



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Informática
Graduação em Ciência da Computação

José Guilherme de Sousa Jordão de Vasconcelos
Trabalho de Graduação

Uma Revisão Sistemática de Literatura sobre DDA

Recife
Dezembro de 2018

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Informática
José Guilherme de Sousa Jordão de Vasconcelos

Uma Revisão Sistemática de Literatura sobre DDA

Orientador: Prof. Geber Lisboa Ramalho

Trabalho apresentado ao
programa de Graduação em
Ciência da Computação do
Centro de Informática da
Universidade Federal de
Pernambuco como requisito
parcial para obtenção do
grau de Bacharel em Ciência
da Computação.

Recife
Dezembro de 2018

Agradecimentos

Primeiramente, eu gostaria de agradecer a minha família que sempre me proporcionou um ambiente seguro onde eu pudesse me sentir confortável para lidar com qualquer situação. Meus pais e meus irmãos com quem sempre pude contar seja nos bons e maus momentos serão sempre parte de mim e por isso lhes sou grato.

Agradeço também a meus amigos que nestes anos todos de faculdade nunca me negaram ajuda e por muitas vezes perdoaram minhas falhas e erros sem jamais pedir algo em troca. Foram eles que tornaram complicados momentos de avaliações e trabalhos em situações prazerosas e engraçadas e me deram memórias preciosas das quais jamais me esquecerei.

Agradeço também aos professores do Centro de Informática que em sua maioria procuraram ser compreensíveis o tão quanto possível em relação às dificuldades acadêmicas dos alunos.

Por fim, agradeço ao professor Geber que me auxiliou na produção deste trabalho, me guiando e me apresentando a diversas pessoas que pudessem me ajudar a concluir este projeto.

Sumário

1 Introdução	
1.1 Motivação.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Abordagem e Estrutura do Trabalho.....	2
2 Revisão Sistemática de Literatura.....	4
2.1 Perguntas de Pesquisa.....	4
2.2 Processo de Busca.....	5
2.3 Critério de Seleção.....	5
2.4 Snowballing.....	6
2.5 Coleta de Dados e Análise.....	6
3 Resultados da Pesquisa.....	8
3.1 O que é monitorado ou medido para que seja feito um diagnóstico da dificuldade?.....	8
3.2 Como essas variáveis ou critérios são escolhidos?.....	11
3.3 Quando é feito esse monitoramento?.....	12
3.4 Como se chega a um diagnóstico ao se analisar essas medidas, isto é, qual a referência utilizada para verificar desvios relevantes?.....	13
3.5 O que é alterado para mudar a dificuldade do jogo?.....	15
3.6 Quando deve ocorrer a alteração?.....	17
3.7 Quais as abordagens em vigor e suas variantes?.....	18
4 Conclusão.....	20
Referências.....	22

1 Introdução

1.1 Motivação

Originados na década de 70, tendo como seu primeiro representante o *Magnavox Odyssey*^[1], os jogos eletrônicos cresceram e se desenvolveram ao ponto de se tornar uma das maiores forças no campo de entretenimento, tanto no quesito tecnológico quanto no quesito financeiro.

Com uma previsão de mover até 550 bilhões de reais na economia mundial em 2018^[2], fica clara a importância da indústria e a capacidade monetária presente na mesma. Dessa forma, o desenvolvimento de jogos torna-se campo fértil para a implementação de variadas tecnologias, entre elas o uso de ajuste dinâmico de dificuldade, em inglês “dynamic difficulty adjustment”, doravante DDA.

A importância de DDA encontra-se na sua capacidade de manter o jogador num estado denominado de “*Flow*”, isto é, manter o usuário engajado numa atividade envolve fazer com que esse usuário tenha um desafio a altura. Se a dificuldade do jogo está abaixo de jogador, o jogo torna-se chato e desinteressante, por outro lado, se a dificuldade estiver muito acima do nível do mesmo, jogar deixa de se tornar uma atividade prazerosa e torna-se uma coisa frustrante. É necessário também tomar precauções para que qualquer ajuste ocorra de maneira sucinta, de modo a não tornar perceptível que uma alteração está ocorrendo no jogo, para evitar trapaças ou que o jogador sinta-se incomodado.

Entre tantos avanços e diferentes formas de encarar os desafios relacionados à implementação de tal tecnologia, é necessário observar de forma acadêmica que avanços têm sido obtidos na área, quais suas forças, e quais os desafios futuros. Com esse objetivo em mente, esse trabalho propõe-se a realizar uma revisão sistemática de literatura com o tema de DDA, onde buscamos constatar o que as pesquisas concluídas tem a nos oferecer.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sistemática de literatura relacionada ao estudo de DDA. Para que tal tarefa seja cumprida será necessário definir de maneira clara quais as perguntas de pesquisa que deverão ser respondidas durante a coleta de artigos. Além disso, é necessário explicar detalhadamente a origem do material analisado, quais os critérios de inclusão e exclusão, as bases de dados onde foi realizada a pesquisa bem como a própria *string* utilizada em cada uma dessas bases de dados.

Uma vez definido o método de pesquisa é preciso organizar o material coletado de maneira apropriada, que permita um fácil entendimento das semelhanças, tipos e diferentes abordagens dos procedimentos de DDA estudados. Após isso, para cada resposta ou agrupamento referente à uma pergunta de pesquisa, será dada uma breve explicação superficial destes agrupamentos para melhor exemplificar a situação onde cada artigo se encontra na classificação. Por fim, será dada uma conclusão sobre possíveis problemas no material analisado, quais perguntas possuem menos respostas e quais os desafios encontrados durante o caminho.

1.3 Abordagem e Estrutura do Trabalho

A revisão sistemática de literatura foi realizada seguindo os moldes explicitados por *Barbara Kitchenham* e *Stuart Charters*, pesquisadores associados à *Keele University* e *Durham University* respectivamente. O trabalho envolveu a pesquisa, o estudo e análise de diferentes artigos relacionados ao tema de DDA. Além do conjunto de publicações pesquisados, foi analisado também um outro conjunto previamente selecionado pelo professor orientador com foco no mesmo tema.

Após cada leitura as informações obtidas foram apropriadamente registrados em um codebook para melhor visualização e checagem dos dados obtidos. Uma vez terminada a primeira fase, iniciou-se um processo de classificação, buscando agrupar resultados semelhantes.

Os próximos capítulos presentes neste trabalho seguem a seguinte ordem:

- Capítulo 2 - Apresenta de forma detalhada o método sistemático adotado, bem como particularidades de seu uso no desenvolvimento deste trabalho. Aqui também explicitamos a origem dos artigos previamente obtidos pelo professor orientador.
- Capítulo 3 - Serão discutidas as perguntas de pesquisa e as respostas obtidas pelos materiais coletados. Uma breve explicação de cada grupo de classificação será feito com propósito de esclarecer cada conjunto de agrupamento. Cada item deste capítulo lidará com uma pergunta diferente.
- Capítulo 4 - Aqui serão apresentadas as conclusões do trabalho, seus benefícios e potenciais problemas que podem ter sido encontrados durante a análise de dados.

2 Revisão Sistemática de Literatura

O protocolo seguido nesta revisão segue as diretrizes para revisões sistemáticas de literatura estabelecidos por *Kitchenham* e *Charters*[2]. Para cada item do capítulo será dada uma explicação da diretriz relacionada e como foi decidido sua implementação na pesquisa.

2.1 Perguntas de Pesquisa

Damos início a revisão estabelecendo quais questões devemos abordar. Especificar as perguntas de pesquisa é a parte mais importante da revisão, são elas as responsáveis por guiar todo o desenvolvimento da metodologia de pesquisa.

O processo de busca deve identificar primariamente estudos que endereçam as perguntas de pesquisa, o procedimento de extração de dados tem de extrair os itens necessários para responder às questões. Já análise de dados deve sintetizar os dados de maneira que as questões possam ser respondidas.

Como nosso objetivo encontra-se em melhor qualificar as técnicas de implementação de DDA, as seguintes perguntas foram selecionadas:

- 1) O que é monitorado ou medido para que seja feito um diagnóstico da dificuldade?
- 2) Como essas variáveis ou critérios são escolhidos?
- 3) Quando é feito esse monitoramento?
- 4) Como se chega a um diagnóstico ao se analisar essas medidas, isto é, qual a referência utilizada para verificar desvios relevantes?
- 5) O que é alterado para mudar a dificuldade do jogo?
- 6) Quando deve ocorrer a alteração?
- 7) Quais as abordagens em vigor e suas variantes?

2.2 Processo de Busca

Previamente a fase de pesquisa, foram estudados diversos artigos coletados pelo professor orientador Geber Ramalho da Universidade Federal de Pernambuco relacionados ao tema de estudo. Todos os artigos encontram-se disponíveis em respeitáveis bibliotecas científicas (mais sobre isso adiante), escritos em inglês, e foram organizadas por data de publicação (sendo os mais antigos publicados em 2004 e os mais recentes em 2011) sob o nome de seus diversos autores.

Entre estes artigos um total de 49 foram checados, sendo 24 deles mantidos para a etapa seguinte.

Para complementar a pesquisa uma busca por estudos relevantes foi feita de maneira automática em bases de dados de teor científico fazendo uso de palavras-chave de busca. Após uma busca preliminar, as palavras chave de pesquisa ficaram definidas como: ("automatic game balancing" OR "dynamic game balancing" OR "dynamic difficulty adjustment").

As bases de dados escolhidas foram ACM Digital Library, IEEEExplore Digital Library, SpringerLink, ScienceDirect e ResearchGate. As palavras-chave foram validadas ao testá-las na IEEEExplore e na ACM DL. Do material encontrado um total de 22 trabalhos foram escolhidos para a coleta de dados propriamente dita. Estes haviam sido publicados em um intervalo de tempo mais recente, sendo os mais antigos publicações feitas em 2010, e os mais recentes em 2018.

2.3 Critério de Seleção

Artigos foram excluídos se eles possuísem uma maioria de pesquisadores envolvidos com artigos mais recentes e se a pesquisa destes estudiosos não apresentasse diferença na abordagem de suas implementações, nesse caso, só o artigo mais recente foi mantido. Era necessário também que os artigos se encontrassem em inglês.

2.4 Snowballing

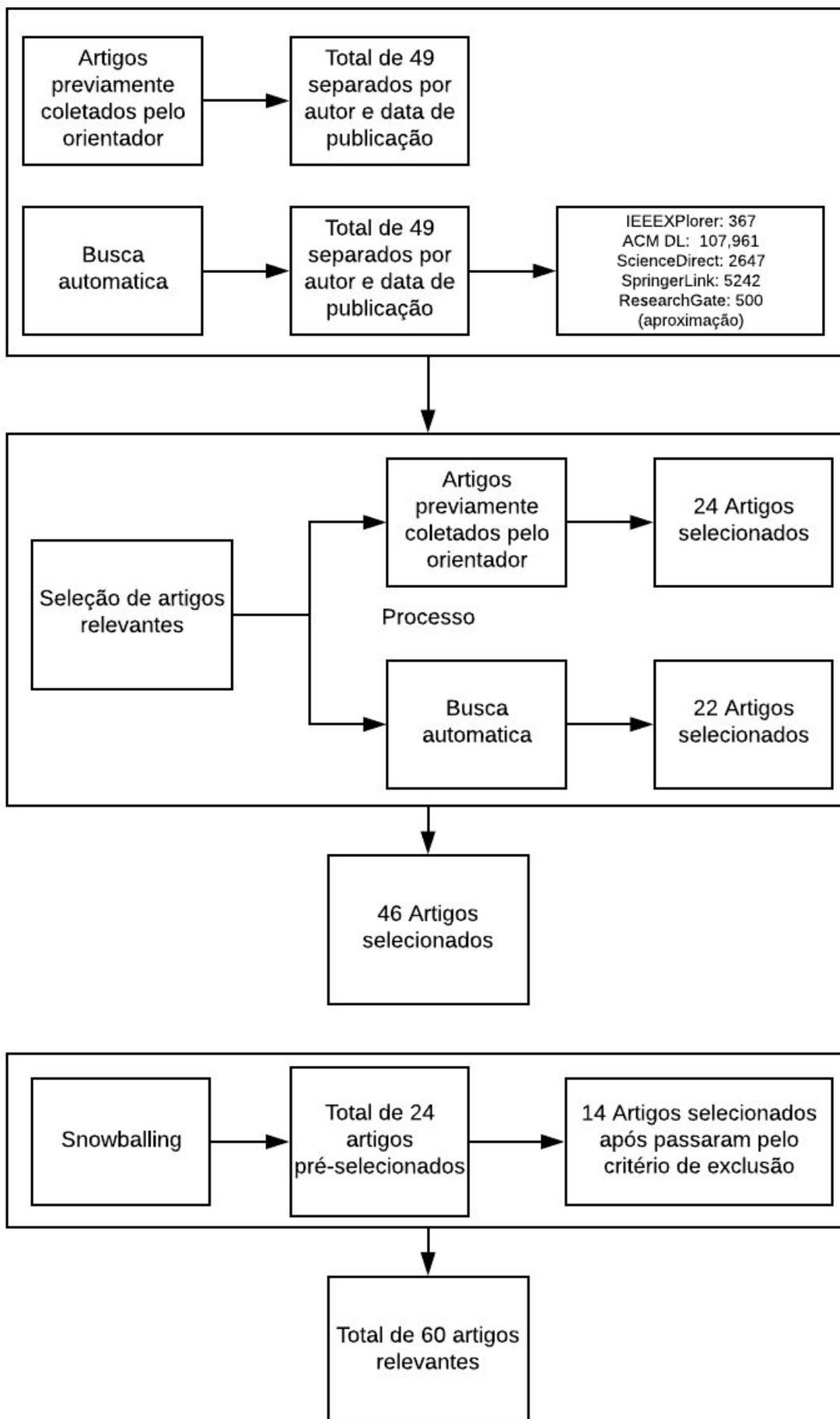
Os resultados de pesquisas automáticas e os trabalhos previamente coletados pelo professor orientador, após a aplicação dos critérios de seleção foram “snowballed”, isto é, as referências bibliográficas e os projetos que fizeram uma citação de algum dos artigos selecionados foram considerados como potenciais estudos, e foram então analisados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Como resultado outros 24 foram encontrados, dos quais 14 seguiram adiante para a fase de coleta e análise de dados.

2.5 Coleta de Dados e Análise

Os seguintes dados foram extraídos de cada item analisado e registrados no codebook (em formato de planilha).

- Título do artigo
- Database onde foi encontrado
- Respostas das perguntas de pesquisa

Além disso, foram anotados os nomes dos autores participantes do desenvolvimento da publicação na seção de referências que encontra-se no final deste trabalho. Para analisar os trabalhos, primariamente uma leitura dos artigos era feita em ordem de publicação, do mais recente ao mais antigo. Se uma equipe de pesquisa fosse composta majoritariamente por pesquisadores com outros artigos, e sua abordagem não apresenta-se diferentes métodos de DDA, então só a versão mais recente era mantida. No entanto, em casos onde os autores buscavam uma aproximação diferente ambos os trabalhos eram mantidos.



3 Resultados da Pesquisa

Neste capítulo serão discutidos os resultados da pesquisa. Para cada pergunta será mostrada uma tabela mostrando o agrupamento dos artigos pesquisados. Em seguida será dada uma breve explicação do que cada grupo engloba com o objetivo de clarificar possíveis dúvidas ou ambigüações. É importante notar que esses agrupamentos não possuem caráter exclusivo, isto, é porque o mesmo artigo pode se utilizar de mais de um meio para desenvolver sua implementação de DDA.

3.1 O que é monitorado ou medido para que seja feito um diagnóstico da dificuldade?

Parametros do jogador	Pontos de vida/mana	R01, R02, R03, R05, R12, R18, R22, R37, R38, R39, R40, R54, R57, R58, R59	
	Número/estado de unidades controladas	R03, R08, R16	
	Sinais fisiológicos	R06, R34	
	Expressões faciais	R50	
Performance do jogador	Avanço no nível/pontuação	R01, R04, R11, R12, R15, R17, R21, R23, R24, R26, R27, R29, R33, R35, R36, R42, R45, R46, R47, R51	R20 utiliza Performance Factors, mas não entra em detalhes
	Dano causado	R01, R03, R09, R22, R25, R28, R36, R37, R41, R57	
	Movimentos do jogador	R13, R14, R15, R19, R21	
	Características de reação do jogador	R25, R32, R35, R37, R43, R58, R60	
	Número de mortes	R26, R33, R36, R41	
	Ganho e perda de power-ups	R33, R41, R57	
	Estratégia detectada pelo sistema	R53	
	Chance de sobrevivencia	R02, R03	
Parametros do jogo	Dificuldade atual	R01, R10, R12, R24, R29, R45, R46	
	Regras ou comportamentos em atividade	R03, R04, R40	
	Estado dos inimigos	R05, R09	
	Acontecimento de eventos	R07, R30, R49	
	Estado do ambiente	R09, R16, R18, R24, R26, R27, R28, R29, R37, R48, R56, R59	
	Predição de vitória	R31	
	Auto-relatório	R44, R49, R50	

Tabela 1

Em relação aos atributos monitorados para a avaliação de dificuldade, separamos estes atributos em 3 grupos principais. “Parâmetros do jogador” referem-se às características que são envolvidas de maneira com o estado do jogador em si:

- “Pontos de vida/mana” referem-se ao estado do avatar controlado pelo humano.
- “Numero/estado de unidades controladas” funciona de maneira semelhante onde as unidades estão sobre controle da pessoa em controle. A diferença encontra-se no fato de que o número de unidades sobre controle é um fator de importância em certos gêneros de jogos (RTS, por exemplo), um fator que não influencia casos onde o jogador possui apenas um personagem sobre seu controle.
- “Sinais fisiológicos” são utilizados em certos estudos que se utilizam de aparelhos físicos para medir o estado físico do corpo humano, como frequência cardíaca ou GSR.
- “Expressões faciais” agrupam as expressões faciais do jogador durante a sessão de gameplay.

O próximo grupo principal é definido como “Performance do jogador”. Aqui estão agrupados os elementos que condizem com o quão bem o jogador é capaz de manter-se durante uma sessão de gameplay:

- “Avanço no level/pontuação” engloba os mais diversos tipos de jogos, desde Tetris, a Tower Defenses e plataformas, no entanto todos os membros têm em comum a característica de que eles medem de alguma forma o avanço que adquirido no jogo, seja através de progressão no level ou aumento de pontuação.
- “Dano causado” foram colocados os artigos que envolvem não só o número de inimigos mortos, mas também aqueles que consideram também o dano causado aos mesmos.
- “Movimentos do jogador” incluem trabalhos que, em sua avaliação, consideram o valor dos movimentos executados durante a partida.
- “Características de reação do jogador” são as capacidades físicas envolvendo a performance no jogo: Velocidade e intensidade com as quais os botões são pressionados, quais os botões são pressionados etc...
- “Número de mortes” monitora o número de vezes que o jogador morreu.
- “Ganho e perda de power-ups” que podem ser obtidos através do gameplay ou através do balanceamento dinâmico.
- “Estratégia detectada pelo sistema” envolve Machine Learning para determinar qual o modelo de estratégia o jogador está próximo a seguir.

- “Chance de sobrevivência” são trabalhos que analisam através de dados coletados a chance do jogador se manter vivo e a partir disso agem para balancear o jogo.

O último grande grupo da primeira pergunta de pesquisa é “Parâmetros do jogo” que qualifica características que envolvem o mundo do jogo em si, e não o estado ou performance do jogador:

- “Dificuldade atual” refere-se a implementações que levam em conta o nível de dificuldade como uma entrada da função de avaliação.
- “Regras ou comportamento em atividade” são grupos que avaliam as estratégias sendo utilizadas pela IA dos NPCs. Alguns trabalham se utilizam de rulebases por exemplo para manipular a dificuldade do jogo.
- “Estado dos inimigos” é um agrupamento de artigos que levam em consideração valores relativos aos inimigos. Seus pontos de vida, a força de seus ataques, sua agressividade, por exemplo.
- “Acontecimento de eventos” é quando a monitoração de algum acontecimento é que determina a ativação do ajuste de dificuldade.
- “Estado do ambiente” são variáveis que envolvem o mundo mas não intrinsecamente o jogador ou os NPC’s propriamente ditos. Aumento de drop-rate, distância entre personagens e itens.

Além destes grupos e subgrupos citados houveram também alguns trabalhos que não se encaixavam em nenhum dos grupos principais. São eles:

- “Predição de vitória” inclui artigos que, através da análise do jogador, tentam prever o resultado do jogo e a partir dessa previsão tentam ajustar a dificuldade.
- “Auto-relatório” são relatórios dado pelo jogador ao sistema após uma pequena sessão de gameplay.

3.2 Como essas variáveis ou critérios são escolhidos?

Sinais escolhidos devido a sua variabilidade e não intrusão	R06
Representam os aspectos mais importantes do estado do jogador	R12, R21, R25, R41, R57
Testes empíricos	R16, R33
Entrevistas	R16
Conjunto de características que melhor permite a predição de um resultado	R26, R56
Variáveis fisiológicas correlacionadas com várias emoções	R34
Semelhança com o mundo real	R35
Por estarem relacionados ao gameplay	R42

Tabela 2

Diferente do item anterior a segunda pergunta de pesquisa não foi dividida em grandes grupos e subgrupos por não possuir uma englobação tão clara quanto a primeira. Apesar disso, é possível identificar semelhanças entre os artigos pesquisados:

- “Sinais escolhidos devido a sua variabilidade e não intrusão”
- “Representam os aspectos mais importantes do estado do jogador”
- “Testes empíricos”
- “Entrevistas”
- “Conjunto de características que melhor permite a predição de um resultado”
- “Variáveis fisiológicas correlacionadas com várias emoções”
- “Semelhança com o mundo real”
- “Por estarem relacionados ao gameplay”

É importante notar que poucos artigos, aproximadamente 21%, comentam a razão de ter escolhido as variáveis presentes em 3.1.

3.3 Quando é feito esse monitoramento?

A cada x movimentos	R09, R14, R27, R39, R40
A cada intervalo de tempo x	R02, R16, R18, R20, R22, R30, R41, R43
A cada level/partida	R15, R17, R29, R42, R44, R45, R57, R59, R60
Após um evento	R03, R33, R48, R51, R54, R56
Em tempo-real	R06, R21, R34, R50, R58

Tabela 3

O monitoramento é mais simples de se dividir visto que DDA deve sempre ocorrer em resposta ao jogador.

- “A cada x movimentos” exemplifica aproximações que buscam monitorar a dificuldade a cada movimento do jogador. Embora a maior parte dos artigos monitorem a situação a cada movimento, alguns artigos como R14 (a cada 9 movimentos) realizam em intervalos distintos.
- “A cada intervalo de tempo x” onde x varia de implementação em implementação. Não há um consenso no tempo visto que diferentes jogos requerem diferentes intervalos de tempo.
- “A cada level/partida” incluem métodos que avaliam sua dificuldade e necessidade de ajuste após o termino de um level ou partida.
- “Após um evento” é quando a monitoração das variáveis acontece em resposta a ocorrência de algo, por exemplo, o ganho de uma vantagem sobre o adversário.
- “Em tempo-real” são artigos que não entraram em maiores detalhes além disso.

3.4 Como se chega a um diagnóstico ao se analisar essas medidas, isto é, qual a referência utilizada para verificar desvios relevantes?

Escolha arbitrária	R02, R11, R25, R28, R29, R39, R40, R41, R42, R47, R54	
Ajuste constante	R03, R08, R22, R51	
Análise e comparação de dados usados como exemplo	R04, R06, R07, R35, R37, R45, R50	
Valor empírico	R05, R07, R30, , R40, R41, R42	R20 por se tratar de uma API voltado ao desenvolvimento de DDA fica a cargo do desenvolvedor
Função/algoritmo de avaliação	R09, R10, R13, R14, R15, R16, R18, R23, R24, R33	
Definido pelo jogador	R17	
Cálculo utilizando-se de informações obtidas de partidas anteriores	R26	
Determinado pelo game designer	R25, R27, R47	
Ajuste de modelo de jogador	R32	

Tabela 4

Para a noção de quando ajustar a dificuldade, os grupos foram:

- “Escolha arbitrária” foi algo surpreendentemente comum entre os estudos avaliados.
- “Ajuste constante” agrupa os trabalhos que estão constantemente ajustando sua dificuldade por menor que seja a alteração.
- “Análise e comparação de dados usados como exemplo” refere-se ao uso de uma base de dados para se chegar a uma conclusão de quais valores servem de referência.
- “Valor empírico” semelhante ao item anterior, mas os testes não fazem uso de um grande número de exemplos.
- “Função/algoritmo de avaliação” engloba os artigos que desenvolveram uma função de avaliação adequada ao contexto em que seu algoritmo se encontram.
- “Definido pelo jogador” é um padrão utilizado apenas por R17, que permite ao jogador setar quando o ajuste deve ocorrer,
- “Cálculo utilizando-se de informações obtidas de partidas anteriores” difere dos itens anteriores em que apenas as informações de partidas

da sessão atual são utilizados como referência para calcular o threshold de quando o ajuste deve ocorrer.

- “Determinado pelo game designer” determina os trabalhos que usaram a experiência de um profissional da área.
- “Ajuste de modelo de jogador” refere-se exclusivamente ao R32. A separação foi feita pois este trabalho em específico se utiliza de algumas noções (O estilo de jogo individual do jogador, com base no tempo de reação, a pressão registrada nas peças e a quantidade de interações, e no que diz respeito ao fator de curiosidade (diversidade espacial) do entretenimento) para “encaixar” o jogador num *player model*.

3.5 O que é alterado para mudar a dificuldade do jogo?

Parametros do jogador	Mudança de pontos de vida	R02	
	Atributos do jogador	R22, R28, R34, R58, R59	
Parametros do jogo	Número/tipos de inimigos	R01, R15, R30, R31, R32, R34, R38	R20 utiliza Manipulated Factors, mas não entra em detalhes
	Comportamento/AI dos inimigos	R03, R07, R08, R16, R17, R18, R19, R30, R36, R41, R43, R51, R53, R55	
	Escolha movimento do inimigo	R05, R09, R11, R13, R14, R39, R40, R54	
	Variáveis do ambiente	R06, R15, R25, R27, R28, R32, R34, R35, R47, R48, R49, R50, R56, R57	
	O próximo level	R10, R15, R21, R23, R24, R26, R29, R33, R42, R45, R46, R47, R48, R60	
	Parametros do inimigo	R12, R27, R28, R31, R34, R37	

Tabela 5

Sobre a questão do que é modificado podemos dividir as alterações em dois alvos principais.

“Parâmetros do jogador” são mudanças que ocorrem diretamente no personagem controlável. Entre eles podemos ressaltar dois tipos de alteração:

- “Mudança de pontos de vida” alteração de maneira direta nos pontos de vida do jogador, no caso de R02, os “hit points” do jogador eram alterados com o objetivo de mantê-lo próximo aos 60 HP. (pág. 03)
- “Atributos do jogador” por sua vez envolve atributos como dano recebido por ataques, buffs e debuffs aplicados pelo fator DDA. Encontram-se aqui também power-ups dado pelo jogo diretamente ao jogador, sem necessidade de pegar um item ou chance de não recebê-lo.

“Parâmetros do jogo” por sua vez são mudanças que ocorrem no funcionamento do jogo, seja uma alteração nas regras do jogo, ambiente ou na IA dos inimigos.

- “Número/tipo de inimigos” são os artigos cujo DDA foca em alterar a quantidade e os tipos de inimigos que serão manifestados durante o gameplay.
- “Comportamento/IA dos inimigos” agrupa as implementações que alteram certos comportamentos dos inimigos ou que alteram a IA em controle. Estão nesse grupo também artigos que atualizam as regras de ação (rules de uma rulebase, por exemplo) dos NPCs.

- “Escolha de movimento do inimigo” diferente do item anterior, este item foca no exato movimento do NPC. É possível através de um sistema de ranqueamento de movimentos por exemplo determinar qual o próximo melhor movimento a ser usado executado
- “Variáveis do ambiente” são variáveis que mudam as regras de funcionamento de algum elemento do jogo. Aumento de drop-rate, valores da física implementada, ativação/desativação de riscos de estágio por exemplo.
- “O próximo level” inclui estudos que alteram a formação do level seguinte para manipular a dificuldade.
- “Parâmetros do inimigo” é o grupo de trabalhos que modificam a dificuldade alterando atributos de inimigos assim como se faz com os jogadores. Aqui estão inclusos coisas como dano que o inimigo causa, sua velocidade, o número de pontos de vida, etc...

3.6 Quando deve ocorrer a alteração?

A cada x movimentos	R07, R14, R27, R39, R40, R53
Após um intervalo de tempo x	R01, R02, R05, R09, R18, R20, R22, R30, R32, R41, R43
A cada level/partida	R08, R14, R15, R17, R23, R29, R37, R38, R42, R45, R57, R60
Após um evento	R03, R06, R28, R44, R48, R51, R54, R58
Em tempo-real	R21, R26, R34, R50

Tabela 6

Em se tratando de quando o ajuste é feito é possível manter uma mesma divisão de quando dividimos os artigos pelo momento monitoramento. Dessa forma, irei evitar repetir os mesmos argumentos já apresentados anteriormente.

3.7 Quais as abordagens em vigor e suas variantes?

Algoritmo particular	Função heurística/Algoritmo próprio	R01, R02, R09, R13, R14, R18, R22, R30, R33, R34, R35, R37, R38, R45, R48, R51, R56, R57, R58
	Observação do estado do jogo	R02, R28, R30, R33
Dynamic Scripting	Dynamic Scripting	R03, R08, R11
Machine Learning	Reinforcement learning online	R05, R43, R47
	Reinforcement learning offline	R05, R12, R43, R47
	Q-learning	R05
	Árvores de Regressão	R06
	Algoritmo de Ranking	R21
Algoritmos de busca	Algoritmo genético/evolucionário	R04, R10, R23, R24, R29, R32, R42, R46
	Monte-Carlo Tree Search	R39, R40, R53
ANN	Backpropagation	R07
	Database Recording	R07, R15, R21
	NEAT/rNEAT	R16
	SLP	R26
	UCT created ANN	R55
	Monte-Carlo Tree Search	R53
	MLP	R19, R26
	Player modelling	R12, R20, R25, R27, R32
	Análise de jogador	R14, R15
	Fuzzy logic	R17, R34, R35, R36
	Procedural Content Generation	R21, R42, R49, R60
	Predição de ação e ajuste de acordo com a predição	R27, R31, R54
	Diferentes IAs pré-definidas	R42
	Facial expression analysis	R44
	k-Nearest neighbor	R54
	Multi-level swarm structure	R59

Tabela 7

Por fim temos as diferentes abordagens para a criação de métodos de DDA. Enquanto que a maioria dos grupos onde podemos dividir os artigos é auto-explicativo, já que são apenas áreas de conhecimento que são utilizadas para se desenvolver o DDA cabe aqui uma leve explicação do que seriam os artigos presentes em “Função heurística/Algoritmo próprio”. Os artigos presentes neste grupo são aqueles que se utilizam de variadas funções que

recebem como entrada os parâmetros descritos pela Tabela 1 e através de suas heurísticas são capazes de realizar o ajuste dinâmico de dificuldade.

4 Conclusão

A análise dos estudos selecionados nos mostra algumas conclusões em relação ao estudo e desenvolvimento de métodos para a aplicação de ajuste dinâmico de dificuldade.

Em relação aos parâmetros monitorados para o diagnóstico de dificuldade, um terço dos artigos faz uso de uma espécie de medida de pontuação explícita mostrando que existe ao menos uma tendência de se buscar valores concretos de performance do jogador. Alguns diferentes trabalhos tentam fazer uso de sinais fisiológicos, mas, dado o desafio que seria utilizar a aparelhagem necessária para conseguir tais medições é entendível o baixo foco nessa linha de pesquisa.

Envolvendo a segunda questão, de o porque tais variáveis foram escolhidas, poucos artigos procuram justificar suas escolhas de maneira precisa, muitas vezes utilizando noções vagas ou, até mesmo não oferecendo explicações. Dos artigos pesquisados neste trabalho a maioria que explicou o motivo de ter escolhido as variáveis que escolheram foi o fato de que estas variáveis “Representam o estado do jogador”, o que gera a questão de porque essas variáveis são boas representantes.

Seguindo adiante temos as questões de quando devem ocorrer o monitoramento e o ajuste. Em ambos os casos os artigos demonstraram grande diversidade na hora de monitorar/ajustar o gameplay. Algo natural uma vez que se considera que diferentes tipos de jogos possuem maneiras diferentes, mais apropriadas, de serem ajustados.

Para a pergunta de como se chega a um diagnóstico para a necessidade de ajuste, dois “clusters” foram identificados. O primeiro trata-se do uso de funções de avaliação contextualizadas dentro do jogo em que estão analisando, já o segundo cluster trata-se de valores arbitrários. O uso de tais valores é compreensível visto que a preocupação maior dos artigos lidos é o funcionamento de ajuste dinâmico, ainda assim, é curioso ressaltar que mais estudos deveriam focar nesse detalhe da implementação uma vez que no uso real essas medidas seriam importantes.

Em consideração do que mudar para ajustar a dificuldade, a variabilidade de alvos é também interessante. Embora a maioria dos estudos aponte que os “Parâmetros de jogo” sejam mais comuns de serem alterados, dentro destes a variedade é grande o suficiente que não se pode estabelecer um padrão de dominância de implementações.

Por fim a última pergunta nos mostra a quantidade absurda de formas com a qual o problema pode ser abordado. Um total de 26 abordagens diferentes sendo que entre elas encontram-se 19 variadas funções heurísticas que se adequam ao contexto de sua aplicação.

É perceptível através desta revisão que a área de DDA pode ser explorada de incontáveis formas. É notável, no entanto, que ainda se faz necessário uma melhor compreensão de que medidas devem ser analisadas em prol de descobrir quando realizar o ajuste. Existe também a complicação de como fazer um ajuste dinâmico sucinto que não seja percebido e nem explorado pelo jogador para trapacear no sistema.

Em trabalhos futuros, seria interessante buscar uma maneira de identificar, além dos métodos utilizados para desenvolver DDA, a efetividade de tais aplicações, tanto em relação ao impacto no entretenimento do jogador, quanto em relação a sua imperceptibilidade e capacidade de prevenir trapaça.

Referências

[1] Odyssey Museum - <http://www.magnavox-odyssey.com>

[2] Adrenaline Uol Online -

<https://adrenaline.uol.com.br/2018/01/22/53984/industria-dos-games-vai-movimentar-r-550-bilhoes-e-m-2018-preve-firma-especializada>

[R01] - Giel van Lankveld; Pieter Spronck; H. Jaap van den Herik; Matthias Rauterberg
“Incongruity-Based Adaptive Game Balancing”

[R02] - Robin Hunicke “The Case for Dynamic Difficulty Adjustment in Games”

[R03] - Pieter Spronck; Marc Ponsen; Ida Sprinkhuizen-Kuyper; Eric Postma “Adaptive Game AI with Dynamic Scripting

[R04] - Sang-Won Um; Tae-Yong Kim; Jong-Soo Choi “Genetic Algorithm for optimizing Game using users’ adaptation”

[R05] - Gustavo Andrade; Geber Ramalho; Hugo Santana; Vincent Corruble “Challenge-Sensitive Action Selection an Application to Game Balancing”

[R06] - Pramila Rani; Nilanjan Sarkar; Changchun Liu; Shuo Chen “Dynamic Difficulty Adjustment in Computer Games Through Real-Time Anxiety-Based Affective Feedback”

[R07] - Kok Wai Wong; Chun Che Fung; Arnold Depickere; Shri Rai “Static and Dynamic Difficulty Level Design for Edutainment Game Using Artificial Neural Networks”

[R08] - Anders Dahlbom; Lars Niklasson “Goal-Directed Hierarchical Dynamic Scripting for RTS Games”

[R09] - Kittisak Potisartra; Vishnu Kotrajaras “An Evenly Matched Opponent AI in Turn-based Strategy Games”

[R10] - Nirach Watcharasatharpornpon; Vishnu Kotrajaras “Automatic Level Difficulty Adjustment in Platform Games Using Genetic Algorithm Based Methodology”

[R11] - Jeremy Ludwig; Art Farley “A Learning Infrastructure for Improving Agent Performance and Game Balance”

[R12] - Martin Mladenov; Olana Missura “Offline Learning for Online Difficulty Prediction”

[R13] - Olana Missura; Thomas Gartner “Online Adaptive Agent for Connect Four”

[R14] - Chin Hiong Tan; Kay Chen Tan; Arthur Tay “Adaptive Game AI for Gomoku”

[R15] - Kitty S.Y. Chiu; Keith C.C. Chan “Using Data Mining for Dynamic Level Design in Games”

[R16] - Jacob Kaae Olesen, Georgios N. Yannakakis; John Hallam "Real-time challenge balance in an RTS game using rtNEAT"

[R17] - Hao-Min Hsieh; Ling-Ling Wang "An Adaptive Predator/Prey Game"

[R18] - Johan Hagelbäck; Stefan J. Johansson "Measuring player experience on runtime dynamic difficulty scaling in an RTS game"

[R19] - Andrew Noon "Dynamic Difficulty Adjustment in Games: A Neuro Evolutionary Approach"

[R20] - Jeffrey Peter Moffett "Applying Causal Models to Dynamic Difficulty Adjustment in Video Games"

[R21] - Martin Jennings-Teats; Gillian Smith; Noah Wardrip-Fruin "Polymorph: Dynamic Difficulty Adjustment Through Level Generation"

[R22] - Jesús Ibáñez; Carlos Delgado-Mata "Adaptive two-player videogames"

[R23] - Nathan Sorenson; Philippe Pasquier "The Evolution of Fun: Automatic Level Design through Challenge Modeling"

[R24] - Vincent Hom; Joe Marks "Automatic Design of Balanced Board Games"

[R25] - Guy Hawkins; Keith Nesbitt; Scott Brown "Dynamic Difficulty Balancing for Cautious Players and Risk Takers"

[R26] - Noor Shaker; Georgios Yannakakis; Julian Togelius "Towards Automatic Personalized Content Generation for Platform Games"

[R27] - Ian J. Fraser "Game Challenge: A Factorial Analysis Approach"

[R28] - Adi Stein; Yair Yotam; Rami Puzis; Guy Shani; Meirav Taieb-Maimon "EEG-triggered dynamic difficulty adjustment for multiplayer games"

[R29] - Kleber O. Andrade; Ricardo C. Joaquim; Glauco A. P. Caurin; Marcio K. Crocomo "Evolutionary Algorithms for a Better Gaming Experience in Rehabilitation Robotics"

[R30] - Shin-Hung Chang; Nai-Yan Yang "DCA:Dynamic Challenging Level Adapter for Real-time Strategy Games"

[R31] - Shaun Bangay; Owen Makin "Generating an Attribute Space for analyzing Balance in Single Unit RTS Game Combat"

[R32] - Georgios N. Yannakakis; John Hallam "Real-time Adaptation of Augmented-Reality Games for Optimizing Player Satisfaction"

[R33] - Ravi Parekh "STAYING IN THE FLOW USING PROCEDURAL CONTENT GENERATION AND DYNAMIC DIFFICULTY ADJUSTMENT"

[R34] - Faham Negini "Play Experience Enhancement Using Emotional Feedback"

[R35] - Carlos Delgado; Jesús Ibáñez “Air hockey iOS Game that Uses Fuzzy-Logic for Game-Balancing”

[R36] - Nino Prasetyo Hamal Pratama; Eko Mulyanto Yuniarno; Supeno Mardi Susiki Nugroho “Fuzzy Controller based AI for Dynamic Difficulty Adjustment for Defense of the Ancient 2 (DotA2)”

[R37] - Ewa Lach; Jacek Lach; Wojciech Suchanek “DYNAMIC DIFFICULTY ADJUSTMENT OF THE COMPUTER PLAYER IN COMPUTER GAMES”

[R38] - Anthony M. Colwell and Frank G. Glavin “Colwell’s Castle Defence: A Custom Game Using Dynamic Difficulty Adjustment to Increase Player Enjoyment”

[R39] - Simon Demediuk; Marco Tamassia; William L. Raffe; Fabio Zambetta; Xiaodong Li; Florian Mueller “Monte Carlo Tree Search Based Algorithms for Dynamic Difficulty Adjustment”

[R40] - Makoto Ishihara; Suguru Ito; Ryota Ishii; Tomohiro Harada; Ruck Thawonmas “Monte-Carlo Tree Search for Implementation of Dynamic Difficulty Adjustment Fighting Game AIs Having Believable Behaviors”

[R41] - Mirna Paula Silva; Victor do Nascimento Silva; Luiz Chaimowicz “Dynamic Difficulty Adjustment Through an Adaptive AI”

[R42] - Daniel Wheat; Martin Masek; Chiou Peng Lam; Philip Hingston “Dynamic Difficulty Adjustment in 2D Platformers through Agent-based Procedural Level Generation”

[R43] - Adeleh Ebrahimi; Mohammad-R. Akbarzadeh-T “Dynamic Difficulty Adjustment in Games by Using an Interactive Self-Organizing Architecture”

[R44] - Julian Frommel; Fabian Fischbach; Katja Rogers; Michael Weber “Emotion-based Dynamic Difficulty Adjustment Using Parameterized Difficulty and Self-Reports of Emotion”

[R45] - Su Xue; Meng Wu; John Kolen; Navid Aghdaie; Kazi A. Zaman “Dynamic Difficulty Adjustment for Maximized Engagement in Digital Games”

[R46] - Ewa Lach “Dynamic Difficulty Adjustment for Serious Game Using Modified Evolutionary Algorithm”

[R47] - Haiyan Yin; Linbo Luo; Wentong Cai; Yew-Soon Ong; Jinghui Zhong “A data-driven approach for online adaptation of game difficulty”

[R48] - Endoh Masanobu; Henry D. Fernández B.; Koji Mikami “Dynamic Pressure Cycle Control: Dynamic Difficulty Adjustment beyond the Flow Zone “

[R49] - Rina R. Wehbe; Elisa D. Mekler; Mike Scaekermann; Edward Lank; Lennart E. Nacke “Testing Incremental Difficulty Design in Platformer Games”

[R50] - Andrew Burns; James Tulip “Detecting flow in games using facial expressions”

[R51] - Chin Hiong Tan; Kay Chen Tan; Arthur Tay “Dynamic Game Difficulty Scaling Using Adaptive Behavior-Based AI”

[R52] - Dynamic Weight; Player Experience; Human Player Fitness Change; Differential Learning
"Improving Dynamic Difficulty Adjustment to Enhance Player Experience in Games"

[R53] - Lingdao Sha; Souju He; Junping Wang; Jiajian Yang; Yuan Gao; Yidan Zhang; Xinrui Yu
"Creating appropriate challenge level game opponent by the use of dynamic difficulty adjustment"

[R54] - Yuto Nakagawa ; Kaito Yamamoto ; Ruck Thawonmas "Online Adjustment of the AI's Strength
in a Fighting Game Using the k-Nearest Neighbor Algorithm and a Game Simulator"

[R55] - Xinyu Li; Suoju He; Yue Dong; Qing Liu; Xiao Liu; Yiwen Fu; Zhiyuan Shi; Wan Huang "To
create DDA by the Approach of ANN from UCT-Created Data "

[R56] - Katharina Spiel; Sven Bertel; Fares Kayali ""Not another Z piece!": Adaptive Difficulty in
TETRIS"

[R57] - Rhio Sutoyo; Davies Winata; Katherine Oliviani; Dedy Martadinata Supriyadi "Dynamic
Difficulty Adjustment in Tower Defence"

[R58] - Víctor M. Álvarez Pato; Carlos Delgado-Mata "Dynamic difficulty adjusting strategy for a
two-player video game"

[R59] - Wen Xia; Bhojan Anand "Game balancing with ecosystem mechanism"

[R60] - Adeel Zafar "An experiment in automatic content generation for platform games"