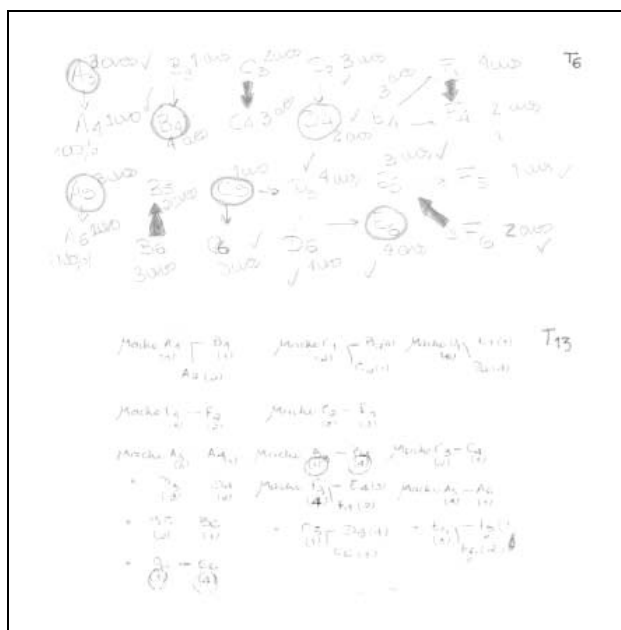


Figura 18 - Representação da pradaria em termos alfa numéricos para tríade nº 6 e 13

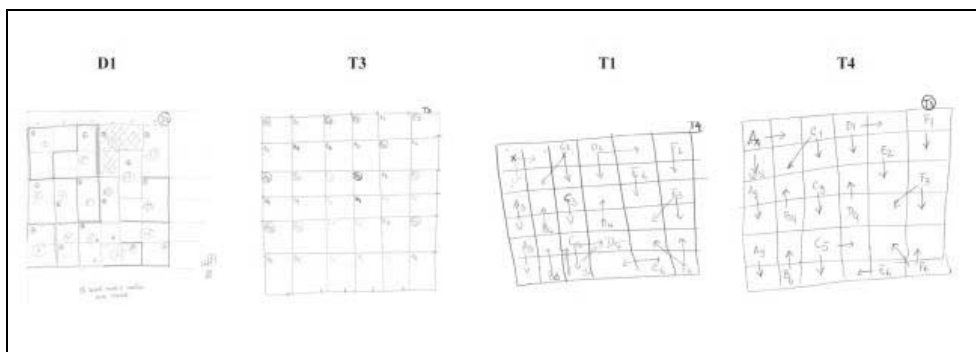


Figura 19 – Representação da pradaria em termos icônicos: SEs analógicos simplistas (Diade nº1, Triades nº 1, 3, 4),

- transitório – os indivíduos que pertencem a esta sub-categoria pertencem a duas triades, T10 e T12, e fazem 2 representações icônicas (fig 20), uma mais simplista e outra mais completa, representadas respectivamente no primeiro e no segundo esquema (fig 20 - T10, T12). No primeiro esquema os alunos que pertencem a esta sub-categoria (T10 e T12), desenharam: 1) o mapa da pradaria, 2) suas regiões, 3) indicam a localização inicial do macho com um X (T10) ou com um quadrado (T12), 4) delimitam a fronteira dos territórios com um traço negro ou usando setas unidireccionais (T12). Não colocam a informação relativa ao número de ovos em cada ninho. Este primeiro esquema do SE analógico é semelhante ao designado anteriormente simplista.

O segundo esquema difere do primeiro, pois engloba o número de ovos em cada ninho. A triade T10, uma vez que contorna cada território à mesma cor, numera os territórios de cada macho de 1 a 15, enquanto que a outra os contorna a diferentes cores.

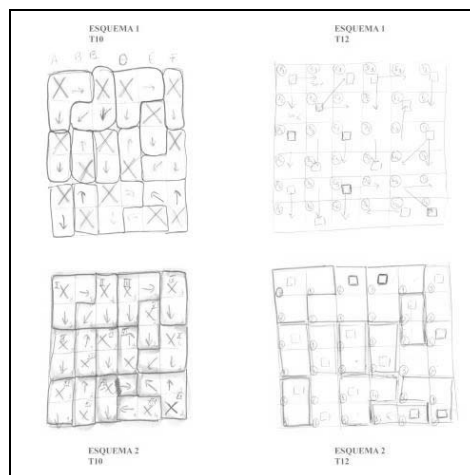


Figura 20 - Representação da pradaria em termos icônicos: SEs analógicos transitórios (Triades nº10, 12).

- Completa – os indivíduos pertencentes a esta sub-categoria englobam três triades (fig 21- T2, T9, T14), dois indivíduos I5 (fig. 22) e I1 (fig. 23) apresentam SE cuja informação que englobam é muito completa e semelhante à anteriormente descrita para o segundo esquema da sub-categoria transitório. Contudo, I5 ainda coloca no SE informação que é redundante e que se traduz na utilização de setas bidireccionais concomitantemente com o contorno dos territórios.

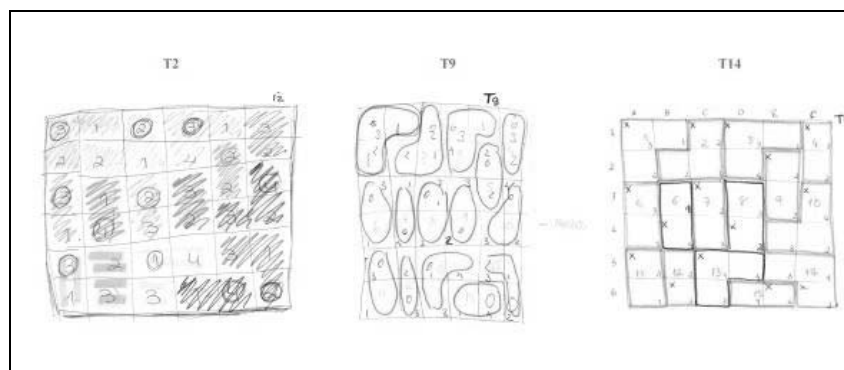


Figura 21 - Representação da pradaria em termos icônicos: SEs analógicos completos (Triades nº 2, 9, 14),

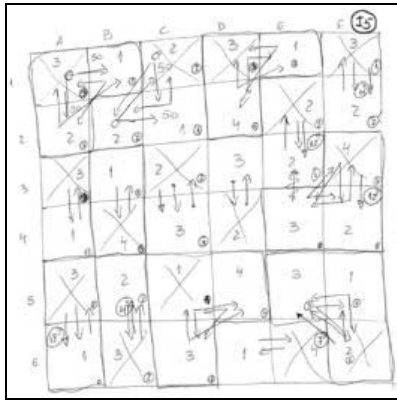


Figura 22 - Representação da pradaria em termos icónicos: SEs analógicos (Indivíduo nº1)

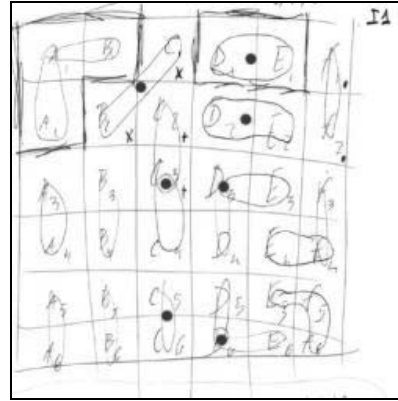


Figura 23 - Representação da pradaria em termos icónicos: SEs analógicos (Indivíduo nº5)

De um modo muito geral podemos afirmar que os alunos que utilizaram SEs arbitrários ou analógicos:

- 1) inferiram os territórios de cada macho através da análise da representação icónica RI-rm;
- 2) exceptua-se o caso de um aluno que trabalhou individualmente com o computador (fig 23, indivíduo I1) e que inferiu os territórios de cada macho através da análise das representações gráficas (RG) que surgem no monitor após correr a simulação. Esta forma de o fazer, que a priori parece plausível não o é de facto, pois verificou-se que o aluno cometeu 7 erros na identificação (50%) dos territórios que estão assinalados a vermelho na figura 23;
- 3) analisaram RG e RT, que surgem no monitor após fazerem correr cada simulação, consultando em simultâneo os SEs como forma de obterem rapidamente informação quanto aos territórios do(s) macho(s) cujo comportamento estava em análise. Esta forma de trabalhar difere grandemente da referida para o comportamento de navegação anteriormente descrito para a categoria Não constroem SE. Enquanto que neste último caso, devido ao factos das MERs não estarem co-presentes, os alunos têm que ir permutando entre elas navegando na aplicação, o primeiro reflecte uma estratégia de organização do conhecimento muito eficaz, prática a cujo produto, por ser externo, se acede rapidamente sempre que é necessário identificar informações relativas ao territórios dos machos que habitam a pradaria. Embora requeira alguma abstracção para se traduzir o significado interMERS, a utilização dos SEs não exige grandes recursos em termos de memória, uma vez que passam a estar co-presentes com as RGs e RTs evitando, assim, a necessidade de navegar entre as MERs da aplicação. Num caso como no noutro, os alunos devem compreender a sua inter-relação (RI-rm e RG e RT) mesmo que tenham que actuar para reproduzir essa relação, caso que se verifica quando constroem SEs arbitrários e analógicos.

8. Conclusão: O BIOTA como um ambiente multirepresentacional

A Ergonomia é uma disciplina que procura otimizar a relação entre as pessoas e o seu trabalho. O advento do computador, como um instrumento cognitivo, deu origem à Ergonomia Cognitiva que tem por objecto os aspectos humanos da tecnologia no trabalho,

procurando assegurar que a tecnologia satisfaça as necessidades das pessoas que a utilizam. A Interação Homem-Computador (IHC) é o campo da Ergonomia dedicada ao design das tecnologias computadorizadas. Hoje em dia, homens e computadores habitam universos paralelos: as pessoas vivem num “mundo analógico”, físico, rico em sensações; os computadores funcionam num “mundo digital”, cego, mudo e surdo. A Ergonomia Cognitiva poderá contribuir para ajudar a esbater ou, até mesmo, ultrapassar essa dicotomia.

O computador é um meio/instrumento simbólico. Representar objectos biológicos e conceitos numa simulação de computador é já uma forma de abstracção. O modo como o domínio é representado na forma de tarefas ou actividades particulares é outra forma de abstracção. Há, então, pelo menos duas ordens de abstracção nos micromundos. Se o computador pode servir como veículo para as experiências dos estudantes no mundo da Biologia/Ecologia, as pontes/ligações entre estas abstracções ou representações devem ser o mais claras possíveis. O processo de design da interface para estes sistemas torna-se, então, um processo de engenharia pedagógica não, meramente, num assunto de utilização (usability). Isto envolve alguns tópicos importantes no que concerne o design de representações com as quais raciocinar acerca do domínio a ser aprendido.

Em suma, os modos particulares pelos quais as interfaces para ambientes de aprendizagem são desenhadas implicam algumas vinculações ao nível das representações. Estas decisões são, muitas vezes, tornadas explícitas, com a intenção de se centrarem mais no design do domínio das representações e das actividades de aprendizagem.

O BIOTA é um software educativo muito rico no que se refere às representações e às actividades de aprendizagem que pode propiciar. Com já referimos, permite ao utilizador adicionar aos modelos que governam o crescimento das espécies e as suas inter-relações, uma componente espacial, uma vez que permite a separação das populações de cada espécie em áreas distintas. Consequentemente, quando se corre o o programa, são visualizados no monitor gráficos separados do tamanho das populações para cada área, permitindo observar a sua dinâmica, obtendo-se uma visão de conjunto sobre o que está a acontecer em toda a área espacialmente definida. A sua análise requer, para além, de um elevado nível de abstracção a ligação a outras MERs que contribuem com informação para que os variados gráficos tenham significado. Esta tarefa tem-se revelado crítica uma vez que são de variadas índoles os factores que tornam difícil a tradução entre representações: 1) a própria natureza das representações, da tarefa e dos objectivos do domínio; 2) as características dos alunos (familiaridade com o domínio de conhecimento ou com as representações; estilo cognitivo).

Os ambientes de simulação apresentam frequentemente ilustrações concretas a par de representações abstractas como, por exemplo, gráficos e equações. Esta situação faz com que os designers necessitem de se certificar que os alunos são capazes de efectuar a tradução entre as representações, quer seleccionando representações complementares quer fazendo cartografias entre representações desejáveis. A coordenação entre as MERs apresentadas nos ambientes de aprendizagem é fundamental para uma compreensão profunda da construção do espaço problema. Através do estudo que realizamos, concluímos que todos os alunos foram capazes de compreender a relação entre as representações em adição à compreensão de cada representação isoladamente.

Nenhuma das MERs do BIOTA tem a função de ensinar explicitamente a tradução das variadas representações externas aos alunos, muito embora favoreçam a sua

compreensão. No caso do modelo do comportamento parental do macho de *A. phoeniceus*, para construir o espaço problema, fase essencial à sua resolução, os alunos têm que fazer um esforço considerável para compreender as relações interMERS. Estas têm que ser inferidas através de um processo de análise exaustiva das seguintes MERS: RI-rm, RG e RT. Um reflexo visualizável dessa compreensão reside no produto final explícito dessa tradução entre as representações que se pode manifestar, ou pela construção de substitutos externos (arbitrários e analógicos), ou pela exibição de comportamentos de navegação nas MERS da aplicação. Quer sejam arbitrários ou analógicos, convém salientar que os SEs constituem formas simplificadas de representar os objectos, acontecimentos ou situações iniciais e funcionaram, para os alunos em estudo, como: 1) organizadores de informação permitindo um acesso rápido e fácil sempre que necessário; 2) facilitadores da análise das representações gráficas da dinâmica das populações em toda a área espacial componente da pradaria, 36 regiões, subdividida em 15 territórios, uns com duas regiões outros com três, pertencentes a 15 machos.

Apesar do actual interesse no computador como um suporte para a aprendizagem colaborativa, fizeram-se poucos progressos quanto ao design de software educacional que promovesse a aprendizagem do comportamento colaborativo. Honra seja feita ao grupo de Beloit Colledge, que se preocupa em que o design do interface aluno-máquina integre a investigação que se faz, nomeadamente, na área da aprendizagem colaborativa. É o caso do módulo BIOTA que, devido aos fortes fundamentos epistemológicos e pedagógicos em que se enraíza, associado à interactividade semântica que o caracteriza, possui uma interface aluno-máquina particularmente bem desenhada e adequada para a promoção de comportamentos colaborativos na construção do conhecimento científico.

Se existe uma base cognitiva para a aprendizagem, então não é apenas a estrutura entre o ser humano e a máquina que é importante para o ensino por computador. O estilo da interacção também determinará o sucesso de uma dada implementação.

Neste sentido, o conhecimento do modo como os utilizadores se deslocam - ou "navegam" - no interior de ambientes de aprendizagem mediados pelo computador poderá contribuir para uma melhor compreensão do fenómeno da interacção homem-computador e, conseqüentemente, aluno-computador.

A exploração e descrição do modo como as pessoas interagem umas com as outras e com os computadores nos seus locais de trabalho é um objectivo central da Interacção Homem-Computador (IHC). As metodologias adoptadas para compreender os utilizadores (users) e, no nosso caso, os alunos, o seu comportamento e o seu ambiente natural de aprendizagem, no âmbito da IHC, poderão ser benéficas para os agentes envolvidos no design de sistemas tecnológicos com vertente educacional (du BOULAY & LUCKIN, 1999).

9. Referências

1. Ainsworth, S., Wood, D., Bibby, P. Co-ordinating Multiple Representations in Computer Based Learning Environments. Brna, paiva & Self (Eds) Proceedings of The European Conference on AI in Education, Lisbon, 1996; 336-342.
2. Ainsworth, S. The Functions of Multiple Representations. Computers and Education 1999; 33: 131-152

3. BIOTA (1998 – 1999) in The BioQUEST Library, Volume IV CD-ROM (Academic Year 1998-1999). San Diego, California: Academic Press.
4. Boulay, B.; Luckin, R. It ain't what you learn but the way that you learn it. *Computers and Education* 1999; 33: (2/3), 209-215.
5. Caccamise, D. 1976 Nestling Mortality in the Red-winged Blackbird. In Wood et al.1994
6. Cheng, P.C.-H. Unlocking conceptual learning in mathematics and science with effective representational systems. *Computers and Education* 1999; 33: 109-130.
7. Costa, F. A. Contributos para um modelo de avaliação de produtos multimédia centrado na participação dos professores. Comunicação apresentada no 1º Simpósio Ibérico sobre Informática Educativa. Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro. Aveiro, 22-24 de Setembro,1999.
8. Danbury, J., Jones, B., Kuper, J., Nelson, E., Shank, J., Sterner, W., Weil, J., Winsatt, B., 1993. BIOTA: a simulation of inter-species interactions in a divers environment. BioQUEST Library CD-ROM (1994). The ePress Project. Academic Software Development Group. University of Maryland.
9. Danbury, J., Jones, B., Kuper, J., Nelson, E., Shank, J., Sterner, W., Weil, J., Winsatt, B., (1993). BIOTA: a simulation of inter-species interactions in a divers environment. Guide tour. In BioQUEST Library CD-ROM (1994). The ePress Project. Academic Software Development Group. University of Maryland.
10. Danbury, J., Jones, B., Kuper, J., Licheistein, J., Nelson, E., Shank, J., Sterner, W., Weil, J., Winsatt, B. 1994. BIOTA: a simulation of inter-species interactions in a divers environment. Users manual. In BioQUEST Library. Volume IV CD-ROM.
11. Dias, P., Gomes, M.J. & Correia, A.P.S. *Hipermedia e Educação*. Braga: Edições Casa do Professor. 1998.
12. Freitas, J. C. As Novas Tecnologias da Informação no Ensino/Aprendizagem de Biologia. In: *Didáctica da Biologia* (Ed Bu M. F. M. Oliveira), pp. 193 – 227. Lisboa: Universidade Aberta.1991.
13. Gardner, J.; McClune, B. (1999) CREDIT to classrooms: an evidence base for pedagogical development. *Computers and Education* 1999; 33: (2/3), 217-222.
14. Howard, Y. (1963) Age specific mortality in the eggs and nestlings of blackbirds. *The Auk*.1963: 80(2).
15. Noldus Information Techonology The OBSERVER VIDEO-PRO, V4.0. 1997. <http://www.noldus.com>
16. Martin & Bateson (1993) *Measuring Behavior* (2th Edition). Cambridge: Cambridge University Press.1993.
17. O'Malley, C. Designing computer systems to support peer learning. *European Journal of Psychology of Education*. 1992: VII(4): 339-352.
18. Peterson, Nils S.; Jungck, John, R. Problem-Posing, Problem-Solving, and Persuasion in Biology. *Academic Computing*. 1988: 2(6): 14-17 e 48-50).
19. Projecto Praxis/ PCSH/CED/165/96.“Uma análise estrutural das estratégias de aprendizagem cooperativa no ensino da Biologia e da Matemática através de modelos e de simulação da dinâmica das populações num ecossistema e de problemas ambientais.” EUDISED European Educational Research Yearbook 1997/98. 20 de Junho de 1997- 2000.
20. Robertson, R. J. (1972) Optimal niche space of the redwinged blackbird (*Agelaius phoeniceus*) I. Nesting sucess in marsh and upland habitat. *Canadian Journal of Zoology*. 1972: 50 (2).
21. The BioQUEST Library, Volume IV CD-ROM (Academic Year 1996 – 97). Academic Software Development Group, Computer Science Center, University of Maryland. (©1996. University of Maryland and Beloit College).
22. The BioQUEST Library. Volume V CD-ROM/Academic year 1998/99. San Diego, California. Academic Press.
23. Vauclair, J. A *Inteligência dos Animais*. Coleção Vida e Cultura. Lisboa: Livros Brasil. 1992.
24. Vilar Correia, M.R. O Significado da simulação representativa do cuidado parental dos machos de *Agelaius phoeniceus* no software BIOTA. In 1º, 2º, 3º “Workshop” de investigação PRAXIS XXI.

- PCSH/C/CED/165/96, 15 de Outubro de 1998 a 27 de Maio de 1999. Secção de Didáctica e Ensino Multimedia. Departamento de Botânica. Faculdade de Ciências. Universidade do Porto. 1998.
25. Vilar Correia, M. R.; Brito, C.; Fontoura, P. Breves notas sobre a Biologia de *Agelaius phoeniceus* (Aves:ICTIRIDAE) com especial referência ao comportamento reprodutivo. Publicação interna. PRAXIS XXI. PCSH/C/CED/165/96. Secção de Didáctica e Ensino Multimedia. Departamento de Botânica. Faculdade de Ciências. Universidade do Porto. 1998.
 26. Vilar Correia, M.R.; Calheiros, F. Estudo estatístico do número de descendentes de uma população tipo *Agelaius phoeniceus* em função da taxa de migração dos machos. Relatório Técnico. PRAXIS XXI. PCSH/C/CED/165/96. Secção de Didáctica e Ensino Multimedia. Departamento de Botânica. Faculdade de Ciências. Universidade do Porto. 1998.
 27. Vilar Correia, M.R.; Calafate, L. C. Calheiros, F.; Brito, M. C.; Gomes, P.; Lopes, M. (1998 – 1999) Workshops de Investigação PRAXIS/PCSH/C/CED/7165/96. Relatório interno. SDEM Departamento de Botânica FCUP. 1998.
 28. Vilar Correia, M. R.; Calafate, L.C. 3º Workshop de Investigação PRAXIS XXI. PCSH/C/CED/165/96, 25 de Fevereiro a 27 de Maio de 1999. Relatório interno. Secção de Didáctica e Ensino Multimedia. Departamento de Botânica. Faculdade de Ciências. Universidade do Porto.
 29. Vilar Correia, M. R.; Calafate, L.C. A formação Inicial de Professores de Biologia na Sociedade de Informação: Estudo de um caso. Comunicação apresentada na Conferência Internacional Challenges '99. 12-14 de Maio. Instituto de Educação e Psicologia. Universidade do Minho. 1999.
 30. Vilar Correia, M. R. & Calafate, L. C. An ethological observation of collaborative behaviour setting: some technological aspects. *Measuring Behaviour* 2000. Nijmegen. Holanda. 2000.
 31. Wood , K., Dearth, A. Harings, S. Maccarthy, K. Red-winged Blackbirds simulation. in *The BioQUEST Library, Volume IV CD-ROM (Academic Year 1996-1997)*. Academic Software Development Group, Computer Science Center, University of Maryland (© 1996. University of Maryland and Beloit College). 1994.