

# Macacos–Prego (*Cebus apella*) Resolvem Problemas de Discriminação Simples em Ambiente Virtual

Carlos de Sousa Brito Neto, Manoel Ribeiro Filho, Olavo de Faria Galvão

Universidade Federal do Pará

*carlosmcp@gmail.com, mrf@ufpa.br, olavo@pq.cnpq.br*

## Abstract

*Virtual reality knowhow was applied to build an ecological environment to investigate the function of the number of correct vs incorrect stimuli in learning simple discriminations in four capuchin monkeys. They worked individually in an experimental chamber with a touchscreen displaying fruits on a forest background in a 5-stages fruits collect game. In successive stages fruits of the same type, two, and three types of fruits were presented, and finally the correct fruit was shifted. Touching correct fruit was rewarded by a food pellet. Touching other fruits erased the fruits for 3 seconds and same screen was displayed again. Two color contrasts between fruits and background were used with similar results. This VR environment represents a second step in a larger project to investigate pre-requisites of cognitive behavior in *Cebus apella* which will involve other kinds of interaction beyond touchscreen.*

**Keywords:** *Virtual reality environment, simple discrimination, *Cebus apella*.*

## 1. Introdução

As pesquisas de aprendizagem com animais utilizando estímulos visuais apresentados através de monitores carecem de um toque de realismo, dinamismo e naturalidade. Situações experimentais visualmente mais próximas do ambiente natural do animal poderiam, em princípio produzir interação mais produtiva e maior facilidade de aprendizagem de relações entre estímulos mais complexas, como relações abstratas de igualdade, simetria, e outras. A solução para obter ambientes interativos com manutenção do controle experimental foi buscada na realidade virtual. Uma tarefa que nos ambientes padrões com tentativas discretas de escolha entre um estímulo positivo (S+) e um ou mais negativos (S-), que gera uma diminuição gradual no número de erros, foi reprogramada em um ambiente virtual relativamente complexo para os padrões da experimentação em aprendizagem animal, para verificar a aprendizagem de discriminações simples com

diversos S+ e S- apresentados simultaneamente.

Na literatura da área de aprendizagem complexa com primatas, se explora a capacidade dos primatas de detectar estímulos na tela de um monitor, e de mudar seu comportamento de escolhê-los em função de recompensas consistentemente dadas para uns e não para outros estímulos. No entanto, os estímulos são em geral formas estáticas em fundo uniforme. Assim, criamos um ambiente em que fosse possível inserir problemas de discriminação simples (apresentação do estímulo e posteriormente, a seleção do correto) em um ambiente tridimensional e com uma novidade em relação à literatura consultada: o uso de estímulos realísticos sobre um fundo complexo, rico em detalhes, com diversas formas irregulares e estímulos. Foram também usadas cores como dica adicional para a solução da tarefa de discriminação.

Ao longo dos anos, diversos trabalhos de discriminação simples foram realizados com a ajuda de aparatos, dispositivos eletrônicos e processos manuais, para mostrar os estímulos aos sujeitos. Hoje, com a inserção do computador nesse campo de pesquisa, estamos caminhando para novas possibilidades ou, podemos dizer, para um novo paradigma na forma de se realizar experiências com sujeitos não-humanos. Inicialmente, a contribuição do computador para pesquisa de cognição comparativa foi apenas para automatizar o processo de liberação das pelotas de reforço ou armazenar o resultados das experiências realizadas [11]. Os trabalhos com o uso do computador em que houvesse a interação do sujeito com o computador só vieram um pouco mais tarde com a sua utilização para exibir estímulos visuais no monitor. Barros et al. [2], por exemplo, mostravam figuras que poderiam ser selecionadas através de um toque no monitor com tela sensível. Primeiramente, era apresentada uma figura em tons de cinza, em contraste a uma superfície preta; quando o macaco tocava a figura, que servia de modelo, esta desaparecia e eram mostradas duas figuras, uma igual e outra diferente da figura modelo. Tocar na figura igual à modelo era recompensado com uma pelota de alimento.

Quando o sujeito errava, era apresentada uma tela escura sem nenhum elemento por alguns segundos (ver também Galvão et al. [6]).

Outros tipos de experiências que envolviam interação com computador também foram realizadas, como em Leighty e Fragaszy [10], que procuraram elucidar como quatro macacos-prego (*Cebus apella*), adquiriam habilidade para usar um joystick (Figura 1a). A tarefa consistia de controlar um cursor na forma círculo branco, em contraste com um fundo preto que era envolto em uma área limite, também de cor branca. Eles ainda realizaram testes invertendo a posição dos eixos do joystick para descobrir se eles se adaptariam a esta nova condição. Em um estudo sobre discriminação de cores, Galvão et al. [17] apresentaram a macacos-prego 16 quadrados, sendo 15 de uma cor e um de outra, sobre fundo preto, e recompensavam a escolha do quadrado de cor diferente (Figura 1b). Iversen e Matsuzawa [8] realizaram uma experiência para investigar como primatas se guiavam em tarefas de interceptação. Eles tinham que capturar um alvo em movimento no monitor, um círculo também, que se movia de forma previsível e deveria ser guiado até a um alvo, representado por um quadrado branco ou um retângulo azul, sendo todos estes estímulos apresentados contra um cenário de superfície negra.

Recentemente os primeiros trabalhos com três dimensões emergiram. Experiências com primatas que fazem uso de realidade virtual podem ser vistas nos trabalhos de Ribeiro Filho et al. [13], e Astur e Washburn et al. [4], cujo trabalho possui uma semelhança muito grande com o trabalho de Leighty and Fragaszy [10], em que se desenvolveu um labirinto 3D como mostra a Figura 1d, o qual continha uma esfera e, como tarefa, os sujeitos deveriam também guiá-la, usando um joystick, pelos corredores de um labirinto virtual. Em Ribeiro Filho et al. [13], uma bandeja virtual continha várias peças diferentes e o sujeito deveria selecionar a peça igual à peça apresentada previamente, sozinha, na bandeja. O desempenho no ambiente virtual foi comparado com o desempenho no procedimento real, selecionando as peças em uma bandeja (ver Figura 1c).

Os trabalhos citados mostram exemplos de como os estudos comportamentais estão incorporando composições de estímulos cada vez mais reais. Neste trabalho, uso da discriminação simples em um ambiente virtual, foi uma opção que visava proporcionar um ambiente interativo com mais chances de sucesso, principalmente considerando-se que os quatro sujeitos tinham experiência com discriminações simples com apenas um S+ em cada tela e com fundo uniforme,

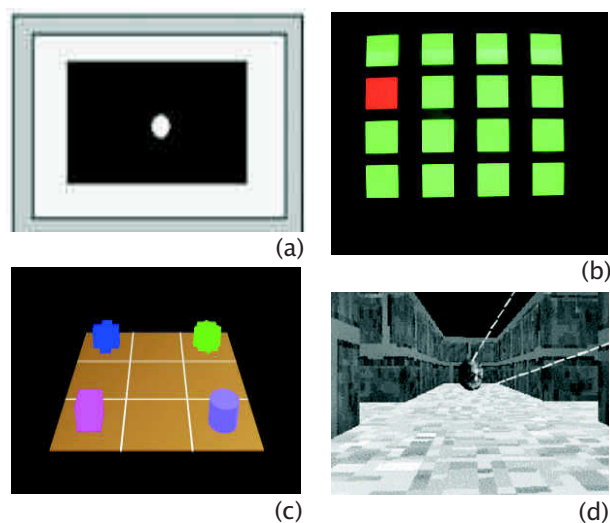


Figura 1. Tipos de composição de tela utilizados em estudos comportamentais com macacos. a) Leighty et al., b) Galvão et al., c) Ribeiro Filho et al., d) Washburn et al.

bem diferente dos demais trabalhos citados que buscam outros aspectos, como a discriminação condicional [13], a predição de alvos [8] e a habilidade motora [4].

Uma dificuldade com o uso de estímulos coloridos com o macaco-prego são as variações individuais na visão de cores. Jacobs [7] mostrou que os machos e um terço das fêmeas da espécie *Cebus apella* têm visão dicromática, não distinguindo verde e vermelho, e dois terços das fêmeas seriam tricromatas. Galvão et al [17] confirmaram, em um estudo de discriminação entre pares de cores, a dificuldade dos macacos-prego em discriminar pares verde-amarelo, vermelho-verde, e vermelho-amarelo.

Resolvemos, então, variar as cores dos objetos do ambiente com intuito de investigar o comportamento dos sujeitos diante de dois casos de contraste. No primeiro, foi usado o default do monitor RGB, e desenhadas as frutas no padrão humano, banana amarela, maçã vermelha e mamão amarelo-esverdeado (ver Figura 2). No segundo, RG, foi eliminado o azul e as frutas, a banana e o mamão ficaram mais “vermelhos” (ver Figura 13). Nos objetos do fundo, como as árvores e os arbustos, foi mantida a uma iluminação verde.

## 2. Descrição do ambiente virtual

### 2.1. Tecnologias usadas e técnicas empregadas

Os sujeitos da nossa experiência, primatas da família Cebidae, espécie *Cebus apella* e primatas de uma forma geral, vivem em ambientes bastante arborizados. Logo,

inserir elementos que lembrem o seu meio natural seria uma forma de manter o interesse do sujeito pela tarefa contida no ambiente. O ambiente de realidade virtual aqui utilizado é classificado como não imersivo, pois o usuário não possui a sensação de estar dentro do ambiente virtual [12]. Para sua construção, foi utilizada a API Java 3D 1.5.1 [9] responsável pela renderização do cenário e dos objetos nele inseridos. Para a construção das interfaces gráficas do pesquisador, utilizamos a API Swing, encontrada no JDK 1.6.03 do Java. Os objetos foram construídos com a ajuda do software 3D Studio Max [1], o qual permite a manipulação direta com os objetos 3D em construção e uma maior definição na sua forma e aparência.

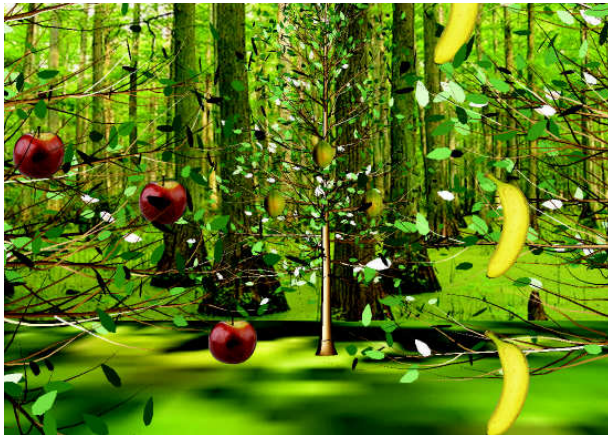


Figura 2. O ambiente com os três tipos de frutas utilizados para a realização da discriminação simples. Tela da etapa 1, em que uma das frutas aparece menor, como que distante.

As texturas empregadas no chão, fundo e frutas foram trabalhadas no Photoshop [14], melhorando o acabamento de cor e sombra das imagens, já que as frutas devem passar sensação visual de realismo. Também foi empregada a técnica de billboard, do Java3D que permite um objeto 2D ter um comportamento de um objeto 3D. Observando o ambiente na Figura 2, podemos notar que todas as árvores são idênticas, tendo apenas como diferença os estímulos, as frutas e suas posições. O motivo pelo qual não criamos as árvores respectivas a suas frutas, como usar uma bananeira para a banana, por exemplo, foi o de garantir que o sujeito se guiasse pelas formas das frutas exclusivamente.

Esse é um dos elementos de um sistema de realidade virtual que mantém o sujeito totalmente envolvido com a tarefa que está sendo realizada. Nesta investigação, queríamos levar a experiência do sujeito de seu mundo real para o mundo virtual. No mundo real, a seleção do comportamento por reforço descreve os mecanismos

pelos quais uma mudança comportamental é orientada ao ambiente. Isto é, o que é selecionado pelo sujeito ou a sua ação é sempre uma relação comportamento-ambiente [5]. No mundo virtual, esta idéia deve ser mantida e, para que isto ocorra, deve haver um feedback constante das interações do sujeito com o mundo virtual. Aqui, quando o sujeito selecionar a fruta certa, através do monitor sensível ao toque, o sistema de controle do ambiente virtual automaticamente a remove, além de prover a liberação de uma pelota de fruta. Caso contrário todas as frutas são retiradas por 3 segundos da tela, como forma de punição, e em seguida, reapresentadas ao sujeito.

Aqui estamos utilizando dois tipos de interação: navegação e seleção [12]. A seleção já foi brevemente explicada. Como dito, o sujeito pode “colher” as frutas que estão sobre as copas das árvores. A navegação é encadeada pela ação de seleção: o sujeito, ao recolher todas as frutas corretas da copa da árvore, habilita a passagem para o próximo estágio. Neste momento, o sujeito navega passivamente pelo ambiente até as árvores seguintes. Seus erros de escolha são armazenados em uma simples estrutura de dados em memória primária para serem posteriormente armazenados em um banco de dados. O banco utilizado foi o SQLite [15].

## 2.2. Modelagem UML do sistema

Aqui descreveremos o diagrama de casos de uso. O sistema é composto de dois atores: o sujeito e o pesquisador, como mostra a Figura 3.

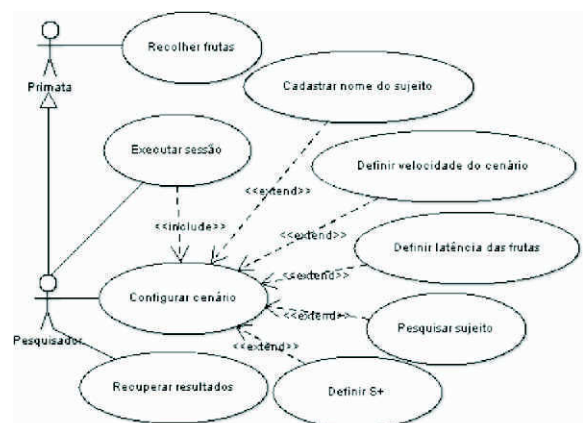


Figura 3. Diagrama de casos de uso.

O sujeito está associado a apenas um caso de uso, que lhe permite recolher as frutas que se encontram nas árvores do cenário. Ao ator pesquisador, é permitido também fazer uso das ações do sujeito, sendo possível



executar uma sessão, apresentação do ambiente virtual ao sujeito, e recolher as frutas do ambiente. Ainda, este pode definir a configuração do ambiente virtual, determinando qual o tipo de iluminação irão receber as frutas e as árvores, determinar qual será a fruta S+ (banana, maçã ou o mamão), determinar a velocidade em que o ambiente caminhará entre uma etapa e outra, assim como a velocidade do reaparecimento das frutas após a retirada da tela e cadastrar ainda o nome do sujeito que utilizará o ambiente virtual. É possível também recuperar todos os dados coletados pelo sistema durante a sessão com o sujeito. A interface que possibilita ao pesquisador realizar tais ações é mostrada na Figura 4.

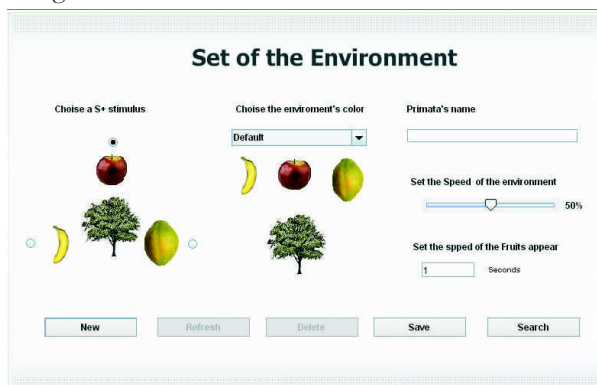


Figura 4. Interface do pesquisador.

Com relação à sua estrutura interna, o diagrama de classes ilustra a utilização de software por quatro principais classes, vide Figura 5. A classe resultado é utilizada pela classe ambiente para salvar os erros da sessão, a qual contém o resultados de uma ou vários ambientes definidos pelo pesquisador. A classe ambiente, por sua vez, só pode ser instanciada pela classe sessão, a qual usa as configurações criadas pela classe configuração Ambiente para construir o ambiente virtual.

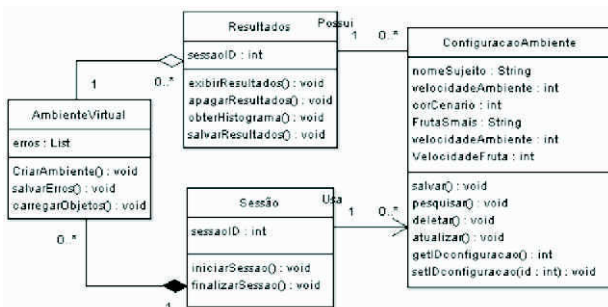


Figura 5. Diagrama de classes.

O diagrama de instalação é o mapeamento entre os componentes software e hardware [3]. Aqui, o sistema

é composto de três nós: o monitor sensível ao toque, o qual permite a interação e está conectado a um computador, responsável por reproduzir o ambiente virtual em conjunto com o software JPrimates e que por sua vez, está conectado via sua porta paralela ao dispensador de pelotas, que é acionado pelo software. O diagrama de instalação que ilustra esta topologia pode ser visto na figura 6.

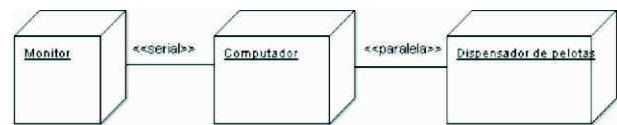


Figura 6. Diagrama de instalação.

### 3. Método

#### 3.1. Sujeitos

Quatro sujeitos participaram, Eva (fêmea adulta), Guga e Adam (machos adultos), e Negão (macho jovem), todos da espécie *Cebus apella* ou macaco-prego. Todos os sujeitos descritos aqui já possuíam experiência em laboratório com o uso de computador para resolver problemas de discriminação simples entre estímulos apresentados em uma tela sensível ao toque. Os animais recebiam sua alimentação regular após a realização das experiências.

#### 3.2. Aparato

Foi utilizada uma câmara transparente, de arestas de alumínio e paredes de acrílico, com dimensão de 0,60 x 0,60 x 0,60 m, a qual possuía uma janela lateral com grades de ferro que permitia ao sujeito o acesso a um monitor ECS colorido 14" sensível ao toque. Este aparato é mostrado na Figura 7. Um monitor LCD 17", também sensível ao toque (Elo Entuitive) foi também usado para permitir filmagem com melhor imagem.



Figura 7. Câmara utilizada na experiência. À esquerda o monitor com a tela sensível, a direita o sujeito dentro da câmara experimental, olhando a tela através da janela e tocando a fruta.

### 3.3. Procedimento geral

Com cada sujeito, realizamos um total de 12 sessões. Uma sessão consistia de uma tarefa com cinco etapas; Etapa Zero: havia uma única árvore com quatro frutas de um tipo, o S+ (Figura 9). Etapas 1, 2, e 3: havia um grupo de três árvores, cada árvore com 3 frutas de um tipo, sendo S+ a do mesmo tipo das frutas da Etapa Zero (Figura 2); Etapa 4: um lagarto em movimento (Figuras 11 e 12). A transição entre as etapas ocorria após a coleta da última fruta correta da etapa, na forma de “zoom in”.

Toques nas frutas S+ eram “acertos”, e eram recompensados com uma pelota de ração sabor de fruta. Na Etapa 4, tocar o lagarto produzia uma pelota de ração e o fim da sessão (ver Figura 12).

Em seguida o experimentador programava uma nova sessão com outra fruta como S+ e definia o padrão das cores (default: RGB, ou R-G: sem o azul) para a nova sessão.

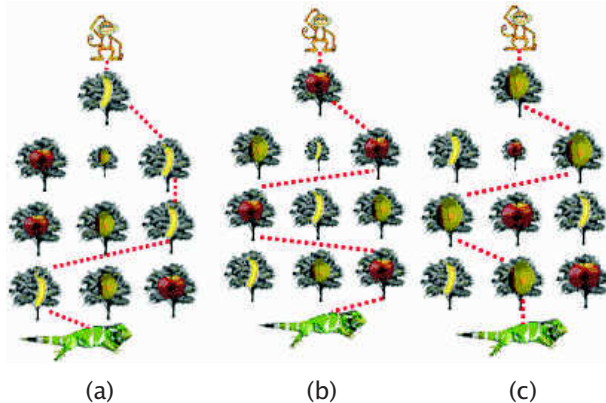


Figura 8. Disposição (centro, esquerda ou direita) das frutas nas etapas sucessivas que compunham uma sessão para: a) banana b) maçã c) mamão. A linha de cima representa a Etapa 0, com um único tipo de fruta. As linhas abaixo representam as demais Etapas, mostrando a disposição dos tipos de fruta. A linha pontilhada indica o S+ em cada sessão. Cada sujeito passou por sessões com banana, maçã e mamão como S+ por quatro vezes.

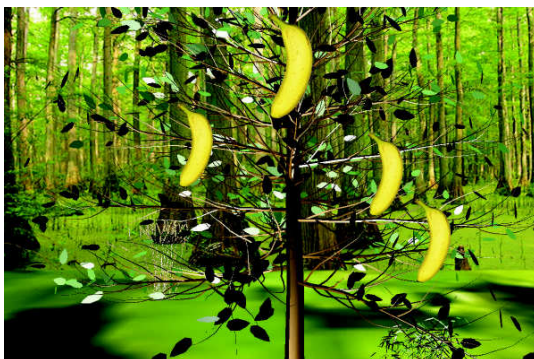


Figura 9. Primeira etapa com o estímulo S+, no caso banana. Padrão de cores RGB.

Após terem recolhido todas as frutas iguais da primeira tela, os primatas navegavam passivamente pelo ambiente até um grupo de três árvores, cada qual com três frutas em sua copa. Uma destas árvores continha as bananas novamente, os S+ nessa etapa, e as demais com maçã e mamão, sendo o mamão em tamanho menor, como se distante. Tocar na maçã apagava todas as frutas por três segundos, tocar no mamão (em tamanho pequeno) não tinha efeito. Novamente o sujeito deveria recolher todas as bananas para completar a tarefa para novamente navegar passivamente ao próximo grupo de árvores, agora todas as três frutas em tamanho igual, portanto com 3 S+, as bananas, e 3 S-, as maçãs e os mamões. Assim se repetia por mais duas vezes com a disposição das frutas diferente da etapa anterior. Após o primata ter explorado todas as etapas, a etapa final era apresentada, na qual um lagarto em movimento aparecia na tela (Figuras 11 e 12).

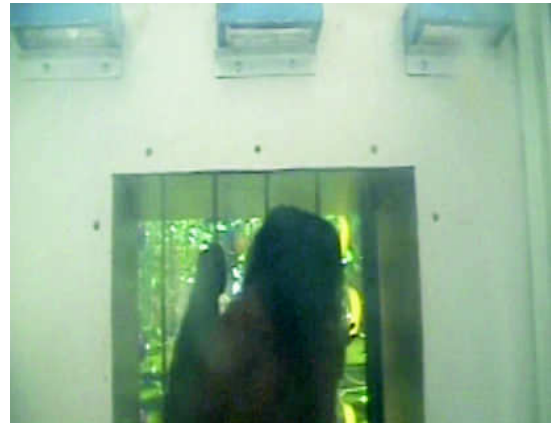


Figura 10. Visão interna da câmara. Acima aparecem as caixas em que caem as pelotas de ração com sabor de fruta.

A escolha do lagarto alude ao fato de que primatas da espécie *Cebus apella*, além de se alimentarem de frutas, raízes, brotos e flores também se alimentam de pequenos animais. Logo, buscamos examinar o comportamento do primata perante a dinâmica de elementos no ambiente virtual. Iversen and Matsuzawa [8], já citados, realizaram um trabalho similar, mas com menos elementos, com os alvos e fundo de textura uniforme e alto contraste, enquanto neste trabalho os alvos, e principalmente o fundo, são imagens complexas no que diz respeito ao número de detalhes e cor, de tal modo que os alvos ficam como que camuflados no ambiente virtual. Completada a sessão o monitor era afastado e o experimentador programava a sessão seguinte, com outro S+, alternando banana, maçã e mamão, consecutivamente.



Figura 11. O lagarto, que surge na última etapa.



Figura 12. Um sujeito tocando o lagarto na Etapa 4, para receber uma recompensa e encerrar a sessão.

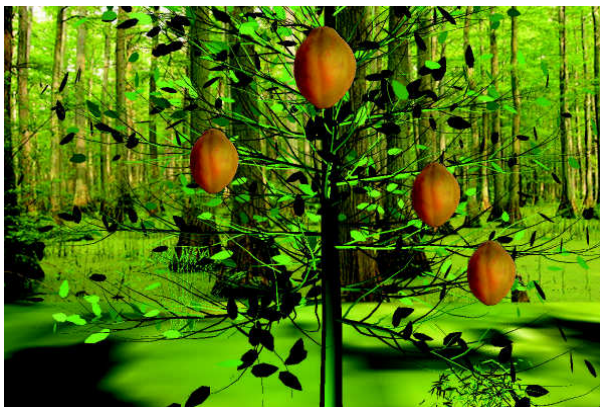


Figura 13. Cenário com vermelho nos alvos e fundo verde.

Primeiro, procuramos investigar se os sujeitos se adaptariam ao ambiente 3D e conseguiriam identificar os estímulos diante de um ambiente teoricamente de difícil compreensão aos sujeitos, pela diferença em relação aos ambientes que eles estavam acostumados e

de outras pesquisas aqui citadas em que não há muita variedade de forma, cor ou brilho. Assim, seria um passo importante estabelecer o contato entre o sujeito e o ambiente virtual. A fruta que aparecia na primeira tela seria S+ naquela e nas três telas seguintes. Na primeira sessão usamos a banana como S+, a fruta a ser discriminada do fundo na etapa zero e do fundo e das demais frutas que se encontram nas demais árvores nas etapas 1 a 3 (ver Figura 10). Como citado anteriormente, o ambiente virtual foi criado como um jogo, com etapas que são superadas de acordo com o sucesso das tarefas impostas ao sujeito, no caso tocar todas as frutas corretas (veja na Figura 11 um dos sujeitos olhando o ambiente virtual).

A ordem das frutas corretas (S+) de cada sessão variou. Cada fruta foi a primeira a ser S+ em cada grupo de três sessões. Banana, maçã, mamão; Maçã, mamão, banana; Mamão, banana, maçã. No último grupo de três sessões repetiu-se a ordem do primeiro.

#### 4. Resultados

Todos os primatas conseguiram identificar e tocar as imagens das frutas presentes no ambiente virtual mesmo sendo estímulos com características irregulares em sua textura, cor e forma. A figura da banana, mais que as outras duas, maçã e mamão, parece se destacar bem contra o cenário do ambiente virtual. O mais impressionante foi a forma como eles interagiram com os estímulos, tocando com precisão em cima da imagem da fruta praticamente desde o início da exposição na primeira sessão. Os quatro sujeitos mostraram diminuição no número de erros ao longo das sessões.

Com exceção do sujeito Eva, em uma sessão, todos os sujeitos finalizaram a sua tarefa. Contudo, a sessão que não foi concluída foi a última de uma série seguida, podendo ser atribuída a interrupção da interação à saciação das pelotas.

Houveram 13 sessões do Guga e 8 da Eva, 8 do Negão, e 9 do Adam completamente sem erros.

Todos os sujeitos apresentaram a maioria dos erros nas primeiras três sessões. Eva foi a que teve queda no número de erros mais suave, mas terminou com uma sessão perfeita, sem erros.

Não houve diferença visível entre as sessões RGB e RB. O único efeito encontrado foi o da queda no número de erros ao longo das sessões.

Será descrito em maior detalhe o desempenho da participante Eva, o desempenho de todos os quatro participantes foi resumido em gráficos mostrando o



número de erros por sessão, na seqüência em que as sessões ocorreram.

Na primeira sessão, o primeiro sujeito, Eva, conseguiu coletar todas as frutas da Etapa Zero em 30 segundos. Esse tempo deve-se ao fato de haver pausas durante a mastigação da pelota. Quando a Eva terminou de coletar todas as frutas e a tela da Etapa 1 foi apresentada, através de um efeito de zoom a partir da Etapa Zero, ela selecionou a banana no início da tarefa sem hesitar muito. Em seguida, na Etapa 2, ela cometeu alguns erros, tocando-a diretamente na maçã e, apesar do erro, novamente verificamos que o sujeito estava reconhecendo o estímulo na tela do monitor. Finalmente ela veio a tocar na banana que estava bem no canto no lado direito do monitor, e o sujeito passou a tocar na área da árvore com as bananas e conseguiu completar a tarefa. Na Etapa 3, com a disposição das frutas diferente da anterior, Eva tocou as frutas que estavam à direita do monitor, tendência provocada possivelmente pela localização da banana no estágio anterior, cometendo 11 erros. Entretanto, voltou a tocar nas bananas e finalmente chegou à Etapa 4, com o lagarto movimentando-se debaixo da árvores. Sua posição era mudada a cada 1 segundo, dando a idéia de movimento. O sujeito demorou para tocar o lagarto apenas na primeira vez. Eventualmente Eva tocou o lagarto e finalizou a tarefa. Nós observamos que o que pode ter facilitado a seleção do animal foi o contraste com uma parte do cenário que é mais escura. O lagarto foi de difícil reconhecimento possivelmente por possuir a mesma cor do cenário, como que camuflado. Isso nos levou mais tarde a aumentar a velocidade da movimentação do lagarto, para que chamasse mais a atenção dos primatas, o que realmente aconteceu.

Finalizada a primeira sessão, programou-se uma nova. A segunda sessão foi configurada para a maçã ser o S+. Na primeira etapa que contém apenas uma árvore, o sujeito conseguiu rapidamente tocar nas maçãs. Na

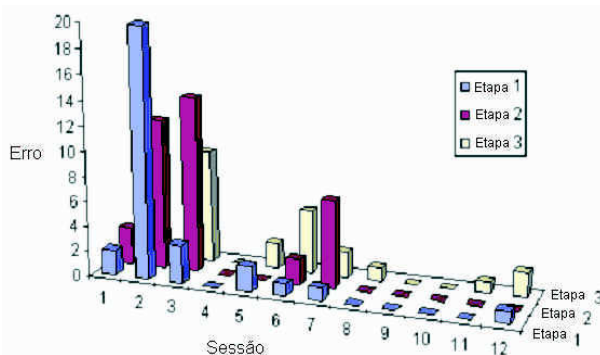


Figura 14. Desempenho de Guga. Ver legenda da Fig. 15.

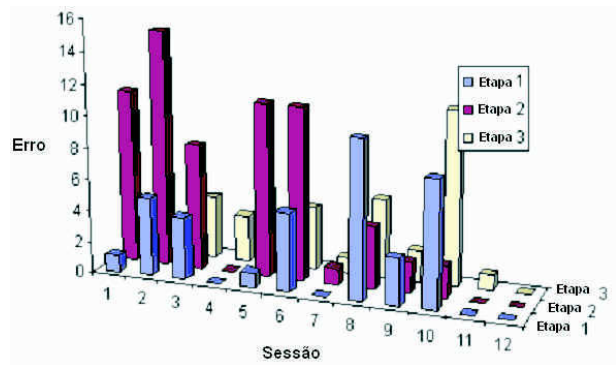


Figura 15. Desempenho de Eva. Número de erros em cada sessão. As sessões ocorreram na seqüência da esquerda para a direita e da frente para trás. Cada grupo de três sessões tinha uma fruta como alvo. Grupos 1, 4, 7, 10: Banana, 2, 5, 8, 11: Maçã; 3, 6, 9, 12: Mamão. Nas sessões 7, 8, 9 foi usado o padrão de cores RG, nas demais RGB. Ver texto.

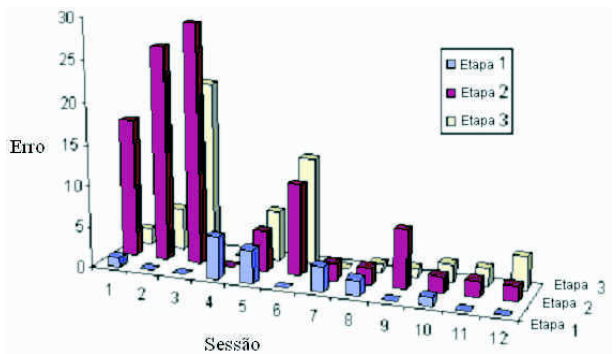


Figura 16. Desempenho de Negão. Ver legenda da Fig. 8.

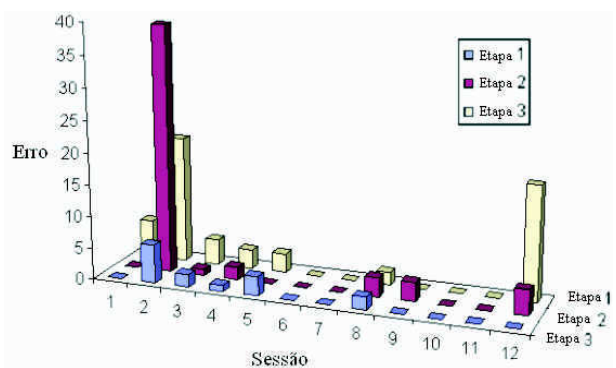


Figura 17. Desempenho de Adam. As sessões ocorreram na seqüência da esquerda para a direita e da frente para trás. Cada grupo de três sessões tinha uma fruta como alvo. Grupos 1, 4, 7, 10: Banana, 2, 5, 8, 11: Maçã; 3, 6, 9, 12: Mamão. Nas sessões 4 a 9 foi usado o padrão de cores RG, nas demais RGB. Ver texto.

Etapa 1, novamente, ela selecionou a fruta S+ como ocorrido na primeira sessão. Em seguida, cometeu cinco erros até alcançar o estágio seguinte. Com o mamão, Eva se saiu melhor, apesar da fruta se camuflar

entre as folhas por sua cor ser a mesma da folhagem e do fundo do cenário.

## 5. Conclusão

Trabalhos anteriores confirmaram que macacos podem interagir com ambientes virtuais. Nós conseguimos verificar que eles ainda mantêm a interação com a complexidade aumentada em uma tarefa ainda não utilizada antes, de discriminação simples com diversos estímulos positivos e negativos simultaneamente.

Os resultados confirmaram que os macacos-prego com habilidades para resolver problemas de discriminação simples em um ambiente 2D simples podem transferir esse repertório para um ambiente 3D complexo, assim como outras espécies de macacos [16]. Com exceção de uma, todas as sessões terminaram após a coleta de todas as frutas e o lagarto. Os macacos conseguiram identificar os estímulos e finalizar a sua tarefa, indicando que poderemos inserir novos problemas em um ambiente virtual, explorando outros tipos de interação e navegação em um ambiente virtual e estudar outros processos comportamentais em condições experimentais que mimetizam com muito maior riqueza as condições naturais de interação comportamento-ambiente do que os ambientes visuais comumente usados em estudos comportamentais com primatas. A velocidade de aprendizagem foi acima da que se verifica nos estudos com tentativas discretas, e um só S+ por tentativa, com estímulos simples sobre fundo uniforme.

A perspectiva da aplicação da realidade virtual no estudo experimental da aprendizagem de relações entre estímulos é promissora, particularmente com a adição de novas formas de interação além do toque em tela sensível, como a possível detecção da direção do olhar e outras.

## 6. Agradecimentos

À FADESP, pela bolsa de mestrado ao primeiro autor. Ao CNPq, pela Bolsa de Produtividade ao terceiro autor. Ao CNPq, FINEP e NIH pelo financiamento da Escola Experimental de Primatas, UFPA.

## 7. Referências

- [1] 3D Studio Max disponível em <<http://www4.discreet.com/3dsmax>>.
- [2] R.S. Barros, O.F. Galvão, and W. V. McIlvane, "Generalized identity matching-to-sample in *Cebus apella*". *The Psychological Record*, 2002, pp. 441-460.
- [3] Bezerra, E., Princípios e Análise e projetos de sistemas com UML. Campus, Rio de Janeiro, 2002.
- [4] D. A. Washburn, R. S. Astur, "Exploration of virtual

mazes by rhesus monkeys (*Macaca mulatta*)". *Animal Cognition*, 2003, pp. 161-168.

[5] Donahoe, J. W., & D. C. Palmer, Learning and complex behavior, Allyn & Bacon, Boston, 1994.

[6] O. F. Galvão, R. S. Barros, S. B. Lima, C.M.Lavratti, J.R. Santos, A.L.F. Brino, W. V. Dube, and W. J. McIlvane, "Extent and Limits of the Matching Concept in *Cebus apella*: A Matter of Experimental Control?", *The Psychological Record*, 2005, pp. 219-232.

[7] G. H. Jacobs, and J. F. Deegan, "Cone pigment variations in four genera of new world monkeys". *Vision Research*, 2003, pp. 227-236.

[8] I. Iversen, T. Matsuzawa, "Development of interception of moving targets by chimpanzees (*Pan troglodytes*) in an automated task". *Animal Cognition*, 2003, pp. 169-183.

[9] Java3D. The Java 3D API, <https://java3d.dev.java.net/>, Acessado em 23 de Novembro, 2007.

[10] K. A. Leighty, and D. M. Fragaszy, "Joystick acquisition in tufted capuchins (*Cebus apella*)". *Animal Cognition*, 2003, pp. 141-148.

[11] K.A. Leighty, and D. M. Fragaszy, "Primates in cyberspace: using interactive computer tasks to study perception and action in non-human animals", *Animal Cognition*, 2003, pp. 137-139.

[12] Kirner, C. R., "Fundamentos de Realidade Virtual", VIII Symposium on Virtual Reality, SBC, 2006, pp.2-21

[13] M.R. Filho, A. A. Leal, and O.F. Galvão, "An experimental session for Primates using VR Desktop which imitates a procedure of matching objects to sample", IX Symposium on Virtual Reality, 2007, Petrópolis, 2007, pp. 303-305

[14] Photoshop, <http://www.adobe.com/br/products/photoshop/photoshop/> acessado em 23 de Novembro de 2007.

[15] SQLite, <http://www.sqlite.org/>, Acessado em 23 de Novembro, 2007.

[16] N. Sato, H. Sakata, Y. Tanaka, M. Taira, "Navigation in virtual environment by the macaque monkey" *Behavioural Brain Research*, 2004, pp. 287-291.

[17] O.F. Galvão, P. R. K. Goulart, S. Makiama, K. L. S. Marques, A.R. Fonseca, "Color vision in *Cebus apella*: Assessment of color-discrimination using capabilities of regular CRT monitor and color formatting tool of Windows XP", 2007, Em preparação.