

### 3

## Adaptatividade em jogos

Adaptatividade em jogos não é um tema recente: Missura e Gärtner citam a utilização de adaptatividade em jogos de tabuleiro como as vantagens oferecidas ao outro jogador em Go e no esporte golf (Missura11); No campo dos jogos eletrônicos, o Departamento de Registro de Patentes dos Estados Unidos possui o registro de uma patente (Morrison81) para um jogo adaptativo controlado por um microcontrolador, de modo que o jogo consiga detectar o nível de habilidade dos participantes para ajustar a dificuldade de acordo com o maior nível detectado. O jogo Zanic (Compile86a) para NES é reconhecido (Thomas07) como um dos primeiros jogos de *videogame* a ter um sistema de dificuldade adaptativa implementado, o “Automatic Level of Difficulty Control” (Compile86b, p. 4), que modificava a dificuldade do jogo de acordo com o desempenho do jogador.

Sistemas adaptativos têm sido usados para dar ao jogador uma experiência de jogo personalizada, ajustando o jogo direcionado por objetivos que podem ser identificados, mensurados e influenciados (Lopes11), geralmente definidos por um fator dinâmico, como por exemplo a perícia do jogador, que evolui conforme ele joga ou o número de jogadores em uma equipe. O sistema adaptativo realiza o ajuste baseado nestes objetivos, seja adaptando a dificuldade ou outros fatores como NPCs<sup>1</sup>, disposição de itens para se adequarem aos recursos do jogador (Booth09, Hunicke05), etc. Com isso, os sistemas adaptativos procuram alcançar o equilíbrio do jogo para cada jogador. Por essa razão, alguns autores usam o termo balanceamento ou equilíbrio de jogo, como por exemplo Andrade et al. (Andrade06). Schell identifica doze diferentes tipos de equilíbrios em jogos (Schell11, pp. 171–205).

Equilíbrio em um jogo é definido por Novak (Novak11, p. 202) como um estado em que os jogadores percebem que o jogo é consistente, justo e divertido. É dividido em equilíbrio estático, relativo às regras do jogo (mecânicas e suas dinâmicas) e equilíbrio dinâmico, relativo à interação do jogador com o jogo. Para um jogo estar equilibrado, Novak determina que a jogabilidade deve

<sup>1</sup>*Non player characters*: Personagens não jogadores, elementos do jogo, geralmente adversários ou personagens de apoio controlados por inteligência artificial.

fornecer:

1. Desafios compatíveis com a habilidade do jogador.
2. Uma experiência de jogo justa, não sendo o jogador condenado desde o princípio por causa de seus “erros”.
3. Ausência de estagnação, o jogador não pode ficar sem rumo.
4. Ausência de decisões banais, de forma que o jogador deva ser responsável apenas por decisões importantes.
5. Níveis de dificuldade, podendo o jogador escolher ou a dificuldade se ajustar à habilidade do jogador durante o jogo.

Cabe notar que os itens 1, 3 e 5 encontram-se de acordo com o que se espera de uma experiência que possa proporcionar fluxo ao jogador, conforme observamos na seção 2.3.

Para Andrade et al. (Andrade06), a adaptatividade dinâmica em jogos deve satisfazer três requisitos: identificar e se adaptar ao nível do jogador o mais rápido possível; perceber e registrar as mudanças de desempenho do jogador; na adaptação, o comportamento do jogo deve se manter verossímil e discreto, de forma que o jogador não perceba o sistema.

Segundo Lopes e Bidarra (Lopes11), a adaptatividade pode ser realizada de duas formas: *offline*, que é o ajuste usando dados do jogador realizado antes da jogabilidade ativa, geralmente durante a inicialização ou durante o carregamento; *online*, realizada no jogo em tempo real, conforme o jogo ocorre.

Porém, há ainda alguns desafios a serem resolvidos, como apontado por Lopes e Bidarra (Lopes11). Por exemplo, para adaptar o jogo conforme a motivação do jogador em jogar, é necessário: determinar a expectativa do jogador; quantificá-la de forma que possa ser medida, comparada e adaptada; e realizar o processamento dos sinais para que os ajustes corretos sejam realizados no jogo. Os dois primeiros itens são problemas de modelagem de jogador, que abordamos no capítulo 4, e o terceiro item é um problema de adaptação. Outro desafio levantado por Lopes e Bidarra é em dar suporte aos mecanismos de adaptatividade de modo que sejam reutilizáveis independentemente do domínio<sup>2</sup> do jogo.

Neste trabalho, as seguintes considerações são feitas em relação à adaptatividade em jogos. Consideramos como jogos:

<sup>2</sup>Por domínio do jogo, entendemos que Lopes e Bidarra (Lopes11) se referiam aos diferentes estilos e gêneros de jogos, como indicado na Tabela 2.2 e as especificidades relativas a cada um.

**Adaptativos:** aqueles que oferecem um mecanismo de ajuste do jogo ao jogador aumentando e diminuindo a dificuldade automaticamente de forma a facilitar ou dificultar o progresso do jogador conforme seu desempenho.

**Parcialmente adaptativos:** aqueles que oferecem: ou uma forma automática de detecção de que o jogador está com habilidade acima da dificuldade atual, mas não realiza a mudança automaticamente; ou um escalamento da dificuldade em apenas uma direção, seja apenas aumentando ou apenas diminuindo a dificuldade até atingir um patamar compatível com o jogador.

**Não-adaptativos:** aqueles que não oferecem um mecanismo adaptativo de dificuldade.

Cabe ainda explicitar que a variação de dificuldade proporcionada pelos jogos adaptativos e parcialmente adaptativos está relacionada com a evolução do jogador (em termos de habilidades e conhecimento para vencer os desafios propostos pelo jogo) e/ou de seu avatar (relacionado ao nível de poder do avatar, em termos de mecânicas de jogo, de vencer os desafios). É esperado que os jogos forneçam naturalmente por *design* um aumento de dificuldade gradual com a evolução do jogo, não configurando esta como uma característica adaptativa. Por exemplo, é esperado que os níveis mais avançados de Super Mario Bros. sejam mais difíceis que os níveis iniciais, refletindo o aprendizado ao longo do jogo projetado pelo designer, mas não é esperado que os desafios se ajustem ao estilo de jogo do jogador e ao seu aprendizado específico. Essas diferenças são melhor explicitadas na seção 3.1.

### 3.1

#### Adaptatividade vs. Adaptabilidade

Por adaptatividade, queremos dizer a capacidade do sistema se adaptar ao usuário, ao contrário de adaptabilidade, que se refere à capacidade do sistema ser modificado por um usuário ao seu desejo (Gilleade04). Jogos que permitem a seleção de parâmetros (e.g. quantidade de vidas inicial, dificuldade, fogo-amigo habilitado) são considerados jogos adaptáveis<sup>3</sup> e geralmente apresentam uma evolução fixa e progressiva no desenrolar do jogo em relação aos desafios enfrentados pelo jogador, visto como um usuário ideal, com aprendizado linearmente crescente em relação ao jogo. Jogos adaptativos são aqueles

<sup>3</sup>Houlette classifica tais jogos como manualmente adaptativos (Houlette04, p. 557). Não usamos essa nomenclatura pelas razões apresentadas anteriormente nesta mesma seção.

que apresentem uma mudança dinâmica em sua jogabilidade, seja esta mudança aplicada na inteligência dos NPCs ou nos desafios gerados, refletindo a interação do jogador com o jogo e oferecendo uma experiência única a cada jogador.

Gilleade et al. (Gilleade04) criticam essa pressuposição de uma evolução fixa de dificuldade dentro dos parâmetros estabelecidos no início dos jogo adaptáveis, atentando ao fato de que os jogadores podem não se enquadrar no ideal projetado pelo game designer para aquela experiência. Como apontado por Koster (Koster04, p. 38-42), o jogador precisa encontrar desafio e reconhecer e dominar padrões no jogo para se divertir, e um jogo que não acompanhe o aprendizado do jogador pode se tornar frustrante.

## 3.2

### Exemplos comerciais de jogos adaptativos

#### 3.2.1

##### Left 4 Dead

O exemplo mais recente de jogo adaptativo é a série Left 4 Dead da Valve (Valve08, Valve09), com seu sistema de inteligência artificial AIDirector (Booth09). Segundo a taxonomia de Gularte (Tabela 2.2), Left 4 Dead é classificado como um jogo de tiro de ação *multi player* (se o número de quatro jogadores não for satisfeito, os restantes são controlados por uma inteligência artificial). Os jogadores selecionam a dificuldade da fase antes de começar a jogar e o sistema AIDirector realiza a distribuição de inimigos (e.g. hordas de zumbis, zumbis especiais como Tank, Smoker, etc.) e de itens, como escopetas e *medkits*, de acordo com o estado dos personagens em cada zona da fase, usando a dificuldade selecionada previamente como direcionador. Booth (Booth09) esclarece que o jogo é visto como um desafio de habilidade, ao contrário de um exercício de memorização, usando a geração procedural parcialmente aleatória para prover uma imprevisibilidade estruturada que promove a rejogabilidade e a experiência projetada pelo designer.

#### 3.2.2

##### Mario Kart 64

Outro exemplo de adaptatividade é o jogo Mario Kart 64 da Nintendo (Nintendo96), classificado segundo a taxonomia de Gularte como um jogo de corrida de ação e *single* ou *multi player*. Para permitir que jogadores de maior e menor habilidade pudessem encontrar desafios adequados, a inteligência

artificial do jogo utiliza uma técnica que é conhecida como “rubber banding”<sup>4</sup> (Charles04, Charles05, Hunicke05), que ajusta a velocidade dos NPCs e probabilidade dos itens para ajudar ou atrapalhar o jogador de acordo com sua posição na corrida. Entretanto, essa técnica pode ser abusada pelo jogador, mantendo-se em uma posição menor ou jogando deliberadamente de forma inferior à sua capacidade para se aproveitar do ajuste. Esse é um dos problemas da adaptatividade dinâmica que tratamos na seção 3.7.

### 3.2.3

#### Max Payne

Em Max Payne (Gathering01), classificado como um jogo de ação de tiro *single player* na taxonomia de Gularte, Lopes e Bidarra (Lopes11) apontam um mecanismo adaptativo que é usado para manipular a dificuldade alterando o auxílio à mira do jogador e mesmo a quantidade e disposição dos NPCs. Entretanto, segundo a definição de Koster para a diversão em jogo (Koster04, p. 40) que enunciamos no capítulo 2, seção 2.1, a diversão com o jogo pode ser prejudicada ao alterar a quantidade e disposição dos elementos que exigem domínio e compreensão ao se ajustar dinamicamente a dificuldade. Por exemplo, morrendo<sup>5</sup> diversas vezes ao tentar invadir uma sala com muitos inimigos em determinada posição, o jogador se sentirá enganado ao perceber o inimigo que se escondia atrás da porta não está nem mesmo em outro lugar da sala quando recarregar o *savepoint*<sup>5</sup>, pois seu conhecimento espacial adquirido com a experiência enfrentará uma situação que não era esperada, contrariando a característica do anti-budismo dos jogos.

### 3.2.4

#### GundeadliGne

GundeadliGne (RockinAndroid10) é um jogo de tiro de aventura *multi player* pela taxonomia de Gularte, pertencente ao subgênero *bullet hell*, onde há diversos padrões de tiros que preenchem a tela e inimigos que o jogador deve evitar que atinjam um ponto pequeno centrado em seu avatar, da largura de alguns pixels.

<sup>4</sup>Elástico, em uma tradução livre. A analogia deve-se ao fato do ajuste ser feito para equilibrar jogadores que se afastem muito, tanto para as primeiras quanto últimas posições, tentando arrastá-los para o “meio”.

<sup>5</sup>*Savepoint* é um ponto do jogo onde o progresso do jogador é salvo para que possa retornar caso seu personagem morra ou precise abandonar o jogo. Não são todos os jogos que oferecem essa possibilidade, sendo pertencente geralmente aos jogos de ação e habilidade (luta, tiro, plataforma) e em alguns jogos específicos (artilharia, filmes interativos) – segundo a classificação de Gularte apresentada na Tabela 2.2 – embora possa-se perceber que há uma tendência nos atuais jogos de incluí-la.

Além de poder escolher a dificuldade inicial, o jogo apresenta um sistema adaptativo que controla a densidade de tiros na tela e sua velocidade chamado de *phase*. A variação do *phase* vai de 1 a 21 e é limitada pelo nível de dificuldade escolhido, aumentando conforme o jogador elimina inimigos e mantém o botão de tiro rápido pressionado e diminuindo conforme o jogador perde vidas, usa bombas ou captura determinados itens.

Jogos do estilo *bullet hell* são reconhecidos como muito difíceis, exigindo dedicação para serem dominados. O uso de um sistema de dificuldade adaptativa permite que jogadores de menor habilidade ou que não estejam acostumados com o estilo possam jogá-lo sem entretanto enfrentar uma dificuldade proibitiva, além de permitir um aumento no desafio para jogadores acostumados com o estilo.

### 3.2.5 Retro/Grade

Retro/Grade é um jogo da 24 Caret Games a ser lançado na PSN<sup>6</sup> na data da escrita deste trabalho. Seus autores incluíram um sistema de adaptatividade dinâmica de dificuldade através de uma seleção de quais *powerups* serão oferecidos ao jogador dependendo de seu desempenho na fase<sup>7</sup>.

## 3.3 Exemplos acadêmicos de jogos adaptativos

### 3.3.1 Infinite Adaptive Mario

O jogo Infinite Adaptive Mario foi criado por Weber (Weber10a) a partir de uma modificação do Infinite Mario Bros de Persson (Persson08)<sup>8</sup>, utiliza o criador de mundos procedimental para gerar os desafios (i.e., posicionamento de inimigos e geografia da fase) baseado no nível de dificuldade atual do jogador, em uma escala de 1 a 100. O ajuste é realizado baseado em quão bem o jogador conseguiu avançar naquele mundo, indo gradativamente para dificuldades maiores e reduzindo a dificuldade consideravelmente quando há

<sup>6</sup><http://blog.us.playstation.com/2012/07/27/retrograde-blasts-off-on-psn-august-21st>

<sup>7</sup><http://www.indiepubgames.com/news/designing-difficulty-in-retro-grade-indie-game>

<sup>8</sup>Infinite Mario Bros foi criado por Markus Persson para uma competição de jogos em Java baseados em Super Mario Bros, de Shigeru Miyamoto (Nintendo85), sendo classificado segundo a taxonomia de Gularte como um jogo de aventura de plataforma *single player*. Por gerar a fase de maneira procedimental, o jogo é utilizado em competições de inteligência artificial, onde os participantes devem criar um *bot* que consiga navegar pela fase gerada por mais tempo antes de morrer.

mortes seguidas. Uma versão anterior do jogo recebeu o primeiro lugar da competição de jogos da IEEE CIG 2010 na trilha de geração de fases (Weber10b, Weber10c).

Embora o jogo consiga realizar a adaptatividade da dificuldade, oferecendo ao jogador níveis mais difíceis ou mais fáceis dependendo de seu desempenho, basear a dificuldade do mundo na disposição dos elementos de *level design* prejudica a imersão do jogador por se tratar de mudanças mais facilmente perceptíveis, isto é, o jogador tem a noção de que o jogo o está ajudando quando tem um mau desempenho modificando a fase, enquanto o bom desempenho (sucesso em chegar ao objetivo) o recompensa com uma nova fase com um nível de dificuldade maior proporcional ao tempo que levou para alcançar o final da fase.

### 3.3.2

#### Hamlet

Hamlet (Hunicke04b, Hunicke05) é uma modificação do jogo Half-Life da Valve (Valve98), um jogo de tiro de ação *single player*. A adaptatividade envolve verificar a condição do mundo de jogo (i.e., a disposição de elementos como itens e inimigos) em relação ao desempenho do jogador, ajustando o mundo de jogo sob uma política com base econômica (i.e, baseada no consumo e demanda de recursos) norteada pelo *framework* de *game design* MDA (Hunicke04a), que correlaciona as mecânicas de jogo, seu comportamento emergente na forma de dinâmicas e a experiência estética projetada.

Conforme o jogador avança no jogo vencendo os desafios, as recompensas tornam-se mais variadas, escarças e valiosas, fazendo com que o jogador tenha que se empenhar mais em obtê-las com a variação da dificuldade. O paralelo com o *framework* MDA se dá no suporte à estética dos jogos de tiro em primeira pessoa (geralmente classificados como jogos de tiro de ação na taxonomia de Gularte), através das dinâmicas da variação das recompensas, como munição e itens de recuperação de saúde do avatar, e da variação dos desafios enfrentados, que fazem parte das mecânicas do jogo.

Uma implementação similar pode ser conferida em Half-Life 2 (Valve04), onde os itens de recuperação de saúde encontrados em caixas após um segmento de conflito durante o jogo variam de acordo com a saúde do avatar no momento.

### 3.3.3

#### Adaptive Pong

Ibáñez e Delgado-Mata (Ibáñez11) desenvolveram um jogo similar a Pong (Atari72) usando ajuste dinâmico de dificuldade para manter o interesse de

ambos os jogadores, facilitando o jogo para o jogador com baixo desempenho, para quem o jogo está difícil, e dificultando para o de melhor desempenho, para quem o jogo está fácil, variando parâmetros como comprimento e velocidade da raquete de cada jogador e velocidade da bola dependendo do jogador que a acerta. O objetivo dessa alteração nas mecânicas de jogo é promover a interação social entre os jogadores apesar da diferença de nível de habilidade entre eles.

Em seu trabalho, Ibáñez e Delgado-Mata identificaram que o mecanismo de adaptatividade dinâmica favoreceu o interesse no jogo ao evitar o tédio causado em um jogador de maior perícia e ao evitar a frustração em um jogador com menor perícia quando estes se confrontam, visto que para um o desafio é menor que sua habilidade e para o outro o desafio está além. Esses resultados estão de acordo com a teoria de fluxo, mostrando que é possível usar dificuldade dinâmica adaptativa para manter o interesse de jogadores em jogos *multi player*.

### 3.4

#### Jogos parcialmente adaptativos

Nesta seção discutimos brevemente duas séries de jogos que implementam parcialmente um mecanismo adaptativo. Por jogos parcialmente adaptativos, queremos dizer aqueles em que ou a dificuldade não é ajustada dinamicamente, apenas verificando que o jogador poderia estar em outro nível de dificuldade, ou a dificuldade é ajustada em apenas uma direção, geralmente aumentando, mas não diminuindo a partir do ponto de referência (dificuldade inicial), chamado por Novak e Dunningway de escalamento ou rampa de dificuldade (Dunningway08, p. 223-228). Consideramos tais implementações como parcialmente adaptativas por não oferecerem ambas as possibilidades de aumento e/ou redução de dificuldade dinamicamente sem interferência do jogador.

#### 3.4.1

##### Série Mega Man Zero

A série Mega Man Zero (IntiCreates02, IntiCreates03, IntiCreates04, IntiCreates05) pode ser classificada como jogos de aventura de plataforma *single player* na taxonomia de Gularte. Na série, dependendo da forma como as fases são completadas pelo jogador, uma pontuação é atribuída, classificando em um *ranking* de F (pior desempenho) a S (melhor desempenho). Essa pontuação influencia na forma como o chefe de cada fase lutará, podendo usar técnicas especiais que podem ser obtidas pelo jogador, embora não haja uma redução na dificuldade caso o *rank* do jogador na fase seja muito baixo.



### 3.4.2

#### **The Elder Scrolls IV: Oblivion**

O jogo Oblivion (Bethesda06), classificado como um jogo de RPG de aventura *single player*, apresenta um mecanismo parcialmente adaptativo ao escalar a dificuldade do jogo de acordo com o nível<sup>9</sup> do personagem do jogador. Novak e Dunniway (Dunniway08, p. 226) acreditam que a utilização dessa dificuldade escalada com o nível do personagem se deva à dificuldade e aos custos de criação de conteúdo para jogos, valendo-se desse mecanismo para criar variedade nos desafios.

Porém, desse modo, um jogador que desvie da missão principal logo em seu início para evoluir seu personagem realizando missões alternativas<sup>10</sup>, encontrará desafios que não condizem com o momento do desenvolvimento da história do jogo. Como o sistema é baseado apenas no nível do personagem, cuja evolução em níveis depende do uso de habilidades, sem considerar o equipamento do mesmo, os desafios gerados podem se tornar impossíveis de serem vencidos sem que o jogador interrompa a missão para procurar um equipamento adequado.

Outro problema derivado deste uso de adaptatividade é a modificação da fauna do jogo para se adequar ao personagem, podendo tornar raros encontros com NPCs de nível menor que são necessários em determinadas missões, além da quebra de verossimilhança do mundo de jogo quando qualquer bandido de estrada encontrado possui equipamento similar ao do jogador.

### 3.4.3

#### **God of War e FIFA 12**

Embora não apresente diretamente um sistema de dificuldade adaptativa, a série God of War (Sony05) verifica a frequência de mortes do jogador e oferece para diminuir a dificuldade do jogo (Figura 3.1), que pode ser reajustada a qualquer momento. O jogo FIFA 12 (EAMobile11) oferece ao jogador a possibilidade de modificar o nível de dificuldade ao analisar a quantidade de gols marcados ou sofridos (Figura 3.2).

Enquanto a possibilidade de reajustar a dificuldade pode ser desejável para alguns jogadores, para outros a mensagem para diminuir a dificuldade, embora com a intenção de ajudar, pode ser interpretada como ofensiva, como se o jogo duvidasse da capacidade do jogador de superar aquele desafio. Um

<sup>9</sup>Em jogos de RPG, uma possível forma de medir o poder do personagem é através do nível. O conceito é amplamente utilizado em outros jogos que absorveram características dos jogos de RPG e deriva dos jogos de RPG de mesa, como Dungeons & Dragons (Gygax74).

<sup>10</sup>Optamos por “missões alternativas” como tradução para *side quests*, embora “missões paralelas” também possa ser utilizado.

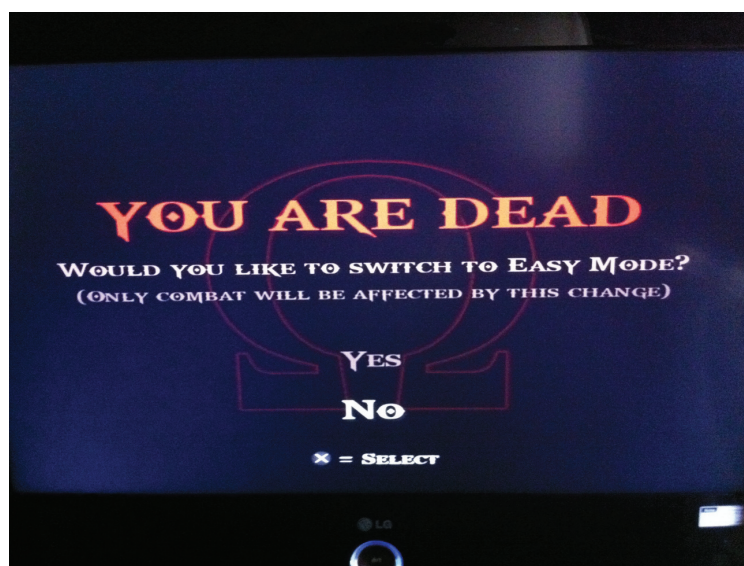


Figura 3.1: Tela de ajuste de dificuldade de God of War. Fonte: própria.

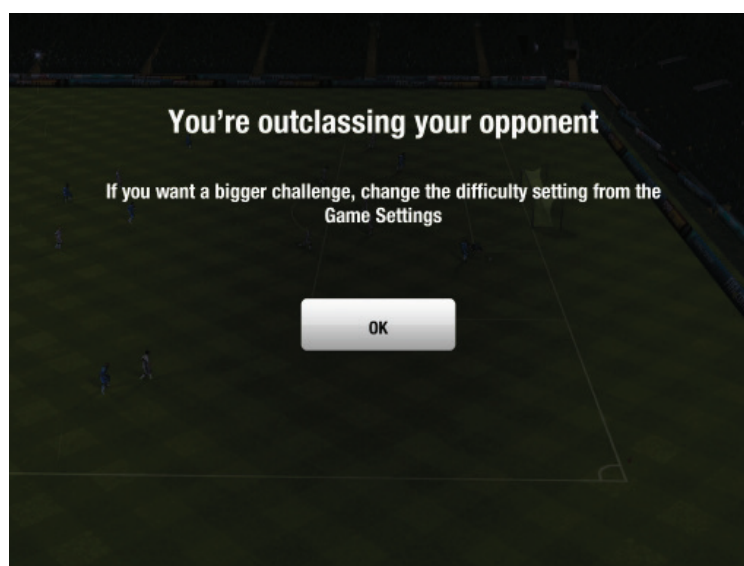


Figura 3.2: Tela de notificação de dificuldade do FIFA 12. Fonte: própria.

ajuste pequeno e imperceptível na dificuldade sem a necessidade de aumentar a quebra de imersão causada pela mensagem na tela (afinal, ao oferecer para diminuir a dificuldade, estamos lembrando ao jogador de que aquilo é “apenas um jogo”) poderia trazer um resultado melhor, com uma possibilidade maior de que o jogador acreditasse que foi somente por seu mérito e dedicação que o desafio foi vencido.

### 3.5 Framework proposto por Charles e Black

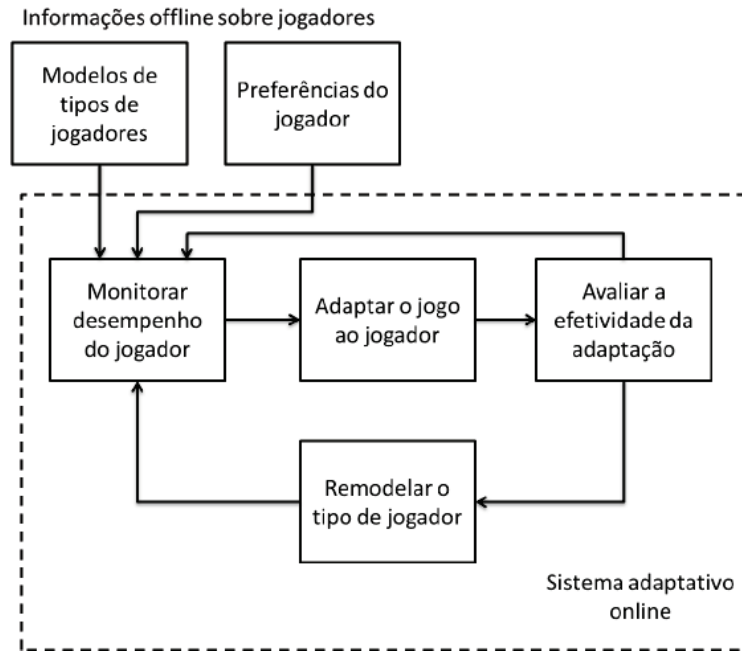


Figura 3.3: *Framework* adaptativo de Charles e Black (Charles04).

A Figura 3.3 mostra a proposta de *framework* de Charles e Black (Charles04) e Charles et al. (Charles05) para um sistema de dificuldade adaptativa. Sua principal contribuição foi a formalização da necessidade de uma modelagem de jogador acoplada ao desempenho adaptativo do jogo, dessa forma permitindo que a efetividade da adaptação dos agentes inteligentes seja medida através da evolução do modelo do jogador, correlacionando com o nível de frustração do mesmo. Se não há detecção de avanço do desempenho do jogador ou diminuição de sua frustração, o jogador pode ter sido incorretamente classificado ou a modelagem que correspondia inicialmente ao jogador já não é mais válida. Modelagem de jogador, suas classificações e métodos são melhor analisados no capítulo 4.

O *framework* de Charles e Black é composto de quatro aspectos principais: modelagem de jogador, ambiente de jogo adaptativo em resposta às necessidades do jogador, monitoramento da efetividade ou compatibilidade de qualquer adaptação e remodelagem ou classificação dinâmica de jogador. O *framework* recebe como entrada inicial uma modelagem de jogador que pode ter sido feita através de processos computacionais, como o uso de redes neurais, ou através de definições de *design* do jogo e um conjunto de preferências

do jogador, como por exemplo o tipo de jogo preferido, dificuldade inicial e demais parâmetros que possam classificá-lo dentro de uma modelagem.

### 3.6

#### Métodos adaptativos

Nesta seção, apresentamos uma pesquisa de métodos e modelos de adaptatividade, divididos conforme a técnica principal do método: ajuste de parâmetros, métodos comportamentais (e.g. scripting dinâmico) e técnicas de aprendizado de máquina (e.g. redes neurais e algoritmos genéticos). Cabe ressaltar que a maioria dos métodos adaptativos depende de alguma forma de modelagem do jogador para direcionar a adaptatividade.

#### 3.6.1

##### Ajuste de parâmetros

Ibáñez e Delgado-Mata (Ibáñez11) realizam uma avaliação do desempenho do jogador através de uma função de avaliação que considera a pontuação de um jogador sobre o outro e o tempo entre cada ponto e realizam alterações necessárias nas características da raquete de cada jogador, como tamanho, deslocamento e velocidade de rebote. Essa função é chamada de função heurística por alguns autores (Andrade06) por dependerem de heurísticas específicas de cada jogo.

Na modificação de Half-Life, Hamlet (Hunicke04b, Hunicke05), Hunicke e Chapman avaliam o desempenho do jogador, sua probabilidade de morrer e o consumo de itens de seu inventário para aplicar políticas de ajuste

#### 3.6.2

##### Aprendizado de máquina

Algoritmos evolutivos podem ser usados para adaptar as táticas dos NPCs ao jogador, como nos trabalhos de Demasi e Cruz, Johnson e Noon (Demasi03a, Demasi03b, Johnson04, Noon09). A seleção do *pool* genético para a próxima geração é feita selecionando os candidatos que melhor se aproximaram do nível do jogador. Noon usou controladores neuroevolutivos para gerar oponentes baseados em uma modelagem de jogador.

Andrade et al. (Andrade06) usam uma técnica de aprendizado reforçado. Os agentes inteligentes são condicionados a aprenderem o máximo possível mas são limitados a realizarem ações dentro de um conjunto equiparável mas não muito superior ao do jogador. Essa abordagem é similar ao método de Spronck et al. (Spronck06).

Moffett (Moffett10) aplicou uma rede neural para adaptar o jogo segundo seu modelo causal de diversão que é baseado em trabalhos como o MDA de Hunicke (Hunicke04a). O modelo apresenta três camadas, uma genérica, uma voltada a determinados gêneros de jogos e outra específica do jogo onde é utilizado, para poder avaliar a diversão do jogador e realizar os ajustes.

### 3.6.3

#### Métodos comportamentais

Spronck et al. usaram aprendizado de máquina através da técnica de *scripting* dinâmico (Spronck06). Essa técnica de gera *scripts* (conjuntos de regras comportamentais) dinamicamente para novos oponentes, usando uma base de regras geradas manualmente com um fator de probabilidade de serem inseridas no script modificado por um peso que é ajustado de acordo com o a taxa sucesso de seu uso, procurando manter um jogo desafiador. Machado et al. (Machado11b) apresentam um exemplo de uma arquitetura de aprendizado usando um classificador M5P. Ambos os trabalhos usam *top culling*, onde regras que tenham um peso maior que um limite máximo ajustado dinamicamente (i.e., que tiveram um desempenho muito acima do jogador) são descartadas para evitar a criação de oponentes com dificuldade muito acima do nível do jogador percebido pelo algoritmo, buscando assim usar regras que se aproximem do nível do jogador.

Outros trabalhos em adaptatividade e ajuste dinâmico incluem: Yannakakis e Hallam (Yannakakis08a) que usam redes neurais para modelar as preferências e comportamentos do jogador e modelos de entretenimento baseados nos fatores de Malone para *gameplay* (Malone84), utilizando os dados de entrada da interface física para realizar o ajuste dos parâmetros do jogo; Missura e Gärtner (Missura11) formalizam o ajuste dinâmico como um problema de predição em conjuntos parcialmente ordenados.

### 3.7

#### Problemas da adaptatividade

Uma das dificuldades em se usar adaptatividade em jogos, citada por Gilleade et al. (Gilleade04) é a necessidade de se considerar a motivação dos jogadores (por quê eles querem jogar), sua a experiência e as habilidades (quão bem conseguem jogar) e quando há a necessidade de mudança no *gameplay* através da adaptatividade (e.g., um jogador que deseja desafio pode se sentir frustrado ao ter a dificuldade reduzida). Esses questionamentos também são identificados em (Cowley08), embora direcionados à compreensão da experiência de jogo. Para Gilleade et al., uma possível solução seria detectar

a frustração dos jogadores, medida através do progresso no jogo e de eventos de entrada de dados e biométricos, como a pressão ao apertar botões no controle, a entrada de sequência de teclas que não fazem sentido, a força com que segura o controle e como o manipula.

Outro problema conhecido da adaptatividade dinâmica é a possibilidade de abuso do jogador do sistema em seu favor (Schell11, p. 205). Como citamos anteriormente na seção 3.2.2, a técnica de “rubber banding” implementada em Mario Kart 64 pode ser abusada pelo jogador para conseguir uma vantagem competitiva ao reduzir a velocidade dos competidores controlados pela inteligência artificial. Esse tipo de abuso pode ocorrer quando o jogador percebe o uso do sistema adaptativo e prejudica a imersão no jogo ao ter a noção de que os adversários estão dando uma vantagem. Esse problema também é apontado por Schwab (Schwab04, p. 153) no jogo Zanac para NES de 1986, de forma que é necessário filtrar comportamentos maliciosos ou estranhos do jogador para que sistema adaptativo não seja sabotado.

Embora não possa necessariamente ser considerado um abuso do mecanismo adaptativo, Charles e Black (Charles04) apontam o problema causado pela troca de jogadores durante o jogo, quando um passa a vez ao outro sem trocar o perfil de jogador ativo (caso algum tipo de perfil de jogador seja usado). Dessa forma, não há como obter um modelo de jogador e uma adaptação corretos.

Como citamos anteriormente na seção 3.4, o jogo Oblivion apresenta um mecanismo de dificuldade adaptativa que acaba gerando desafios que escalam baseados apenas no nível do personagem, causando a percepção de que o mundo evoluiu junto. Além dos citados anteriormente, alguns dos problemas decorrentes disso são: a quebra da verossimilhança (e.g., o sumiço de parte da fauna, trocados por animais e monstros de nível mais alto); a falta das sensações de poder e domínio sobre o desafio, necessárias para que a experiência de fluxo seja alcançada como visto na seção 2.3.1. Schell (Schell11, p. 205) também aponta este problema no tocante à quebra da imersão, quando o jogador percebe que as habilidades de seus inimigos não são absolutas, mas relativas ao seu desempenho, quebrando a ilusão do desafio fixo.

Por fim, um outro problema no uso de dificuldade dinâmica é que alguns jogadores podem se sentir insultados ou decepcionados quando percebem que o sistema está procurando facilitar seu avanço no jogo (Schell11, p. 205).

### 3.8

#### Adaptatividade dinâmica ativa de dificuldade

Para Chen (Chen06), apenas a automatização do ajuste dinâmico de dificuldade não é capaz de levar os jogadores a experimentarem fluxo, podendo ser inclusive prejudicial ao desenvolvimento da experiência por sua não-trivialidade de implementação e por tomar o controle de decisões que caberiam ao *game designer*. Chen sugere que os sistemas adaptativos normalmente implementados são passivos, reagem ao desempenho do jogador e não consideram sua particularidade de canal de fluxo. Um dos pontos citados por Chen é que um jogador pode experimentar fluxo ao levar seu avatar a atitudes suicidas, enquanto para o sistema de dificuldade adaptativa a contagem de mortes do avatar seria um indicador de baixo desempenho.

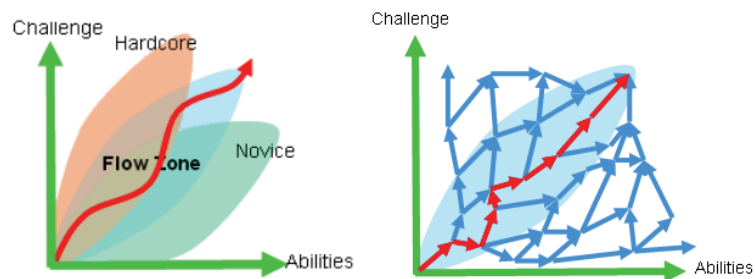


Figura 3.4: Comparação entre DDA e Active DDA, adaptado de (Chen06).

Chen propõe um sistema ativo de dificuldade dinâmica adaptativa, visando o fluxo, onde as decisões de adaptatividade são implementadas pelo *game designer* como escolhas de *gameplay*, delegando ao jogador a decisão de quando e como manipular a dificuldade. A implementação de referência desse sistema é demonstrada no jogo *fOw*<sup>11</sup> (thatgamecompany06) (Figura 3.5), onde o jogador toma a decisão de quando avançar ou retroceder na dificuldade, indo para o próximo nível ou retrocedendo um nível. A Figura 3.4 compara o diagrama de fluxo usual com o diagrama de fluxo da adaptatividade dinâmica ativa de dificuldade de Chen, onde o jogador influi na sua própria navegação pelo canal de fluxo através de suas escolhas e a seu ritmo.

<sup>11</sup><http://www.jenovachen.com/flowingames/flowing.htm>

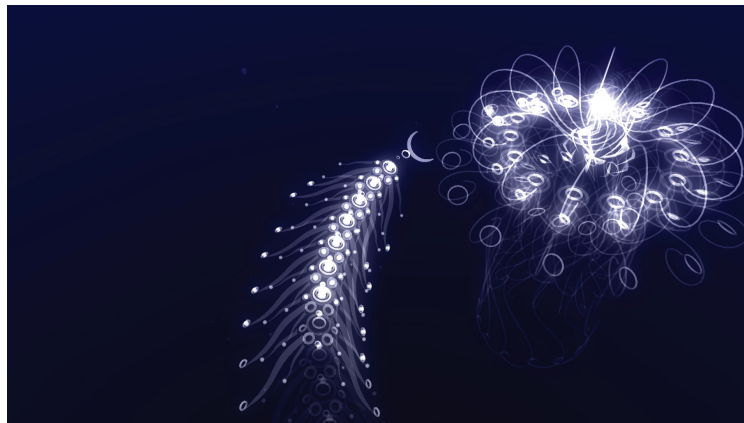


Figura 3.5: Imagem do jogo flOw. Fonte: thatgamecompany