

# Um Estudo sobre Adaptatividade Dinâmica de Dificuldade para Jogos

Bruno Baère Pederassi Lomba de Araujo  
baere@icad.puc-rio.br  
Orientador: Bruno Feijó

ICAD/Visionlab - PUC-Rio

6 de Setembro de 2012

- 1 Introdução
- 2 Conceitos
- 3 Adaptatividade
- 4 Modelagem de jogador
- 5 Metodologia
- 6 Resultados
- 7 Conclusão e trabalhos futuros

- 1 Introdução
- 2 Conceitos
- 3 Adaptatividade
- 4 Modelagem de jogador
- 5 Metodologia
- 6 Resultados
- 7 Conclusão e trabalhos futuros

Resumo desta pesquisa:

- Estudo de ajuste dinâmico de dificuldade e modelagem de jogador.
- Levantamento de jogos com adaptatividade.
- Implementação de sistema adaptativo.
- Testes com jogadores (população: 35).
- Análise da influência da adaptabilidade na experiência de jogo sob a ótica da teoria de fluxo (Csikszentmihalyi, 1990) e CEGE (Calvillo-Gómez et al., 2010).

## Por que o ser humano joga?

- O jogo é um elemento cultural humano e antecede a própria cultura (Huizinga, 2010).
- Jogos são exercícios para o cérebro e a diversão surge do domínio da dificuldade (Koster, 2004).

## Como podemos manter o interesse do jogador em jogar?

- Teoria de fluxo
- Adaptatividade dinâmica de dificuldade
- Modelagem de jogador.

- 1 Introdução
- 2 Conceitos**
- 3 Adaptatividade
- 4 Modelagem de jogador
- 5 Metodologia
- 6 Resultados
- 7 Conclusão e trabalhos futuros

## Jogo - Definição de Juul (2003)

- Sistema formal baseado em regras
- Resultado variável e quantificável
- Jogador exerce esforço
- Jogador se sente ligado emocionalmente ao resultado
- Consequências opcionais e negociáveis

## Jogo - Definições adicionais

- **Diversão:** compreensão e domínio dos desafios (como padrões) (Koster, 2004)
- **Tédio:** necessidade de absorver novos padrões (Koster, 2004)
- **Jogabilidade:** decorrente do lidar com o jogo, uso dos mecanismos do jogo (Salen e Zimmerman, 2003; Xavier, 2010)
- **Anti-budismo:** “Morra e se lembre” (Poole, 2007; Xavier, 2010)

- Interage com o jogo
- Busca diversão
- Casual X Dedicado
- Diferenciação etária (Schell, 2011, pp. 99–102), (Novak, 2011)
- Psicotipos (Myers-Briggs, Bartle (1996), LeBlanc etc.)

(Csikszentmihalyi, 1990)

“...sensação de foco completo e energizado em uma atividade, com alto nível de prazer e satisfação.” (Schell, 2011).

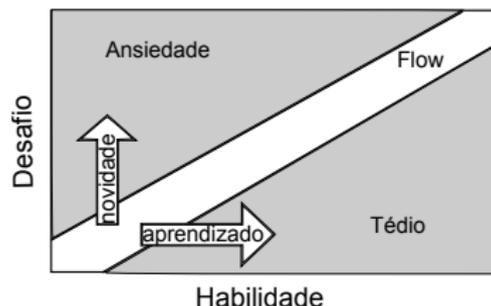


Figura: Canal de fluxo. Adaptado de (Cowley et al., 2008).

## Elementos de fluxo

- Objetivos claros
- Sem distrações
- *Feedback* direto
- Desafio contínuo

## Indivíduo

- Personalidade autotélica
- Habilidades compatíveis

- 1 Introdução
- 2 Conceitos
- 3 Adaptatividade**
- 4 Modelagem de jogador
- 5 Metodologia
- 6 Resultados
- 7 Conclusão e trabalhos futuros



Figura: Tabuleiro de Go. Fonte: Wikipedia, licenciado sob Creative Commons.



Figura: Zaxxon. Fonte: (Compile, 1986).

- Para que serve?
- Adaptatividade X Adaptabilidade
- Online X Offline
- Jogos quanto à adaptatividade:
  - Adaptativos
  - Não-adaptativos
  - Parcialmente adaptativos

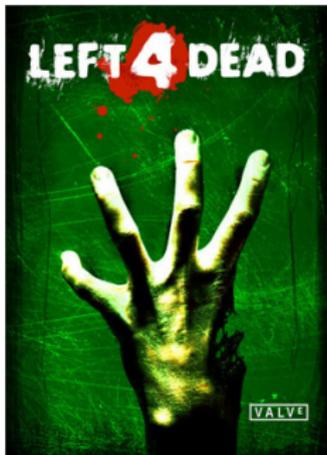
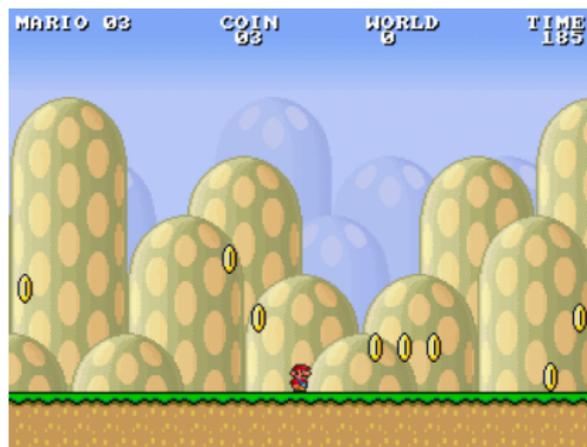


Figura: Left4Dead. Fonte: (Valve Corporation, 2008).



Figura: GundeaddliGne. Fonte: (Android, 2010)



(a) Stage 1



(b) Stage 99

Figura: Infinite Adaptive Mario (Weber, 2010).

# Framework de adaptatividade

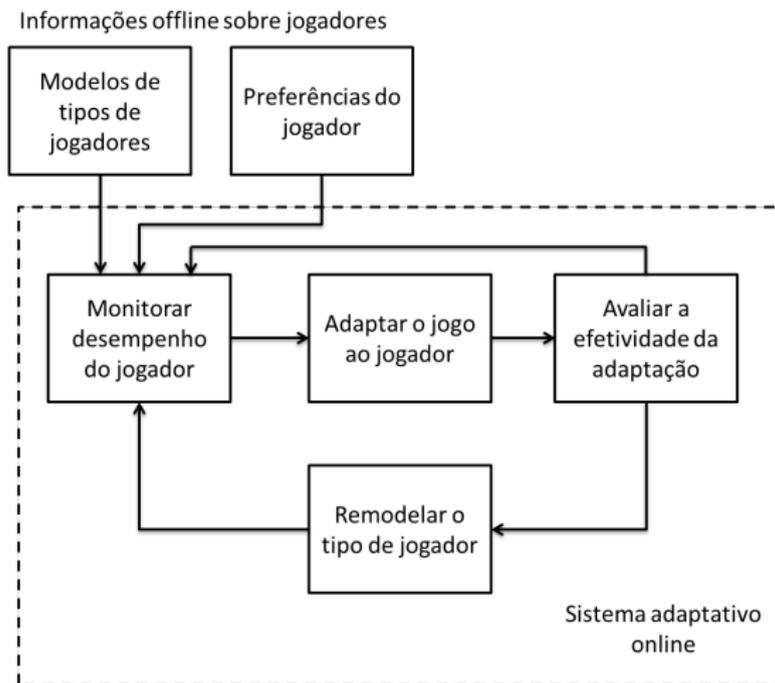


Figura: Framework de Charles e Black. Traduzido de (Charles e Black, 2004).

- Aprendizado de máquina
  - Redes neurais (Yannakakis, 2008).
  - Algoritmos genéticos (Demasi e Cruz, 2003).
- *Scripting* dinâmico (Spronck et al., 2006).

- Abuso pelo jogador
  - Mario Kart 64 (Nintendo EAD, 1996).
- Especificidade da implementação
- Troca de jogadores
- Quebra da imersão
  - The Elder Scrolls IV: Oblivion (Studios, 2006).

- 1 Introdução
- 2 Conceitos
- 3 Adaptatividade
- 4 Modelagem de jogador**
- 5 Metodologia
- 6 Resultados
- 7 Conclusão e trabalhos futuros

## Usos:

- Adaptatividade
- Apoio ao *game design*
- Modelagem de oponentes

## Como fazer?

- Seleção de atributos “Mais arte que ciência” (Houlette, 2004).
- Classificação por redes neurais (Yannakakis e Maragoudakis, 2005)
- Máquinas de estado

- 1 Introdução
- 2 Conceitos
- 3 Adaptatividade
- 4 Modelagem de jogador
- 5 Metodologia**
- 6 Resultados
- 7 Conclusão e trabalhos futuros

## Jogo desenvolvido



Figura: Adaptive Shooter

## Características do jogo

- *Shoot'em up*
- Número finito de vidas
- *Easy, Medium, Hard*
- Variáveis dos inimigos controladas pela dificuldade:

$$V = \{speed, shotDelay, halfRange\} \quad (1)$$

- *Scripting* em Lua
- *Waves*

---

**Algorithm 1** Algoritmo de jogo adaptativo

---

```
1:  $\alpha \leftarrow \text{learningRate}$ 
2:  $\text{tipo}_0 \leftarrow$  tipo inicial informado pelo jogador
3:  $c_i \leftarrow \frac{(c_{i,\min}^{\text{tipo}_0} + c_{i,\max}^{\text{tipo}_0})}{2}$  {i.e., a média do desempenho padrão do  $\text{tipo}_0$  para a
   característica  $c_i$ .}
4:  $V \leftarrow$  conjunto inicial de valores de variáveis de comportamento
5: for all waves do
6:    $c_{i,\text{obs}}$  é o valor observado da característica  $i$ 
7:    $c_i \leftarrow c_i + \alpha \times (c_{i,\text{obs}} + c_i)$  {i.e., atualiza cada característica pela regra
   de LMS.}
8:    $\text{desempenho} \leftarrow \sum_{i=1}^n c_i$ 
9:   if  $\text{desempenho} \in [MIN^{\text{tipo}}, MAX^{\text{tipo}}]$  then
10:      $\text{novoModelo} \leftarrow \text{tipo}$ 
11:   else if  $\text{modeloCorrente} \neq \text{novoModelo}$  then
12:     Remodela jogador:
13:      $V \leftarrow \text{ajusta}(\text{modeloCorrente})$ 
14:   else
15:     Mantém modelo atual
16:   end if
17:   Armazena estatística da wave
18: end for
```

---

# Sistema adaptativo implementado

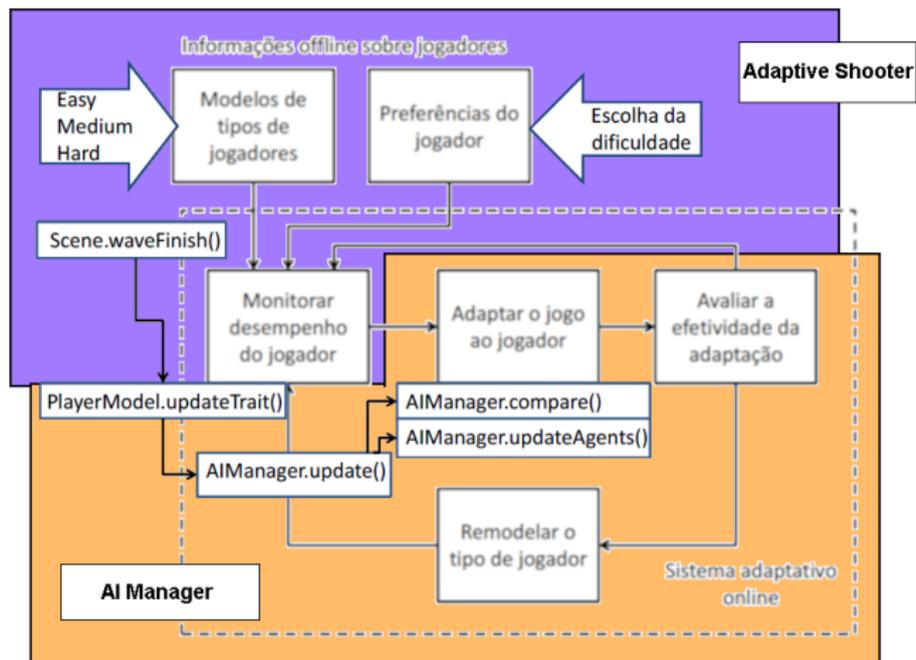


Figura: Sobreposição ao modelo de Charles et al. (2005)

# Sistema adaptativo implementado

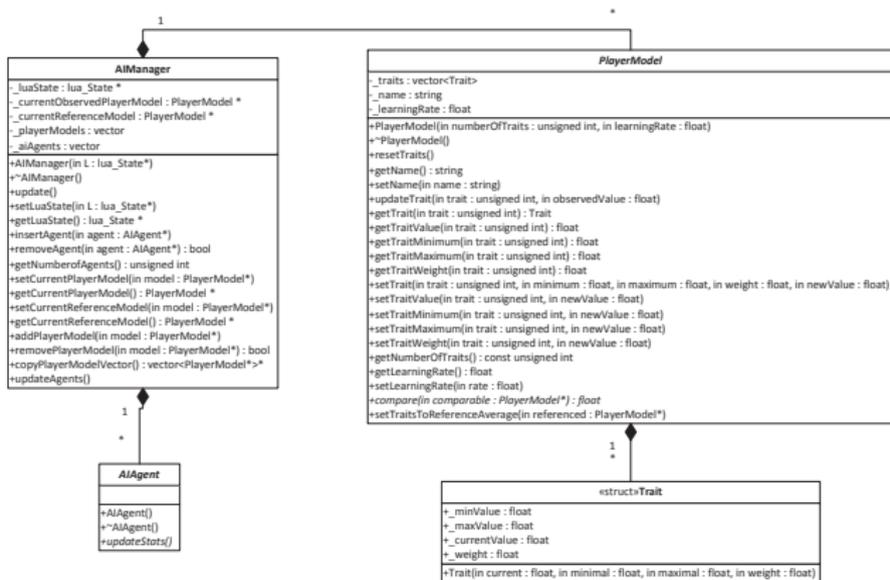


Figura: Diagrama UML do AIManager

## Modelagem das características

- Implementação baseada em (Houlette, 2004).

$$\forall x \in X / x \in \mathbb{R}, 0 \leq x \leq 1$$

Onde:

$X$  = Conjunto de características do modelo de jogador.

- Atualizadas por LMS (Widrow e Hoff, 1988).

$$traitValue = \alpha \cdot observedValue + (1 - \alpha) \cdot traitValue \quad (2)$$

Onde:

$\alpha$  = Constante de taxa de aprendizado.

- Características observadas
  - Acurácia
  - Variação de vidas
  - Inimigos abatidos por wave
  - Inimigos abatidos totais

# Modelagem de jogador como dificuldade

Tabela: Modelos de jogador implementados

	Easy		Medium		Hard	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Taxa de acertos	0.0	0.3	0.3	0.6	0.6	1.0
Variação de vida	0.6	1.0	0.3	0.6	0.0	0.3
Inimigos por wave	0.0	0.3	0.3	0.6	0.6	1.0
Inimigos total	0.0	0.3	0.3	0.6	0.6	1.0
Totais	0.6	1.9	1.2	2.4	1.8	3.3

# Testes com jogadores

## Questionário pré-teste

Classificação do jogador.

## Teste com o jogo

- Ambas as versões
- Terminar ou morrer
- *Log* de desempenho

## Questionários pós-teste

Avaliação da experiência de jogo pelo modelo CEGE.

## Entrevista

- Percepção da adaptatividade
- Demais dados qualitativos

## Core Elements of Game Experience - CEGE

- Formulado por Calvillo-Gómez et al. (2010).
- Questionário com 38 itens

**Tabela:** Relação das perguntas do questionário com os fatores da experiência de jogo, adaptada de Calvillo-Gómez et al. (2010, p. 65)

Itens	Fator
1, 4, 5	Diversão
2, 3	Frustração
6-38	Elementos Centrais da Experiência de Jogo
6-25, 38	Titerismo
26-37	Videogame
6-12, 25, 28	Controle
13-18	Facilitadores
19-25	Posse
26-31	Ambiente
32-37	Game-play

# Demonstração - Informações de *debug*



- 1 Introdução
- 2 Conceitos
- 3 Adaptatividade
- 4 Modelagem de jogador
- 5 Metodologia
- 6 Resultados**
- 7 Conclusão e trabalhos futuros

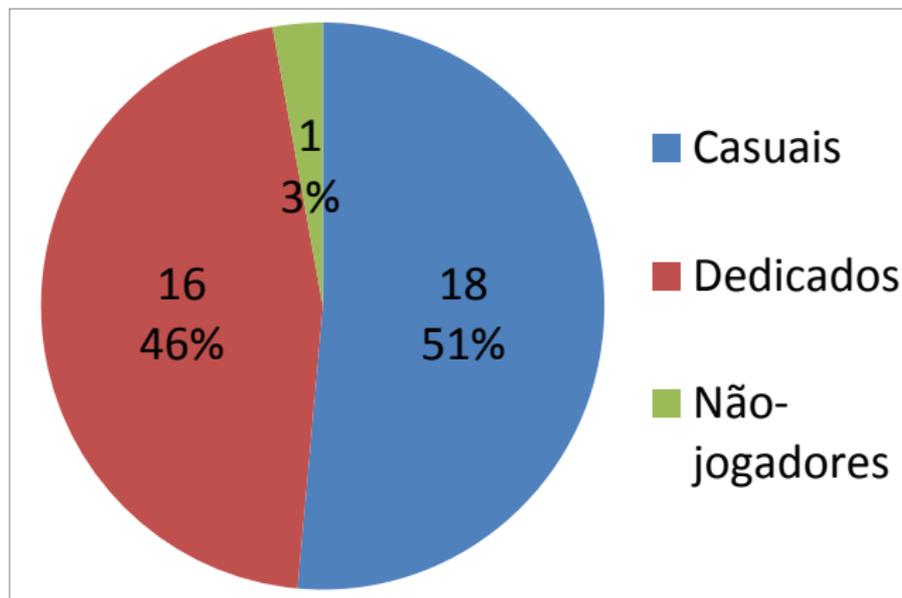


Figura: Jogadores por classe

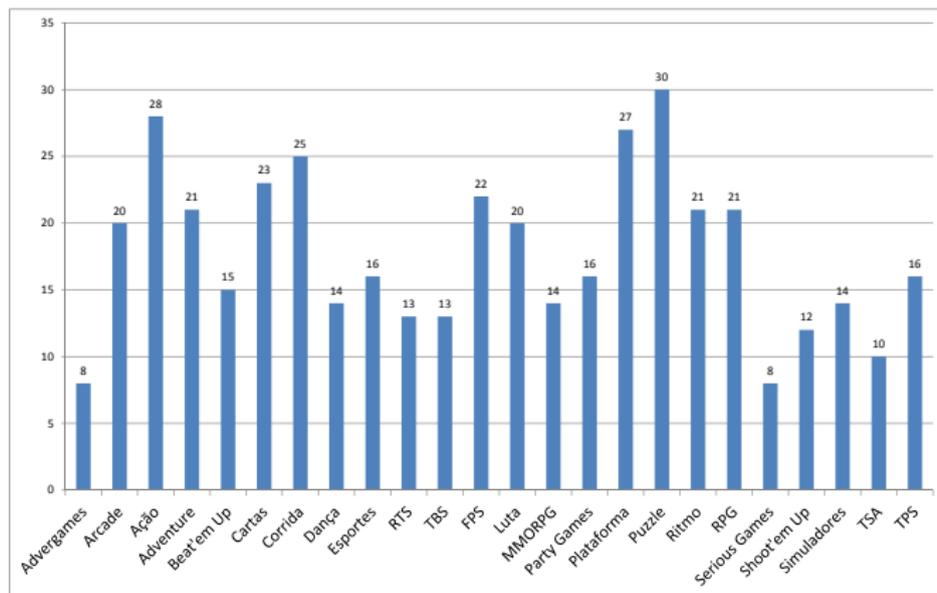


Figura: Gêneros conhecidos

**Tabela:** Resumo dos participantes - Idade, Horas e Gêneros conhecidos

	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
Idade	27,1429	6,1186	49	19
Idade - Casuais	27,6667	6,1453	42	19
Idade - Dedicados	25,1875	2,8802	31	20
Gêneros conhecidos	12,2000	7,1746	24	0
Horas/semana	6,6988	7,3476	30	0
Horas/semana - Casuais	2,0978	2,2240	10	0
Horas/semana - Dedicados	11,8750	7,9236	30	2

**Tabela:** Comparativo do questionário de elementos centrais da experiência de jogo (CEGE) em relação aos jogadores dedicados

Comparativo das Escalas de CEGE para jogadores dedicados						
		Versão 1		Versão 2		
Fatores		Soma	Média	Soma	Média	Diferença %
Escala 1	Diversão	281	5,8542	285	5,9375	-1,40%
	Frustração	74	2,3125	85	2,6563	-12,94%
	ECEJ	2925	5,5398	2880	5,4545	1,56%
	Titerismo	1775	5,2827	1756	5,2262	1,08%
	Videogame	1150	5,9896	1124	5,8542	2,31%
Escala 2	Controle	866	6,0139	859	5,9653	0,81%
	Facilitadores	478	4,9792	477	4,9688	0,21%
	Posse	529	4,7232	511	4,5625	3,52%
	Ambiente	592	6,1667	566	5,8958	4,59%
	Game-play	558	5,8125	558	5,8125	0,00%

**Tabela:** Comparativo do questionário de elementos centrais da experiência de jogo (CEGE) em relação aos jogadores casuais

Comparativo das escalas de CEGE para jogadores casuais						
		Versão 1		Versão 2		
Fatores		Soma	Média	Soma	Média	Diferença %
Escala 1	Diversão	311	5,759259	336	6,222222	-7,44%
	Frustração	73	2,027778	68	1,888889	7,35%
	ECEJ	3145	5,294613	3157	5,314815	-0,38%
	Titerismo	1869	4,944444	1870	4,94709	-0,05%
	Videogame	1276	5,907407	1287	5,958333	-0,85%
Escala 2	Controle	923	5,697531	910	5,617284	1,43%
	Facilitadores	483	4,472222	489	4,527778	-1,23%
	Posse	550	4,365079	546	4,333333	0,73%
	Ambiente	637	5,898148	650	6,018519	-2,00%
	Game-play	639	5,916667	637	5,898148	0,31%

ID	Dificuldade					Terminou		Wave atingida	
	Inicial	Final	Máxima	Minima					
	Versão 1	Versão 2	Versão 1	Versão 1	Versão 1	Versão 2	Versão 1	Versão 2	
P	Easy	Easy	Medium	Medium	Easy	x	x	8	8
1	Easy	Easy	Easy	Medium	Easy	x	x	8	8
2	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium			3	4
3	Medium	Easy	Easy	Medium	Easy			4	4
4	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			6	4
5	Medium	Medium	Easy	Medium	Easy	x	x	8	8
6	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			3	4
7	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			5	3
8	Medium	Hard	Medium	Medium	Easy	x		8	3
9	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium			4	1
10	Easy	Easy	Medium	Medium	Easy			4	4
11	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			1	1
12	Easy	Easy	Easy	Medium	Easy	x		8	4
13	Medium	Medium	Easy	Medium	Easy	x		8	6
14	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			1	4
15	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	x		8	6
16	Medium	Medium	Medium	Medium	Easy			3	6
17	Easy	Easy	Medium	Medium	Easy			5	7
18	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	x	x	8	8
19	Hard	Hard	Medium	Hard	Medium			6	4
20	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			6	5
21	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			6	5
22	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			5	4
23	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			5	3
24	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			3	5
25	Easy	Easy	Easy	Medium	Easy			4	4
26	Medium	Medium	Easy	Medium	Easy	x	x	8	8
27	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	x	x	8	8
28	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	x	x	8	8
29	Hard	Hard	Medium	Hard	Medium			8	5
30	Easy	Easy	Medium	Medium	Easy	x	x	8	8
31	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			7	4
32	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			3	3
33	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy			4	4
34	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium			3	7
Total:						12	8		

Figura: Resultado dos testes

- 1 Introdução
- 2 Conceitos
- 3 Adaptatividade
- 4 Modelagem de jogador
- 5 Metodologia
- 6 Resultados
- 7 Conclusão e trabalhos futuros**

## Testes com jogadores

- Detectaram diferença real na dificuldade: 3 (8%) (P, 12, 29) (2 H, 1 C)
- Detectaram diferença na dificuldade, embora não proceda: 6 (2, 13, 15, 18, 26, 33)
- Jogadores dedicados: menos frustração com versão adaptativa.
  - Personalidade autotélica, teoria de fluxo (Csikszentmihalyi, 1990; Cowley et al., 2008).
- Jogadores casuais: mais frustração.
  - Escolha do gênero *shoot'em up*.

## Contribuições

- Implementação do *framework* de Charles e Black (2004).
- Implementação eficiente de jogo com dificuldade adaptativa.
- Avaliação de adaptatividade dinâmica com jogadores casuais e dedicados.
- Definição: jogos parcialmente adaptativos.

- Refinar *gameplay* e *level design*.
- Permitir maior familiarização com o jogo antes dos testes.
- Discretizar melhor os níveis de dificuldade.
- Usar outras técnicas (e.g. redes neurais, *scripting* dinâmico (Spronck et al., 2006)).
- Testes com outros gêneros de jogos.
- Uso de modelagem de jogador e adaptatividade na geração procedimental de conteúdo (e.g. *quests*, *plots*, desafios).

# Um Estudo sobre Adaptatividade Dinâmica de Dificuldade para Jogos

Bruno Baère Pederassi Lomba de Araujo  
baere@icad.puc-rio.br  
Orientador: Bruno Feijó

ICAD/Visionlab - PUC-Rio

6 de Setembro de 2012