

# Ensaio de Avaliação Preditiva para Utilizadores com Necessidades Especiais

Andreia Valada Artífice  
 Dep. Eng<sup>a</sup>. Informática, IST  
 Av. Rovisco Pais, 1000 Lisboa  
 andreia.artifice@ist.utl.pt

João Brisson Lopes  
 Dep. Eng<sup>a</sup>. Informática, IST  
 Av. Rovisco Pais, 1000 Lisboa  
 brisson@ist.utl.pt

Joaquim A Jorge  
 Dep. Eng<sup>a</sup>. Informática, IST  
 Av. Rovisco Pais, 1000 Lisboa  
 jorgej@acm.org

Manuel J. Fonseca  
 Dep. Eng<sup>a</sup>. Informática, IST  
 Av. Rovisco Pais, 1000 Lisboa  
 mjf@inesc-id.pt

---

## Abstract

*This paper addresses the prediction of likely user moves in a practical case study where user interaction is predicted on the basis of  $\lambda$ -parameters acquired from users with special needs playing a software game. A model was built to reproduce actions performed by such users in a 3D world to overcome the difficult set-up of tests due to user reduced availability, mobility and varying/erratic behaviour. User actions data was obtained from usability tests where users played a game requiring them to move around a virtual house and perform some activities. The tests were carried out with users with disabilities such as severe physical injuries, cerebral palsy and Down syndrome. A three level simulator was developed with data extracted from part of the data collected during experiments, the remaining raw experimental data serving as reference for validation. Data analysis calculated the  $\lambda$ -parameter required by the Poisson and Exponential Distributions used by the statistical approach adopted. The tests performed showed an excellent statistical fit of the simulated data to the reference data.*

## Keywords

*accessibility, usability, user modelling, assistive technology, pointing systems, Mouse Functions Emulation Software, HCI, interaction, data acquisition, data analysis, statistic and simulation*

---

## 1. INTRODUÇÃO

É fundamental testar as aplicações de software com utilizadores reais, mas o trabalho, o tempo e a dedicação envolvidos são de tal ordem que métodos e técnicas têm sido desenvolvidos para permitir a execução de testes sem os próprios utilizadores, como os métodos analíticos, os modelos conceptuais e os testes realizados por peritos.

Este cenário agrava-se quando as aplicações são direccionadas a utilizadores com necessidades especiais, especialmente com deficiência profunda. Estes utilizadores apresentam uma grande variedade de deficiência que se traduz em múltiplas soluções no que se refere à tecnologia assistida. Em geral, os utilizadores com necessidades especiais necessitam de dispositivos de apontamento alternativos para comunicar com as aplicações e efectuar operações como apontar ou clicar. Numa fase inicial, devem ser escolhidos os que melhor se adaptem a cada situação [Cook02]. Estes dispositivos podem variar, desde os joysticks comuns, às combinações com switches ou dispositivos de electromiografia, para enumerar alguns. Muitas aplicações para utilizadores com necessidades

especiais restringem-se a utilizadores que usam o mesmo tipo de dispositivos de apontar ou dispositivos que, embora sejam diferentes, operam de forma idêntica. Este facto reduz a quantidade de testes, mas é um sério retrocesso ao reduzir as pessoas que podem estar aptas a usar uma dada aplicação. Para além disso, os testes com utilizadores com necessidades especiais são difíceis de replicar, uma vez que o humor e a disponibilidade dos utilizadores são variáveis e incertos. Os utilizadores podem não querer executar quaisquer testes no momento em que estão disponíveis para eles.

Outra diferença prende-se com o número de utilizadores disponíveis para testes. Os testes e as experiências requerem um número de participantes suficientemente grande para assegurar que os resultados são significantes e esse número pode não estar disponível porque os mesmos participantes não podem ser usados para teste e pré-teste. O caso ainda é mais agravado quando são necessários dois grupos de utilizadores, um para referência e outro para testes.

Segundo [Dix04], a avaliação não deve ser pensada apenas como uma fase do processo de design. Idealmente os testes de usabilidade deveriam acontecer durante toda a fase de design, com o resultado das avaliações a serem consideradas no desenvolvimento do projecto. Porém, não é possível executar testes com utilizadores continuamente, mas apenas de forma analítica e informal com técnicas de avaliação por peritos, que devem ser usadas.

Assim, é desejável que exista um modelo de avaliação que permita prever o comportamento de utilizadores com necessidades especiais e modele a interacção humana com o sistema, estimando tempos de interacção.

A bibliografia existente restringe-se a estudos de avaliação preditiva, com utilizadores interagindo com o computador de forma comum, não existindo referência a utilizadores com deficiência. Neste domínio, incluem-se os modelos de modelação do processamento mental baseados em hierarquia de objectos e tarefas, como GOMS [Card83] (Goals, Operators, Methods and Selection) e o CCT (Cognitive Complexity Theory) [Kieras85] e os modelos baseados no conhecimento empírico do sistema psico-motor humano, que conseguem prever o desempenho humano dos utilizadores na execução das tarefas, como o modelo KLM (Keystroke-level Model) [Card80].

O perfil do utilizador pode ajudar a superar essas dificuldades se os utilizadores forem modelados com precisão suficiente para reproduzir as suas acções principais enquanto interagem com uma aplicação.

Este artigo apresenta uma Framework estatística para modelar o comportamento de input dos utilizadores com necessidades especiais em ambientes 3D, desenvolvendo um simulador de interacção implementando o modelo estatístico [Artifice08]. Para construir o modelo, os dados foram obtidos a partir de registos de vídeo durante testes de usabilidade de um jogo de computador.

Inicialmente desenvolvida para pessoas com paralisia cerebral, vítimas de acidentes e síndrome de Down, a framework suporta a configuração do utilizador baseada nas necessidades e capacidades do utilizador. Estas são mantidas pelo perfil do utilizador que inclui itens como as preferências de cor, dispositivos de input, tempos permitidos, etc. Muitos dos parâmetros dos perfis de utilizadores são determinados por experimentação com os utilizadores.

Na próxima secção relata-se a experiência em termos de amostra e do software usado para os testes de usabilidade. A secção 3 é dedicada aos utilizadores. O trabalho relacionado, na secção 4, discute os diferentes modelos de predição e apresenta as suas vantagens e desvantagens face ao problema em questão assim como as possibilidades de aplicação. A secção 5 apresenta o modelo desenvolvido, destacando pontos como recolha e análise dos dados, tratamento estatístico, implementação do modelo numa linguagem de programação adequada e avaliação. Finalmente na secção 6 tecem-se conclusões e apresenta-se trabalho futuro.

## 2. EXPERIÊNCIA

A investigação foi desenvolvida com dados registados durante os testes de usabilidade durante um jogo de software num centro de dia com utilizadores com necessidades especiais.

De seguida apresentam-se detalhes da amostra do estudo, assim como do software usado pelos participantes.

### 2.1 A Amostra

Um dos objectivos do jogo era ser acessível a todos os utentes do centro de dia. Assim, a experiência apresenta o grupo de participantes bastante heterogéneo, tanto pela deficiência que apresentam como pela idade, entre os 20 e os 47 anos. O total da amostra é de 10 indivíduos que realizaram o ensino secundário entre o 5º e o 9º ano, 60% dos indivíduos e os restantes não frequentaram o ensino, pois as suas capacidades não permitem a aprendizagem de leitura e escrita. As características dos utilizadores foram fornecidas pelo terapeuta em trabalho anterior, intitulado Modelação de Utilizadores de Deficiência Profunda [Abreu06]. As incapacidades dos indivíduos incluem paralisia cerebral, Trissomia 21, grande espasticidade, atraso no movimento psíquico e perturbações psicóticas. A amostra encontra-se dividida equitativamente em relação ao género.

### 2.2 Jogo “Casa Virtual”

O jogo envolvido nos testes de usabilidade, é parte de um programa destinado a desenvolver jogos para pessoas com deficiências médias e graves. Estes jogos correm numa framework comum que isola a lógica do jogo do display e possui uma arquitectura cliente-servidor na qual correm jogos e outras aplicações como aplicações de comunicação através de linguagens gráficas alternativas (pictogramas).

O jogo “Casa Virtual” explora a utilização de mapas mentais em utilizadores com necessidades especiais, levando-os a circular por uma casa (figura 1) e executar tarefas como tomar banho, vestir ou comer. Estas acções podem ser executadas apenas em certos locais da casa (divisões) e, para jogar, os utilizadores necessitam de abrir portas ao circular em sala em sala.

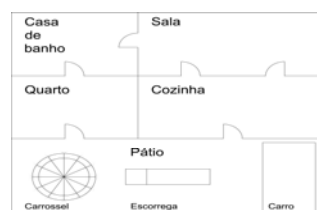


Figura 1: Planta do Jogo Casa Virtual.

Os movimentos dos utilizadores são simples movimentos de jogo, ou seja, mover para a frente ou para trás e virar para a esquerda ou direita (mas não em ângulos rectos) (figura 2).

O jogo foi testado com testes de usabilidade no centro de dia e por diversas vezes porque todos os utilizadores envolvidos só estavam disponíveis a horas específicas durante o dia e por períodos de tempo reduzidos.

Os testes de usabilidade efectuados permitiram determinar que dispositivo usar para cada utilizador e escolher adequadamente os parâmetros de configuração e as velocidades ajustadas.



**Figura 2: Teste do Jogo Casa Virtual, tarefa lavar os dentes, dispositivo Joystick .**

### 3. UTILIZADORES

Os utilizadores de tecnologias assistidas apresentam uma grande variabilidade de deficiência, o que implica o uso de diferentes tipos de dispositivos de interacção com o computador.

Segundo Cook et al [Cook02], existe o trabalho inicial de determinação de capacidades remanescentes ou susceptíveis de desenvolvimento e o emprego dos dispositivos mais adequados a cada situação particular.

Quanto à capacidade de manipular os dispositivos pode-se considerar dois grupos de utilizadores: os que possuem a capacidade de utilizar dispositivos convencionais HDI (rato, joystick e gamepad) e os que precisam de dispositivos especiais alternativos aos dispositivos de apontamento comuns. É neste último grupo que se inserem a maioria das pessoas com necessidades especiais onde é comum encontrar as seguintes características nos indivíduos: total ou quase total incapacidade manipular dispositivos HDI comuns, podem apresentar um comportamento espástico de movimentos com pouca ou nenhuma precisão; toda e qualquer interacção com o computador tem que ser feita por meio de dispositivos concebidos para a assistência tecnológica à deficiência, manifestam grande dependência psicomotora e necessitam de ajuda do terapeuta.

A grande variedade de dispositivos alternativos utilizados tem origem no facto das aplicações serem orientados para os utilizadores que usam o mesmo tipo de dispositivos, ou dispositivos que embora sejam diferentes operam de forma similar. Isto reduz a quantidade de testes mas reduz as pessoas que possam estar aptas a usar uma dada aplicação. Além disso, os testes com utilizadores com necessidades especiais são difíceis de replicar pelas suas variações de humor e pela sua pouca disponibilidade.

### 4. TRABALHO RELACIONADO

Embora se sigam padrões de desenvolvimento de sistemas interactivos, é necessário testar os sistemas para assegurar que eles possuem o comportamento esperado e conhecer as necessidades dos utilizadores [Dix04]. Neste contexto inserem-se os testes de usabilidade preditiva recorrendo a modelos, como o modelo GOMS, CCT e KLM.

O modelo GOMS (goals, operators, methods and selection) [Card83] prediz o desempenho do utilizador para uma interface particular e pode ser usado para filtrar opções de design. Este modelo consiste na definição de objectivos (goals), operadores (operators), métodos (methods) e de selecção (selection). Os objectivos referem-se aos do utilizador, descrevendo o que o utilizador quer alcançar. Representam o ponto de memória para o utilizador, no qual ele pode avaliar o que deve ser feito e o que fazer no caso da ocorrência de erros. Os operadores são o nível mais baixo de análise, a tarefa mais baixa que o utilizador pode efectuar. Podem mudar o sistema ou apenas mudar o estado mental do utilizador. Os métodos representam a forma de atingir os objectivos. A selecção depende do utilizador, do estado do sistema e de detalhes dos objectivos. Este modelo apresenta uma estrutura hierárquica de objectivos. O modelo pode ser usado para medir a performance do utilizador em tempo de execução.

O modelo CCT (Cognitive Complexity Theory) [Kieras85], enriquece o modelo GOMS no que diz respeito à predição. O modelo apresenta duas descrições paralelas: uma no sentido dos objectivos do utilizador e outra do sistema de computador, o chamado dispositivo. A descrição dos objectivos dos utilizadores é baseada na arquitectura, mas é expressa primeiro por *production rules*, i.e., uma sequência de acções do tipo “if condição then acção” onde as condições são declarações de conteúdos da memória de trabalho. Se a condição for verdadeira, então desencadeia-se a acção.

A principal vantagem do modelo CCT é estar apto a medir a complexidade da interface. Considera-se que quanto mais *production rules*, mais difícil é de aprender a interface. O modelo CCT permite representar tarefas mais complexas do que o modelo GOMS.

O modelo KLM (keystroke-level model) [Card80] permite prever em que altura o utilizador vai efectuar uma tarefa física de baixo nível, assim como prever o momento em que o utilizador executa uma tarefa física de baixo nível. Neste modelo, as tarefas são divididas em duas fases: a aquisição em que o utilizador constrói uma representação do modelo mental da tarefa e a execução da tarefa usando as facilidades do sistema. O KLM apenas dá a predição para o último estágio de actividade. O modelo assume que o utilizador efectua a decisão da tarefa durante a fase de aquisição, ou seja, não há actividade mental de alto nível. Considera, por isso, que o utilizador é perito, apresenta uma estrutura hierárquica de objectivos e pode ser usado para medir o desempenho do utilizador em tempo de execução. O modelo KLM não se estende a tarefas complexas, está relacionado com o modelo GOMS, podendo pensar-se nele como um modelo GOMS de muito baixo nível.

Os modelos referidos são considerados na bibliografia apenas para utilizadores que interagem com o computador de forma considerada comum e nenhum deles se refere a utilizadores com necessidades especiais.

Não existe uma solução de modelo de usabilidade preditiva que suporte utilizadores com deficiência, o que fundamenta o estudo a que nos propusemos [Artífice08].

## 5. MODELO- $\lambda$

Para melhorar o desenvolvimento de interfaces para utilizadores com necessidades especiais durante o processo de desenvolvimento sem a presença dos utilizadores, pretendemos simular o comportamento de utilizadores com necessidades especiais considerando um caso de estudo: os testes de usabilidade de um jogo 3D. Os outputs do sistema de simulação pretendidos são a acção a efectuar pelo utilizador e o instante no tempo em que ocorre.

Os dados importantes para a resolução do problema (o dispositivo utilizado, a acção escolhida pelo jogador e os instantes de tempo em que a acção se iniciou e terminou) foram recolhidos do registo de vídeo dos testes de usabilidade.

De seguida analisámos estes dados através da experiência de interacção, elaborámos histogramas e diagramas temporais para cada caso da experiência. Foi posteriormente efectuada a análise estatística do problema, chegando-se a uma expressão da distribuição para modelar os dados, que descreve a interacção.

Com uma descrição do sistema real e a análise estatística do problema, elaborámos o modelo conceptual do sistema, definindo uma arquitectura apropriada. Posteriormente o modelo foi implementado numa linguagem de programação adequada e validado.

### 5.1 Descrição do Modelo

O modelo é um modelo simbólico, por ser descrito através de relações matemáticas e lógicas. Em relação à variável tempo, é um modelo dinâmico porque o estado do sistema real e do modelo podem modificar-se ao longo do tempo, pelo que a variável tempo é explicitamente integrada no modelo. No que se refere à natureza das grandezas representadas, trata-se de um modelo estocástico porque existe pelo menos uma variável no modelo de natureza aleatória, descrita por uma função de probabilidade.

As entidades relevantes no sistema são: Utilizador, Evento, Jogo, Dispositivo e Mensagem. Consideram-se permanentes as seguintes entidades: Utilizador, Dispositivo, Jogo, e temporárias as entidades Evento e Mensagem. Quanto ao Processamento são consideradas activas o Utilizador e o Jogo, e passivas o Evento, o Dispositivo e a Mensagem. As classes foram vistas de acordo com o princípio da modelação orientada por objectos, podendo possuir dados e comportamento. As actividades têm um tempo de início e de fim. Cada estado do sistema pretende descrever todas as suas entidades, atributos e actividades tal como se encontram num dado instante do tempo. Dos diferentes métodos de perspectiva de modelação em simulação discreta, a perspectiva do acontecimento foi o método de modelação escolhido por apresentar vantagem quanto à eficiência em termos de ocupação de memória e em tempo de execução. Quanto à flexibilidade esta perspectiva é também a mais vantajosa. Considera-se que o

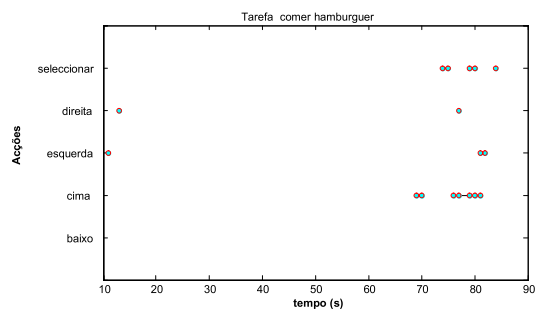
estado do sistema se altera quando ocorrem eventos que o podem alterar como início de jogo, gerar evento com dispositivo para concretizar objectivo e fim de jogo.

As acções disponíveis em situações de jogo são: mover para cima, mover para baixo, mover para a esquerda e mover para a direita e executar a acção de selecção.

A implementação da Perspectiva do Acontecimento conduz normalmente à implementação e manutenção de uma lista ordenada – calendário, onde se colocam os acontecimentos futuros cuja ocorrência já foi prevista. No calendário deve ser registado o instante em que o acontecimento vai ocorrer e qual a sua natureza. Quanto ao relógio de simulação, depois de ser determinado qual o evento que ocorre a seguir, pode avançar até ao instante de ocorrência e tipo desse acontecimento.

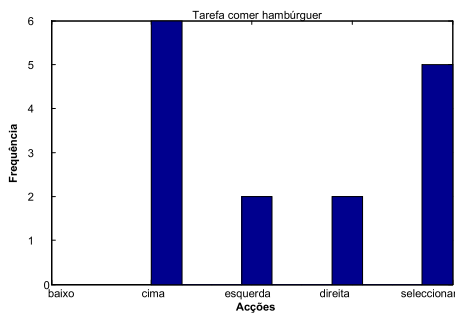
### 5.2 Análise dos dados

Foram recolhidas as seguintes variáveis: dispositivo, que inclui o teclado, o joystick, o rato e o switch; o operador que indica a intenção de locomoção do utilizador no jogo que se reflecte na acção seleccionada com o dispositivo, podendo ser: para cima, para baixo, para a esquerda e para a direita; e a acção de selecção que permite concretamente abrir uma porta ou concretizar a tarefa no jogo. As variáveis tempo inicial e tempo final permitem determinar o tempo de duração para cada uma das funcionalidades do dispositivo quando activada, medidas em segundos. A tarefa solicitada no jogo é outra variável registada, sendo possível “vestir o fato”, “comer hambúrguer”, “lavar dentes”, “ouvir música”, “andar de carrossel”, “lavar as mãos”, “comer fruta”, “lavar louça”, “ver TV” e “lavar a cabeça”.



**Figura 3: Diagrama Temporal de um caso de teste do utilizador u1 para a Tarefa “comer hambúrguer” usando o dispositivo teclado.**

Para cada situação de teste, foram elaborados o gráfico temporal e o histograma [Artífice08]. Aqui analisamos um dos exemplos de estudo, usando o teclado como dispositivo. Nesta situação foi solicitada a tarefa “comer hambúrguer” ao utilizador u1. Por observação do diagrama temporal (figura 3) verificamos que a primeira tecla a ser pressionada foi a tecla para a esquerda que foi imediatamente largada. Posteriormente foi pressionada a tecla direita, tendo sido largada imediatamente.



**Figura 4: Histograma de um caso de teste do utilizador u1 para a Tarefa “comer hambúrguer” usando o dispositivo teclado.**

Ao realizar a tarefa “comer hambúrguer”, a tecla mais premida foi a relativa ao movimento para a direita no jogo, seguida da tecla para cima que permite avançar em frente e a tecla seleccionar com igual frequência. A tecla de movimento para a esquerda foi premida apenas duas vezes, enquanto a tecla que permite a locomoção para trás não foi premida, como se pode observar no histograma da figura 4.

Após a recolha e análise dos dados foi necessário encontrar uma representação matemática modelando o sistema através das variáveis que dispomos.

O conhecimento das leis a que estão sujeitos os acontecimentos aleatórios permite prever como esses acontecimentos vão ocorrer.

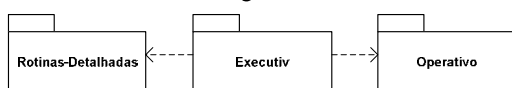
Embora não seja frequente, o tipo de distribuição escolhida para modelar os acontecimentos baseou-se apenas nas características do processo a modelar, tendo resultado na escolha do Processo de Poisson [Montgomery99] para esse efeito [Artífice08].

Através do histograma e por aplicação das leis que definem a distribuição de Poisson, obtém-se o seguinte resultado, para o caso que temos vindo a apresentar:

| $\lambda_{baixo}$ | $\lambda_{cima}$ | $\lambda_{esquerda}$ | $\lambda_{direita}$ | $\lambda_{seleccionar}$ |
|-------------------|------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| 0                 | 6                | 2                    | 2                   | 5                       |

**Tabela 1 – Parâmetros  $\lambda$**

Os valores indicam a frequência com que ocorreram os acontecimentos durante o intervalo de tempo em que a experiência ocorreu. Os parâmetros estatísticos obtidos serão usados para gerar a interacção de utilizadores da mesma categoria, ou seja, com características semelhantes usando a distribuição de Poisson. Neste exemplo, o valor absoluto da diferença dos dados simulados com estes parâmetros e os dados da interacção real de outro utilizador encontra-se na figura 7.



**Figura 5: Diagrama de pacotes.**

### 5.3 Modelo Conceptual

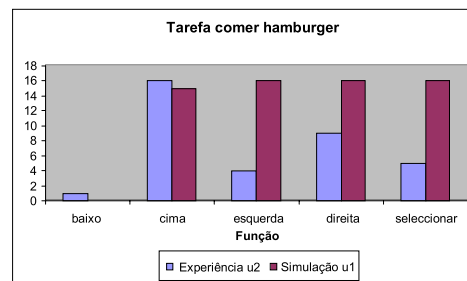
O software foi desenvolvido em três níveis de hierarquia [Fishman73]: o executivo ou de programa de controlo, o operativo e o nível de rotinas detalhadas (figura 5).

O nível executivo gere o calendário de acontecimentos futuros, os mecanismos de avanço de relógio e a sequenciação das operações. Ao nível operativo são descritas todas as funcionalidades consideradas relevantes, bem como as suas interdependências e actividades. Como exemplo de operação temos o da inicialização do modelo, instanciando as entidades e a definição e descrição de todos os tipos de actividades que ocorrem no modelo. No nível de rotinas detalhadas as tarefas consideradas são a inicialização de variáveis e actualização e geração de sequências aleatórias.

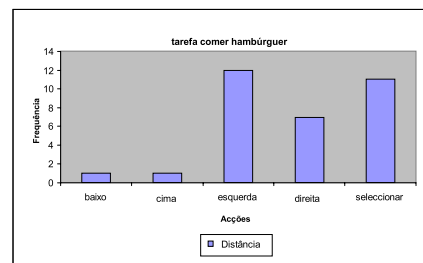
### 5.4 Avaliação

O modelo de avaliação que permita prever o comportamento de utilizadores com necessidades especiais em ambientes 3D, objectivo deste estudo, apresenta excelentes resultados estatísticos.

Comparámos o comportamento do simulador com o de utilizadores reais da mesma categoria de deficiência, nas mesmas condições de teste. Para isso retivemos 3 indivíduos e um total de 9 tarefas. Neste contexto, para o exemplo anterior, comparámos o comportamento do simulador usando os parâmetros recolhidos do utilizador u1 (tabela 1), com o comportamento do utilizador u2 da mesma categoria. Elaborámos novo histograma para melhor visualizar a informação do comportamento simulado vs comportamento do novo utilizador u2 (figura 6).



**Figura 6: Histograma de utilizadores da mesma categoria: experiência de u2 vs simulação de u1.**



**Figura 7: Histograma do valor absoluto das diferenças entre os valores reais e os simulados, para a tarefa “comer hambúrguer” e dispositivo teclado.**

Para melhor observarmos a diferença elaborámos um histograma da diferença dos anteriores que apresentamos

na figura 7. Esta diferença tende a desaparecer à medida que o utilizador se familiariza com o dispositivo.

Os resultados são bastante promissores, como pode ser observado através do histograma da figura 7, que apresenta o módulo da diferença entre os resultados simulados pelo Modelo- $\lambda$  e os resultados registados na experiência de testes de usabilidade.

Apesar do número de participantes na experiência ser considerável, dada a grande dificuldade em encontrar indivíduos com necessidades especiais disponíveis para testes e o reduzido número de indivíduos com necessidades especiais em proporção com a população em geral. A amostra apresenta uma grande variabilidade por se ter restringido aos indivíduos que utilizam o jogo “Casa Virtual”, ou seja, aos pacientes a que o centro de dia presta apoio, uma vez que um dos objectivos é o de tornar o jogo acessível a todos os elementos do centro, incluindo aqueles que apresentassem mais dificuldades físicas. Estes factores influenciaram a investigação por não permitirem obter grupos com um número razoável de participantes após se terem isolado as variáveis dependentes que nos propusemos estudar e que constituem elementos do perfil do utilizador.

A diversidade de dispositivos, a diversidade de tarefas, assim como a variabilidade de deficiência dos indivíduos no caso de estudo dificultou o estabelecimento de correlações face às variáveis dependentes.

Apesar das dificuldades relativas à amostra disponível, o simulador apresenta muito bons resultados, como se verifica no caso apresentado.

## 6. CONCLUSÃO

Neste estudo apresentamos um modelo de predição comportamental de utilizadores com necessidades especiais em jogos 3D [Artífice08], com o objectivo de melhorar o desenvolvimento e concepção de interfaces. O esforço nesta área de investigação é justificado quer pelo tempo e custos inerentes aos próprios testes, quer ao acréscimo das problemáticas dos utilizadores com deficiência em ambiente de teste, como é o caso da falta de motivação para a sua realização, assim como os benefícios provenientes do uso de modelos preditivos que permitem avaliar produtos sem envolver utilizadores e são menos dispendiosos.

Da análise do caso de estudo apresentado, concluímos que a partir dos dados recolhidos que dizem respeito à movimentação do jogador no mundo virtual, foi possível determinar as variáveis dependentes, a que chamamos parâmetros- $\lambda$ , para cada tipo de interacção. Efectuando simulações, com base nesses parâmetros, replicámos um comportamento idêntico, em frequência de acções (movimentos no mundo virtual), o qual comparámos com a interacção de outro utilizador, na mesma tarefa e da mesma categoria de deficiência que o utilizador original, por análise de diferença euclidiana.

Mostra-se que é possível um excelente ajuste estatístico entre os dados reais recolhidos durante a experiência e os

dados simulados em termos de frequência de acontecimentos.

Por se terem obtidos pequenos grupos de indivíduos ao isolarmos as variáveis: tarefa, dispositivo e grau de deficiência, propomo-nos investigar grupos de utilizadores com características de deficiência mais homogéneas. Pretendemos estender o estudo a diferentes aplicações que abordem a questão dos mapas mentais em utilizadores com necessidades especiais e a diferentes dispositivos, se forem adequados aos utilizadores.

Propomos em trabalho futuro, fazer uma comparação de resultados do modelo- $\lambda$  estudado com o modelo KLM, com foco no módulo de *Detailed-Routines* do modelo- $\lambda$ .

No modelo apresentado pretendemo-nos focar também no módulo operativo do Modelo- $\lambda$  e utilizar técnicas como o modelo CTT (Concurrent Tasks Trees) [Paterno97], que nos permite estudar também as questões relacionadas com o erro nestes utilizadores.

## 7. AGRADECIMENTOS

Agradece-se aos terapeutas e aos pacientes envolvidos neste projecto.

## 8. REFERÊNCIAS

- [Abreu06] Abreu, Nelson. Modelação de Utilizadores Portadores de Deficiência Profunda, Tese de Mestrado, IST/UTL, 2006.
- [Artífice08] Artífice, Andreia Valada. Interacção Integrada de Dispositivos Múltiplos Adaptados a Portadores de Deficiência, Tese de Mestrado, IST/ UTL, 2008.
- [Bonnie] John, Bonnie E. CoogTool, in <http://cogtool.hcii.cs.cmu.edu/>
- [Card80] Card, Stuart K., Moran, Thomas P., Newell, Allen. The keystroke-level model for user performance with interactive systems. Communications of the ACM, 1980.
- [Card83] Card, Stuart K., Moran, Thomas P., Newell, Allen. The Psychology of Human-Computer Interaction. London, 1983.
- [Cook02] Cook, Albert M., Hussey, Susan. Assistive Technologies, 2002.
- [Dix04] Dix, Alan, Finlay, Janet, Abowd, Gregory D., Beale Russel. Human-Computer Interaction, Harlow, England, 2004.
- [Fishman73] G. Fischman. Concepts and Methods in Discrete Event Digital Simulation, John Wiley, New York, 1973.
- [Kieras85] D. E. Kieras, P. G. Polson. An approach to the formal analysis of user complexity. International Journal of Man-Machine Studies, 1985.
- [Montgomery99] Montgomery, Douglas C., Runger, George C. Applied Statistics and Probability for Engineers. New York, 1999.
- [Paterno97] Paterno, F., Mancini C., Meniconi, S. Interact 1997. ConcurTaskTrees: A Diagrammatic Notation for Specifying Task Models, 1997.