Faculdades Integradas de Taquara - Faccat
Av. Oscar Martins Rangel, 4.500
Taquara, RS, CEP 95600-000

Curso de Sistemas de Informação

ESTUDO E ANÁLISE DE *ENGINES* PARA O DESENVOLVIMENTO DE JOGOS 3D

Natanael Marcos Ritter Willrich
Faculdades Integradas de Taquara – Faccat – Taquara – RS – Brasil
nrwillrich@gmail.com

Prof. Ms. Everton Luís Berz
Faculdades Integradas de Taquara – Faccat – Taquara – RS – Brasil
everton@faccat.br

Resumo
Este artigo apresenta os resultados de um estudo que teve por finalidade a seleção, baseado em métricas, de *game engines* voltadas para *first person shooter* disponíveis no mercado. Tal seleção baseou-se em métricas pré-definidas e uma listagem de *engines* disponível na Internet.
O presente artigo também apresenta o desenvolvimento de uma fase de um jogo (*remake*) para uma análise das funcionalidades da *engine* que obteve a melhor pontuação. Foram avaliadas algumas métricas utilizadas e de que forma a *engine* as implementa, bem como a experiência real de uso das mesmas. Assim, desenvolvedores podem ter uma base das características presentes no mercado atual de *engines*. Conhecendo estas características a equipe pode desenvolver seus jogos com mais facilidade e menos tempo.
Palavras-chave: *game engine*, desenvolvimento de jogos.

STUDY AND ANALYSIS OF ENGINES FOR 3D GAME DEVELOPMENT

Abstract

This paper presents the results of a study that had as goal selection, based on metrics, of first person shooter oriented game engines available on market. This selection was based on predefined metrics and a list of engines available on the Internet.
This paper also presents the development of a game level for an analysis of the features of the engine that obtained the best score. Were evaluated some used metrics, the implementation in the engine and the real experience of use. Thus, developers can have an idea of the features present in the current market of engines. Knowing these features the team can develop their games more easily and in less time.

Key-words: *game engine, game development.*

1. Introdução

O realismo nos jogos vem aumentando gradativamente, e, assim, vai se tornando cada vez mais complexa a sua criação.

Para Lewis e Jacobson (2002), motores de jogos ou *game engines* tratam-se de uma coleção de módulos de simulação que não especifica diretamente o comportamento ou ambiente de jogo. Assim, o termo *engine* é uma coleção de subsistemas de *software* robusto e reusável, desenhado para facilitar o desenvolvimento de jogos atingindo necessidades específicas (PETRIE, 2007).

Estes módulos ou componentes podem ser para: renderização, controle de colisão e física, áudio, inteligência artificial, dentre outros (GREGORY, 2009). Componentes comuns para a maioria dos jogos.

Laird (2002) considera que construir cenários virtuais realísticos é um processo complexo, custoso e demorado. Utilizando ferramentas inadequadas o trabalho fica muito difícil. O presente trabalho visa analisar *engines* voltadas para jogos *first person shooter (fps)*, os lançamentos mais recentes deste tipo de jogo apresentam cenários realísticos, física aprimorada, opção multijogador via rede, inteligência artificial, dentre outras características.

A escolha por uma *game engine* inadequada pode tornar o trabalho muito dispendioso. Muitas das características citadas acima são comuns em jogos e podem ser usadas. Com a *engine* correta, a equipe pode se focar mais nas características que tornam o jogo único e não precisam pensar em detalhes como opção multijogador ou tratamento de colisão.

Existem *game engines* completas que são verdadeiras suítes de desenvolvimento, agregam diversas ferramentas, e possuem uma característica muito interessante: *what you see is what you get* (*wysiwyg*), ou seja, permitem que seja visualizado e editado o cenário em tempo real.

Dos métodos de análise de *engines* baseados em critérios podemos levar em consideração Ribeiro e Santos, que, além de separar as métricas por categorias, as mesmas possuem pontuação. Os mesmos autores afirmam que determinadas métricas tem um peso maior dependendo da aplicação que se quer desenvolver. Para jogos estilo *fps* não são definidos os pesos de cada critério.

Os modelos que usam critérios pecam por: não apresentarem pontuação, ou considerarem poucos critérios, ou ainda, os critérios com opções de pontuação generalizam demais. Por exemplo, como critério multiplataforma alvo poderíamos considerar: plataforma A, B e C; e como pontuação, quanto mais plataformas suportar, melhor. Neste tipo de abordagem existe um problema. Se no caso mencionado, a plataforma A for usada em 70% dos casos e os outros 30% pelas plataformas B e C uma *engine* que suportasse as plataformas B e C ganharia pontuação maior que uma *engine* que suportaria apenas a A.

Atualmente existem centenas de *engines* disponíveis, somente em Devmaster (2012) estão listadas pouco mais de 340 *engines* com as mais variadas características. Isto leva a questões

amplamente discutidas no cenário atual de desenvolvimento de jogos, tais como: dentre as inúmeras *engines* disponíveis qual usar ? Qual é mais adequada para as características do meu jogo?

Para resolver este problema, se propôs um estudo e análise de *engines* para construção de jogos *fps*, aplicando um sistema de métricas com pontuação baseada em Ribeiro e Santos (2009) em uma lista de *game engines* disponível em Devmaster (2012), com o intuito de eleger a melhor. Com a *game engine* de maior pontuação foi construído um jogo de uma fase e analisadas algumas das métricas mais utilizadas pela *engine* selecionada.

Assim, os objetivos específicos são: realizar um levantamento das *engines* listadas em Devmaster (2012), analisar estas *engines* e aplicar os critérios tabulando as pontuações, construir um *remake* de uma fase do jogo *Wolfenstein 3D* (3DREALMS, 2012) com a *engine* de melhor pontuação e relatar de que forma é implementada e como foi a experiência de uso de algumas métricas.

O trabalho possui a seguinte estrutura: a seção 2 o referencial teórico, a seção 3 apresenta o levantamento de *engines*, a seção 4 o *remake*, ou seja, a construção do jogo, e a seção 5 a conclusão do estudo.

2. Referencial teórico

2.1 Video games

Os jogos eletrônicos se tornaram muito populares, dificilmente encontramos alguém dizendo que não gosta ou que nunca jogou algum. Virou febre. Pra fazer um jogo? Gastam-se milhões de dólares e equipes com várias pessoas são necessárias: artistas, desenhistas, programadores, diretores, entre outros. Há pouco tempo a indústria dos jogos eletrônicos fatura mais que a indústria do cinema segundo Chatfield (2009).

Os videogames tem uma longa história começando na década de cinquenta onde ainda nem existia um console que pudesse ser comprado pra ser jogado em casa ou um computador pessoal onde bastaria instalar um jogo.

Os equipamentos eletrônicos da época, como grandes computadores, serviram para que as primeiras formas de entretenimento eletrônico surgissem. Visualizadores rudimentares e até um osciloscópios foram usados.

Em 1952 surgia o que é considerado como um dos primeiros jogos eletrônicos segundo Campbell (2009) de que se tem notícia. Alexander Sandy Douglas implementou um jogo-da-velha de nome OXO em um computador EDSAC na Universidade de Cambridge.

A tela se apresentava em 35x16 pontos e o jogador escolhia a posição para jogar no dial do terminal. O jogo apresentava uma inteligência artificial simples, porém funcional.

Outro pioneiro foi *Tennis for Two*, inventado por William Higinbotham em 1958. Um jogo de tênis visualizado em um osciloscópio, conforme Figura 1 abaixo, e podia ser jogado por duas pessoas.

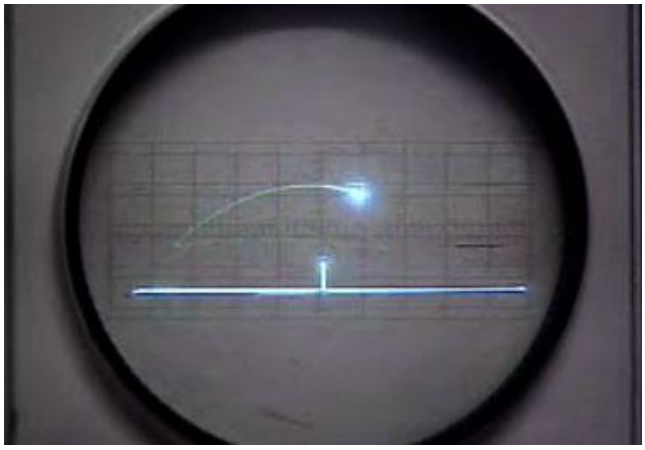

FIGURA 1: Osciloscópio com o *Tennis for Two*
Fonte: Burrowes (2010)

Seguindo na ordem cronológica temos o *Spacewar*! criado em 1961 por três estudantes do *Massachussets Institute of Technology*. Eles implementaram o jogo em um DEC PDP-1.

O jogo era uma batalha entre duas naves controlada por dois jogadores diferentes. Assim como no *Tennis for Two* este era jogado por duas pessoas.

Então em 1966, Ralph Baer, um engenheiro alemão enxergou na televisão um novo potencial de entretenimento, ele começou a montar um projeto que, mais tarde, ficou conhecido como *brown box*, como visto na Figura 2.

FIGURA 2: O *brown box* de Ralph Baer.
Fonte: Baer (2010)

Logo depois em 1970, Baer demonstrou o projeto para a Magnavox (uma empresa de produtos eletrônicos) que se interessou em licenciar o *brown box*, surgia então o primeiro console comercial: Magnavox Odyssey 100 lançado oficialmente em 1972 (BAER, 2010).

Durante estas últimas décadas os jogos evoluíram muito, novos consoles foram lançados, modernos, impulsionaram a indústria de jogos.

Atualmente, a indústria de jogos eletrônicos fatura alto, em 2009, o faturamento foi de 10,5 bilhões de dólares, e praticamente, dobrou de tamanho em 10 anos (ESA, 2010).

2.1.1 *First Person Shooter (FPS)*

Os jogos do tipo *first person shooter (fps)* são considerados jogos onde a perspectiva é a de primeira-pessoa. O personagem do jogador não está visível na tela, ao invés disso, a perspectiva vista é a do personagem, como se o jogador estivesse vendo através dos olhos deste (GARMON, 2005).

Um dos exemplos mais antigos é o *Maze War* (REED, 2010), construído em 1974, utilizava dois computadores Xerox Alto ligados diretamente. Cada jogador procurava o outro em um labirinto representado em uma perspectiva em três dimensões, ver Figura 3.

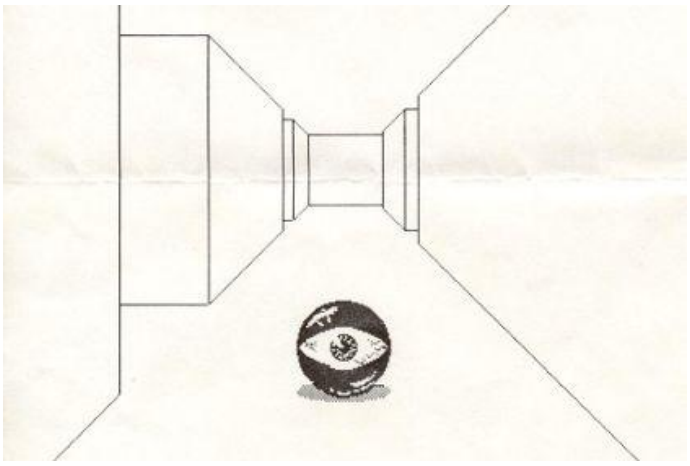

FIGURA 3: Jogo *Maze War*
Fonte: Reed (2009)

Mas só em 1980 com o jogo *Battlezone* da Atari é que o gênero tornou-se o primeiro sucesso comercial do gênero segundo Reed (2009). Os gráficos apresentam um cenário em *wireframe* e o jogo se baseia em uma caçada entre dois tanques.

Em um contexto mais atual temos o *Call of Duty: Modern Warfare 3*, que foi o lançamento de entretenimento mais vendido da história, com 6,5 milhões de cópias nas primeiras 24 horas (BORGO, 2012). Exemplo do jogo na Figura 4.

FIGURA 4: Call of Duty *Modern Warfare 3* em modo multijogador
Fonte: Stuart (2011)

2.1.2 *Remake*

Trata-se de relançar um jogo previamente lançado. Conforme as plataformas vão se tornando mais avançadas, os jogos mais antigos vão ficando defasados tecnologicamente. Assim, é feita uma atualização na parte gráfica do jogo original, melhora-se um pouco a jogabilidade, atualiza-se os sons e então o jogo é relançado no mercado.

2.2 *Game engine*

Conforme Ribeiro e Santos (2009, p.85), "Uma *engine* pode ser considerada como uma camada extra de abstração separando a camada de aplicação dos comandos em mais específicos de mais baixo nível". *Engines* normalmente contém um conjunto de componentes para: renderização, controle de colisão e física, áudio, inteligência artificial, dentre outros (GREGORY, 2009). Todos estes componentes são essenciais para o funcionamento do jogo.

Ela existe para abstrair (o que, às vezes, é dependente de plataforma) detalhes comuns aos jogos, como por exemplo, renderização, colisão/física, dispositivos de entrada (WARD, 2008).

2.1.2 *Software Development Kit*

São pacotes completos que, além da *engine*, o fabricante disponibiliza ferramentas extras para: modelagem, animação, texturização, programação com linguagem própria, áudio, inteligência

artificial, dentre outros. Como exemplo podemos citar: Unreal Development Kit (UDK, 2010), CryEngine Sandbox (MYCRYENGINE, 2012), Unity 3D (UNITY, 2010).

2.2 Análise qualitativa e quantitativa

Segundo Jung (2004), os modelos qualitativos são formulados a partir de descrições intuitivas do pesquisador ou do pesquisado. Representa os objetos ou indivíduos e as relações associadas. Este modelo é passível de interferência positiva ou negativa do próprio pesquisador e, não se aplica a experimentos que visam repetição, verificação e comprovação.

Os modelos quantitativos utilizam enunciados analíticos e descrição matemática de variáveis e suas relações para modelar um determinado fenômeno. São muito utilizados nas ciências em geral para suporte de trabalhos científicos e representação do conhecimento. É um modelo limitado para registrar e analisar problemas comportamentais de forma analítica.

A presente análise utiliza o modelo quantitativo, pois baseia-se em um modelo de métricas e pesos apresentado por Ribeiro e Santos (2009).

2.2.1 Trabalhos correlatos

A utilização de métricas para avaliar *engines* não é novidade. Dentre os trabalhos já publicados podemos citar: Eves e Meehan (2008), eles propõem métricas com pontuação associada. Porém a pontuação é definida por um analisador que as aplica. Isto torna o resultado imparcial e variável (Ribeiro e Santos, 2009). Outro trabalho citado por Ribeiro e Santos, o de Korva (2007) consta vários pontos que devem ser considerados na seleção de *engines*, porém não define pontuação.

Trenholme e Smith (2008) possui poucos pontos a serem analisados, abrangendo de forma insatisfatória as funcionalidades das *engines* atuais.

Existe outro trabalho relacionado que separa as métricas por categoria e atribui pontuação. São as categorias: gráficos, acessórios, suporte e de software (RIBEIRO e SANTOS, 2009).

Diferente dos trabalhos citados, este trabalho terá como base a tabela de métricas proposta por Ribeiro e Santos (2009) além de favorecer, com pontos extras, algumas métricas para jogos *fps*.

3. Levantamento de *game engines*

Para realizar o levantamento de *game engines* foi utilizado o sítio Devmaster (2012), que contém uma grande lista de *engines*. Para uma seleção inicial foram utilizados os seguintes requisitos:

a) Deve ser *game engine* e não somente *engine*: as *engines* específicas, por exemplo, de som ou renderização não serão consideradas.
b) Capacidade gráfica tridimensional: a *game engine* deve ser capaz de gerar gráficos tridimensionais.
c) Constantes atualizações: não deve ser uma *engine* desatualizada, que já não sofre mais atualizações.
d) Projetos comerciais: a *engine* candidata deve ter algum projeto comercial lançado (pelo menos um).
e) Capacidade *WYSIWYG*: o usuário deverá visualizar a cena assim como ela será renderizada no dispositivo final (computador pessoal ou console de jogos) enquanto edita.
f) Plataforma: console ou computador pessoal. Engines para dispositivos móveis não foram consideradas.

3.1 Métricas

Após a pré-seleção das *engines* foram aplicadas algumas métricas para pontuação baseadas em Ribeiro e Santos (2009). As métricas propostas por Ribeiro e Santos (2009) são separadas por grupos, que são: (G) gráficos, (A) acessórios, (Sp) suporte e (Sf) software, e dentro dos grupos constam as funcionalidades e suas pontuações. Na Tabela 1 são listados os grupos de métricas, funcionalidades e pontuações, sendo a pontuação distribuída da seguinte forma: um ponto para funcionalidade básica; dois pontos para funcionalidade recomendada e três para funcionalidade avançada.

TABELA 1 - Métricas propostas por Ribeiro e Santos

Gerente de cena (G)		Iluminação (G)		Efeitos Especiais (G)		Texturização (G)		Animação (G)		Malhas (G)	
Geral	1	*Lightmaps*	1	*Billboarding*	1	Básica	1	*Keyframes*	2	Leitura	1
BSP	1	Por-Vértice	1	*Lens flare*	2	Multitextura	1	Por esqueletos	2	Deformação	3
Portais	2	Por-Pixel	2	Sist. partículas	2	*Bump mapping*	2	*Blending*	2	Progressivas	3
Octrees	2	Anisotropia	2	Prof. de campo	2	Formatos	*	*Inv. knematics*	3	Formatos	*
Pag. paisagem	3	Volumétrica	3	Névoa ou Céu	2			*Fwd. knematics*	3		
		Radiosidade	3	Água ou Fogo	3			*Morphing*	3		
		BRDF	3	*Motion blur*	3			Facial	3		
				Climáticos	3						
Shaders (G)		**Terreno (G)**		**Sombras (G)**		**API Gráfica (G)**		**Sist. Op. (Sf)**		**Linguagens (Sf)**	
Vertex shader	2	Básico	1	*Shadow map*	1	OpenGL	*	Tipo	*	C/C++,	
Pixel shader	2	Deformável	3	*Shadow volume*	3	DirectX	*	Quantidade	*	Java, etc.	*
Gerais (G)		**Rede (A)**		**Física (A)**		**Int. Artificial (A)**		**Som (A)**		**Suporte (Sp)**	
GUI	1	Estruturação	1	Básico	1	*Pathfinding*	2	Básico	1	Exemplos	1
Entrada/saída	2	Cliente/servidor	2	Detecção colisão	1	Tomada decisão	2	3D	2	Fórum	2
Scripting	2	Ponto a ponto	2	Veículo	3	*Script*	2	*Streaming*	2	*Chat online*	2
Possui algum		Segurança	3	*Ragdoll*	3	Formação	3	Formatos	*	Documentação	2
tipo de editor	3			Terreno	3						
Estado desenv.	*			Fluído	3						
Custo	*										

Fonte: Ribeiro e Santos (2009)

Algumas modificações foram introduzidas para facilitar a escolha de uma engine para jogos *fps*, são elas:

a) Características novas no grupo Geral: Editor de partículas (3 pontos), editor e animador tridimensional (3 pontos), navegador *fps* (3 pontos). Na categoria Efeitos especiais foi adicionada a característica de explosões (2 pontos).

b) Certas características terão pontos adicionais. Na categoria Efeitos especiais: Sistema de partículas, profundidade de campo e climáticos; na categoria Animação, a característica Facial; na categoria Inteligência Artificial: tomada de decisão e *Script*; e na categoria Som, a capacidade tridimensional.

c) Algumas características foram ignoradas: grupo Sistema operacional; característica Custo; característica Estado de desenvolvimento, que também já foi pré-selecionado como Ativo. API gráfica e linguagens de programação também foram ignoradas.

A seleção das *engines* ocorreu em duas etapas distintas. Na primeira etapa foram aplicados os seguintes critérios: deve ser *game engine*; ter capacidade tridimensional; editor WYSIWYG; constantes atualizações; ter pelo menos um projeto comercial lançado e plataforma alvo ser console ou PC.

Na segunda etapa foram aplicadas as métricas propostas por Ribeiro e Santos (2009), resultando em uma tabela de *engines* com seus respectivos pontos. Na Tabela 2 temos a pontuação das engines por grupo, bem como o total de pontos de cada uma. A Tabela 3 apresenta as cinco *engines* que obtiveram melhor pontuação final.

Uma descrição mais detalhada dos resultados da pontuação pode ser encontrada no Apêndice A até o Apêndice I.

No Apêndice J até o Apêndice P encontramos uma listagem completa de *engines* retirada de Devmaster (2012) incluíndo as que não atenderam aos pré-requisitos.

TABELA 2 – Pontuação das *engines* por grupo

Engine	Gerais	Efeitos	Iluminação	Sombras	Textura	Shaders	Malhas	Ger. cena	Animação	Terreno	Física	Rede	IA	Som	Suporte	Total
C4	7	11	0	4	4	2	1	2	10	1	4	5	0	6	5	62
CryEngine	16	29	14	4	4	4	7	5	16	4	11	4	8	6	5	137
Cube 2	11	14	4	1	2	4	1	3	4	0	5	2	5	6	5	67
Delta3D	6	15	3	0	4	4	1	1	2	1	1	0	0	4	0	42
DX Studio	10	29	9	4	4	4	4	2	10	1	5	2	8	6	5	103
Esenthel	13	27	7	1	3	0	4	0	14	1	8	4	2	4	5	93
Gamecore	14	26	7	1	4	4	7	3	12	4	5	2	8	6	5	108
Infernal	13	29	15	4	4	4	7	3	19	4	5	4	8	5	5	129
Lawmaker	9	25	15	3	4	4	4	6	6	1	5	2	8	6	4	102
Quest3D	10	23	7	4	4	4	1	2	12	4	5	4	8	6	5	99
Shark 3D	7	9	6	4	4	4	1	1	16	1	5	4	3	6	0	71
Shiva	10	22	4	1	4	4	1	4	9	0	5	2	8	6	3	83
Source	13	11	7	1	4	4	7	3	11	4	8	2	8	6	5	94
SunBurn	3	0	8	1	3	0	1	2	4	4	2	4	0	4	5	41
Torque	8	13	7	1	4	4	4	4	7	1	5	2	3	6	5	74
Traktor	6	6	0	1	0	4	1	0	7	0	2	2	0	4	0	33
Unigine	10	25	9	1	4	4	7	6	10	1	8	2	3	6	5	101
Unity	10	13	4	0	3	4	1	0	2	1	5	2	3	6	5	59
UDK	16	29	12	4	4	4	7	6	19	4	8	4	8	6	5	136
Vicious	7	27	5	3	4	4	1	3	16	1	5	2	5	6	3	92
Vision	7	24	15	4	4	4	7	5	16	4	5	4	8	4	3	114
Visual3D	10	29	0	1	4	4	4	4	13	1	5	4	8	6	4	97

TABELA 3 – As cinco *engines* com maior pontuação

Engine	**Pontos**
CryEngine	137
UDK	136
Infernal	129
Vision	114
Gamecore	108

4. Remake

Utilizando a *engine* de melhor pontuação foi desenvolvido um *remake* de uma fase baseado no jogo *Wolfenstein 3D* (2012). As seções a seguir abordam o processo de desenvolvimento do jogo.

4.1 Metodologias de desenvolvimento de jogos

Segundo Barros (2007), a maioria das metodologias existentes hoje para desenvolvimento de jogos eletrônicos são adaptações de outras metodologias já existentes. Isto se deve ao fato de que: (i) as equipes de projeto de jogos costumam ser multidisciplinares; pessoas com papéis diferentes no projeto tais como programadores e artistas; (ii) este tipo de projeto é bastante dinâmico e altamente susceptível a mudanças do ambiente e do negócio.

Em pesquisa realizada, foram encontradas as seguintes metodologias para o desenvolvimento de jogos:

a) *Game Waterfall Process*: baseado no antigo modelo em cascata, assim, todas as atividades envolvidas com a produção de um sistema ocorrem de forma sequencial. As fases deste modelo adaptado são: concepção; pré-produção; requisitos; pós-produção; pós-lançamento. Este modelo apresenta alguns problemas relacionados com a produtividade e resposta a mudanças, pois problemas que poderiam ser resolvidos na fase inicial acabam se tornando muito grandes quando detectados tardiamente.

b) *Extreme Game Development*: baseado no *Extreme Programming*, porém com uma adaptação para equipes multidisciplinares com papéis diferentes que compõe a equipe. Esta metodologia mantém os mesmos princípios básicos da *Extreme Programming*: Comunicação; Simplicidade; *Feedback*; Coragem e Respeito. Um dos principais problemas desta abordagem (CARVALHO, 2006) é que ela não

produz naturalmente a documentação necessária no nível de detalhamento que é exigido.

c) *Game Unified Process*: criado por um gerente de projetos na área de jogos esta metodologia visa unir características presentes em duas outras metodologias: *Extreme Programming* e RUP. Não se encontra na literatura relatos precisos da sua utilização. A principal proposta é unir o foco em iterações curtas do XP ao foco de iterações longas do RUP, e estas, foram adaptadas às equipes multidisciplinares envolvidas.

d) *SCRUM*: assim como a *Extreme Game Development* é uma metodologia ágil, flexível e aceita bem mudanças que podem ocorrer durante o projeto, principalmente em contextos poucos definidos. No SCRUM existe a figura do facilitador denominado *Scrum master*. O *Scrum master* é responsável, basicamente, por monitorar a execução da metodologia. Outro papel, o *Product Owner* representa o patrocinador do projeto.

Dentre as metodologias apresentadas, a Scrum foi selecionada para este trabalho devido a facilidade e anterior experiência com a metodologia. A próxima seção apresenta os detalhes desta metodologia.

4.2 Metodologia *Scrum*

Uma metodologia ágil, interativa e incremental, aceita bem mudanças no projeto. Não é uma metodologia específica para desenvolvimento de jogos, mas vem sendo usada por empresas ao redor do mundo (Barros, 2007).

Essa premissa de aceitação e adaptação das mudanças vai de encontro a metodologias preditivas, como o RUP. Estas, ditas preditivas, consideram que é possível prever todas as necessidades antes do projeto ser executado (Schwaber, 2004).

Nesta metodologia há papéis bem definidos e artefatos que auxiliam no gerenciamento do projeto.

Os papéis:

a) *Scrum Master*: Lidera a equipe, gerencia os interesses do *Product Owner* mediante o *Team*. Monitora a execução da metodologia.

b) *Product Owner*: Representa o patrocinador do projeto. Define as funcionalidades do produto. Aceita ou rejeita o resultado dos trabalhos.

c) *Team*: Grupo de pessoas diretamente ligadas ao trabalho que precisa ser feito. Este grupo deve ter pessoas capazes de analisar a solução, codifica-la e testa-la sem necessitar de outros times ou outras pessoas.

Os artefatos:

a) *Product Backlog*: Definem as funcionalidades do produto, são priorizadas pelo *Product Owner*.
b) *Sprint Backlog*: Lista de tarefas a serem realizadas a cada iteração (*sprint*). Definida pelo *Product Owner* e a equipe de desenvolvimento.
c) *Impediment List*: Listagem dos empecilhos encontrados pela equipe de desenvolvimento. Estes problemas deve ser resolvidos pelo *Scrum Master*.
d) *Product Backlog Burn Down:* Relatório com as funcionalidades já completadas.
e) *Sprint Backlog Burn Down:* Relatório com as funcionalidades já completadas de um *sprint* específico.

E por fim, a divisão do projeto em três fases:

a) Preparação: Definições iniciais do projeto, o *Product Backlog* por exemplo.
b) *Sprint*: São reuniões onde: é feito planejamento inicial com prioridades das funcionalidades. A equipe informa aos outros integrantes no que trabalharam. São revisadas as funcionalidades entregues. O *Product Owner* analisa o que foi entregue e pode solicitar modificações. o *Product Backlog* é atualizado pelo *Product Owner*. Uma nova classificação das prioridades é gerada. É um ciclo.
c) Encerramento: É a entrega final do produto, após todos os *sprints* finalizarem.

4.3 Desenvolvimento

Conforme 3DREALMS (2012), o jogo *Wolfenstein 3D* foi lançado em Maio de 1992. Seu enredo conta a estória do espião "B.J." Blazkowicz durante a Segunda Guerra Mundial que fora preso em um castelo após sua missão para encontrar os planos da operação *Eisenfaust* ter falhado. No início do *Wolfenstein 3D* é exatamente a hora em que ele escapa da cela, e então o jogo começa.

Um os objetivos deste trabalho, além de uma seleção de *engine,* foi a de demonstrar algumas características propostas em um *remake* de uma fase.

Optou-se por um ambiente aberto (em vez de um ambiente fechado de um castelo) para facilitar a demonstração das características visuais que a *engine* escolhida oferece.

4.3.1 CryEngine

A CryEngine é uma suite completa de desenvolvimento de jogos, com suporte para plataformas: PC, Microsoft Xbox 360 e Sony PlayStation 3. Segundo Tracy e Reindell (2012), a ferramenta de maior destaque em uma *game engine* é o editor de níveis, e na CryEngine este é denominado *SandBox*. Este possui uma série de ferramentas e editores específicos para o desenvolvimento de jogos. Segundo MYCRYENGINE (2012), podemos citar:

a) Editor de Materiais: usado para aplicar ou modificar materiais em diferentes tipos de objetos e terrenos. Podem-se modificar propriedades e parâmetros no editor.
b) *FlowGraph*: é um editor visual que permite ao desenvolvedor uma interface intuitiva para criar e controlar eventos, *triggers*, lógica do jogo, efeitos e som.
c) *Track View*: editor para criação de sequências de vídeo interativas.
d) Editor de veículos: editor dedicado para criação de veículos.
e) Editor de personagens: criação e modificação de personagens.

Dentre outras características também inclui ferramentas dedicadas para estradas, rios, editor de partículas, vegetação, pintura de terreno. Na Figura 5 podemos ter uma ideia do ambiente de desenvolvimento *Sandbox* da CryEngine.

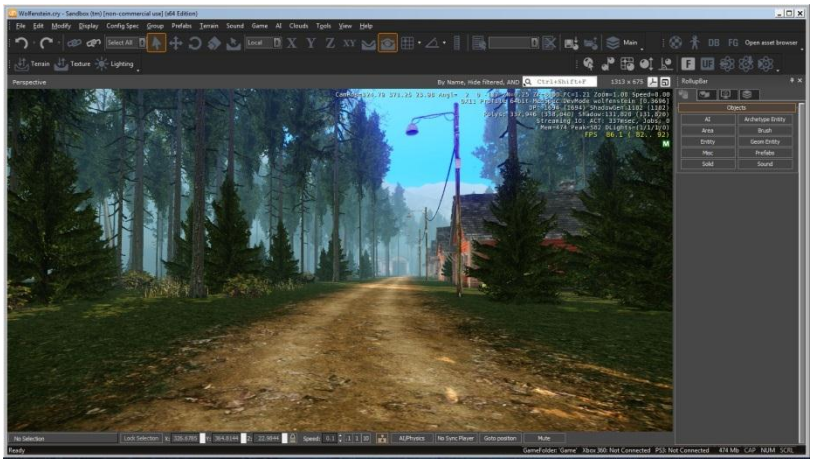

FIGURA 5: O editor da CryEngine: Sandbox.

4.3.2 Enredo do *remake*

Rumores começam a surgir de que existe uma pequena vila no interior da Alemanha onde cientistas estariam trabalhando em novos projetos que dariam um rumo definitivo à guerra. A missão do espião Blazkowicz será de confirmar a existência desta vila e dos planos. Para isto, ele será infiltrado nas proximidades da suposta localização desta vila. Após localizada a vila ele deverá atestar a existência de tais planos para que seja autorizada uma intervenção maior posterior. Para

isto deve visitar as contruções da vila e encontrar os planos. Com os planos reconhecidos, o agente deverá retornar para o ponto inicial onde foi deixado. A vila é vigiada por guardas.

4.3.3 Mapa e terreno

Para o terreno do jogo, foi criado um mapa correspondente a 1024 por 1024 metros. As deformidades do terreno foram geradas automaticamente. Um mapa de altura pode ser gerado automaticamente seguindo alguns parâmetros, como na Figura 6.

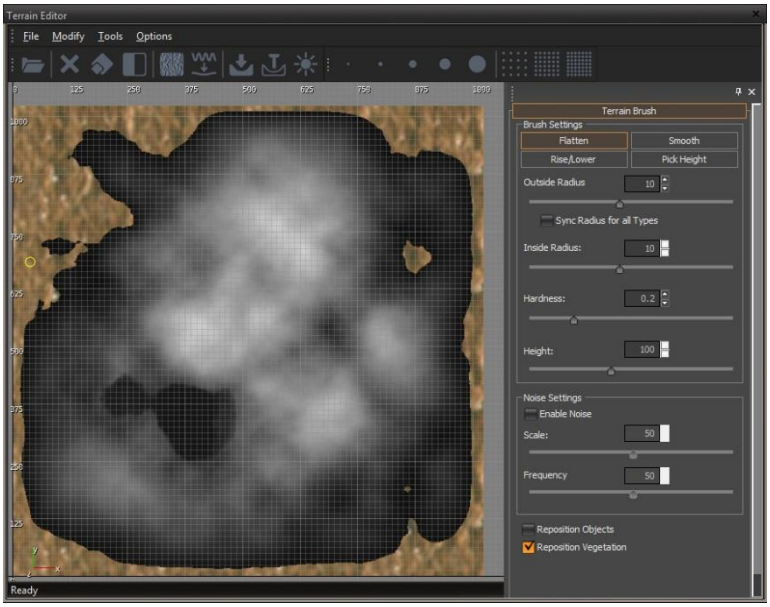

FIGURA 6: O editor de terreno com o mapa de altura gerado automaticamente.

Após a geração do mapa foi adicionado ao terreno uma textura de grama em toda a sua superfície. Para a criação da vila, foram abertas duas clareiras em meio às montanhas com a ferramenta de edição de terreno, conforme vemos na Figura 7.

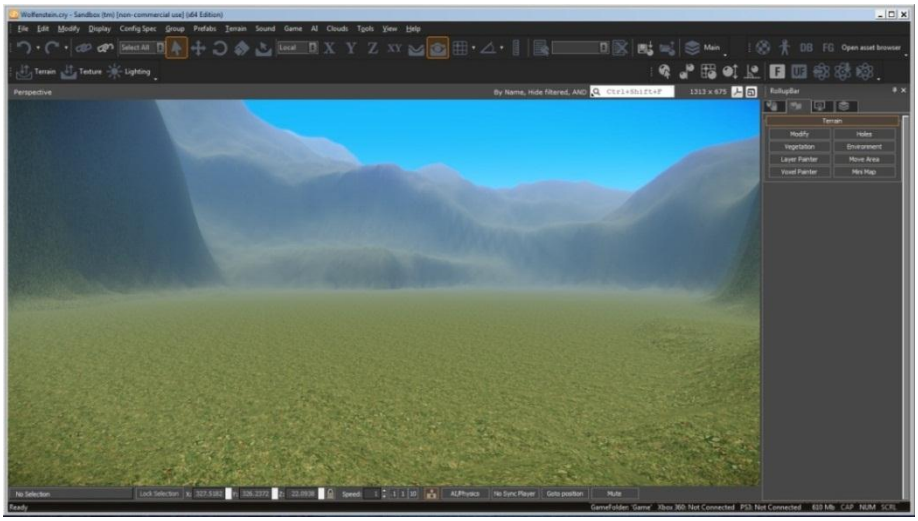

FIGURA 7: Clareira aberta no terreno já texturizado.

A CryEngine já vem com vários componentes prontos para utilização, embora também aceite importação de objetos de programas de terceiros. Para a vila, o que inclui: a vegetação, casas, postes, hangares, inimigos e outros itens visíveis, foi utilizado componentes da própria ferramenta. A ferramenta já está pronta para jogos do tipo *fps* (tiro em primeira pessoa), ela oferece um personagem principal já configurado.

O ambiente final ficou com duas áreas, uma primeira área onde ficou a vila e outra área próxima onde o jogador iniciará o jogo.

4.4 Resultados

4.4.1 Análise das métricas

A Tabela 4 apresenta algumas métricas utilizadas pelo jogo, relacionando-as com a experiência real de uso durante o processo de desenvolvimento.

Tabela 4 – Métricas e experiência no desenvolvimento

Métrica	Desenvolvimento
Capacidade WYSIWYG	O editor *SandBox* da CryEngine possui capacidade de visualizar a cena ou nível que está sendo criado de forma real, ou seja, aquilo que está sendo criado ou modificado já é mostrado como ficará na versão final. Partículas como fogo, fumaça ou mesmo água são visualizadas de forma animada de acordo de como foram parametrizadas.
Navegador fps	Seria um modo de jogo, que pode ser acionado a qualquer momento durante o desenvolvimento do nível ou cena. Permite que o desenvolvedor navegue no mapa que está criando como se fosse o jogador, para testar a navegação no mapa.
Sistema de partículas	Via sistema de partículas foi adicionado fumaça na chaminé de uma das construções. A *engine* possui diversos efeitos de partículas prontos, e estes podem ser reconfigurados.
Som tridimensional	O jogador consegue identificar a posição de origem de um determinado som durante o jogo. Se este está na sua esquerda ou direita, se está perto ou mais distante. Funciona também durante o modo de desenvolvimento, respeitando o realismo da cena.
Texturização, bump mapping	No editor de materiais, além do mapa difuso, é possível indicar um mapa para o efeito de bump, e ainda mapa especular.
Efeitos especiais, névoa e céu	O mapa inclui uma névoa a fim de aumentar o realismo. Um céu e um oceano são adicionados automaticamente na criação de novos mapas. Há configurações para hora do dia, posição do nascer do sol e variação do tempo durante o jogo.
Suporte, documentação	Uma extensa documentação da engine pode ser encontrada em FREESDK (2012), separada pelos principais tópicos das ferramentas da CryEngine.

4.4.2 O jogo

O personagem é um espião chamado de “B.J.” Blazkowicz que tem a missão de encontrar uma vila onde supostamente cientistas alemães estariam trabalhando em projetos secretos durante a Segunda Guerra Mundial. A missão é de reconhecimento, o jogador deve encontrar a vila, atestar a existência dos planos e voltar ao ponto inicial da fase. Na Figura 8 vemos uma vista da vila.

FIGURA 8: A vila.

Os planos, que o personagem deve encontrar, podem ser vistos na Figura 9 abaixo.

FIGURA 9: Planos secretos sobre uma mesa.

5. Conclusão

O trabalho de estudo e análise de *engines* constituiu em um levantamento de *game engines* disponíveis no mercado, baseando-se em métricas foi estabelecido as melhores *engines* dentre estas disponíveis. A *engine* que obteve o melhor resultado foi a CryEngine 3.

Com esta *engine* de melhor pontuação foi criado uma fase tendo como base o jogo *Wolfenstein 3D*. Algumas das métricas utilizadas para pontuação foram destacadas e analisadas durante sua utilização.

Na CryEngine 3 o desenvolvedor tem disponíveis ferramentas profissionais para criação e manutenção de jogos de ponta, como por exemplo: editor visual de terreno, criação de vegetação visual, editor de materiais, editor de personagens, programação visual ou via código, sistema de partículas, editor de veículos, inteligência artificial, física e rede integrados. Estas características já integradas na *engine* deixam a equipe de desenvolvimento livre para se focar apenas nas características do jogo, sem preocupação com outros detalhes internos já implementados.

5.1 Trabalhos futuros

O jogo implementado poderia ser extendido acrescentando-se novos níveis. Assim outras características poderiam ser exploradas, dentre elas: importação de objetos de *software* de terceiros, edição de materiais, edição de personagens, edição de veículos.

Um estudo pode ser realizado a fim de acrescentar características novas no sistema de métricas proposta por Ribeiro e Santos (2009).

Referências

3DREALMS. **3D Realms site: Wolfenstein 3D**. Disponível em: <http://www.3drealms.com/wolf3d/>. Acessado em: 10 abr. 2012.

BAER, Ralph H. **Genesis: How the home video games industry began**. Disponível em: <http://pongmuseum.com/history/baer-videogameinvasion.php>. Acesso em: 30 nov. 2010.

BARROS, Rafael Lima Belém. **Análise de metodologias de desenvolvimento de software aplicadas ao desenvolvimento de jogos eletrônicos**. 2007. 69 f. Trabalho de Graduação (Bacharel em Ciências da Computação) – Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2007.

BORGO, Érico. **Call of Duty: Modern Warfare 3 bate recorde da indústria do entretenimento (de novo!)**. Disponível em: <http://omelete.uol.com.br/call-of-duty/games/call-duty-modern-warfare-3-bate-recorde-da-industria-do-entretenimento/>. Acesso em: 08 ago. 2012.

BURROWES, Declan. **The history of videogames: Part I – The primordial ooze**. Disponível em: <http://bnbgaming.com/2010/12/05/the-history-of-videogames-part-i-the-primordial-ooze/>. Acesso em: 28 nov. 2010.

CAMPBELL, Hank. **What was the first computer game?**. Disponível em: <http://www.science20.com/science_20/what_was_first_computer_game>. Acesso em: 27 nov. 2010.

CARVALHO, G. H. P. **Um modelo preditivo para desenvolvimento de jogos de computador**. 2006. 102p. Trabalho de Graduação (Bacharel em Ciências da Computação) – Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2006.

CHATFIELD, Tom. **Videogames now outperform Hollywood movies**. Disponível em: <http://www.guardian.co.uk/technology/gamesblog/2009/sep/27/videogames-hollywood>. Acesso em: 27 nov. 2010.

DEVMASTER. **Game and Graphics Engines Database**. Disponível em: <http://www.devmaster.net/engines>. Acesso em: 31 abr. 2012.

ESA. ***2010*** **Essential Facts About the Computer and Video Game Industry**. Disponível em: <http://www.theesa.com/facts/pdfs/ESA_Essential_Facts_2010.PDF>. Acesso em: 01 dez. 2010.

EVES, G.; MEEHAN, P. **The development of selection criteria for game engines in the development of simulation training systems.** [S.l.], 2008.

FREESDK. **Oficial CryEngine 3 Free SDK Documentation**. Disponível em: <http://freesdk.crydev.net/>. Acesso em: 02 set. 2012.

GARMON, Jason. **Geek Trivia: First Shots Fired**. Disponível em: <http://articles.techrepublic.com.com/5100-10878_11-5710539.html>. Acesso em: 23 ago. 2010.

GREGORY, Jason. **Game Engine Architecture**. Wellesley, MA, USA, A K Peters, 2009.

JUNG, Carlos Fernando. **Metodologia para pesquisa & desenvolvimento: aplicada a novas tecnologias, produtos e processos**. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil, 2004.

KORVA, T. **Open source & low cost game engines**. [S.l.] 2007.

LAIRD, John E. Research in Human-level AI using computer games. **Communications of the ACM**, vol. 45, n. 1, p. 32-35, jan. 2002.

LEWIS, Michael; JACOBSON, Jeffrey. **Game Engines in Scientific Research Communications of the ACM**. Vol. 45. No. 1, 2002.

MYCRYENGINE. ***Crytek´s CryEngine***. Disponível em: <http://mycryengine.com/>. Acesso em: 09 ago. 2012.

PETRIE, Josh. **Write Games, not Engines**. Disponível em: <http://scientificninja.com/blog/write-games-not-engines>. Acesso em: 07 ago. 2012.

REED, Kristan. **The history of first person shooters: Part 1**. Disponível em: <http://videogamesdaily.com/features/200909/the-history-of-first-person-shooters-part-1/>. Acesso em: 28 nov. 2010

RIBEIRO, Ítalo Mendes da S.; SANTOS, Selan Rodriges dos. Métricas para Avaliação de Motores de Jogos Tridimensionais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL, 8., 2009, Rio de Janeiro, **ANAIS *DO* SBGAMES 2009**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.sbgames.org/papers/sbgames09/computing/short/cts22_09.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2010.

SCHWABER, Ken. **Agile Project Management with Scrum**. Redmond, WA, USA, Microsoft Press, 2004.

STUART, Keith. **Modern Warfare 3 reviews: why is this the most hated game on the web?**. Disponível em: <http://www.guardian.co.uk/technology/gamesblog/2011/nov/10/modern-warfare-3-internet-hatred>. Acesso em: 08 ago. 2012.

TRACY, Sean; REINDELL, Paul. **CryEngine 3 Game Development: Beginner´s Guide**. Birmingham, UK, Packt Publishing, 2012.

TRENHOLME, David; SMITH, Shamus P. Computer game engines for developing first-person virtual environments. **Virtual Reality 2008**. n. 12, p. 181-187, mar. 2008.

UDK. **Unreal Development Kit**. Disponível em: <http://www.udk.com/>. Acesso em: 28 nov. 2010.

UNITY. **Unity Game Development Tool**. Disponível em: <http://unity3d.com/>. Acesso em: 28. Nov. 2010.

WARD, Jeff. **What is a game engine?**. Disponível em: <http://www.gamecareerguide.com/features/529/what_is_a_game_.php>. Acesso em: 04 dez. 2010.

Inserir aqui dados completos do autor:

Nome completo (sem abreviatura): Natanael Marcos Ritter Willrich

Nº Matrícula: 1090866

Telefone: (51) 9207 2095

*e-mail:*nrwillrich@gmail.com

APÊNDICE A – Tabela com pontuação de *engines*

Característica	Pontos	Extras	C4	CryEngine	Cube 2	Delta3D	DX Studio	Esenthel	Gamecore	Infernal
*Gerais										
GUI	1		x	x	x	x	x	x	x	x
E/S	2		x	x	x		x	x	x	x
Scripting	2		x	x	x	x	x	x	x	x
Editor script	2		x	x			x	x		x
Editor wysiwyg	0		x	x	x	x	x	x	x	x
Navegador fps	3			x	x				x	
Editor partículas	3			x		x	x	x	x	x
Editor e animador 3D	3			x	x			x	x	x
TOTAL			7	16	11	6	10	13	14	13
*Efeitos especiais										
Billboarding	1			x	x	x	x	x	x	x
Lens flare	2			x			x		x	x
Sist. Partículas	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x
Prof. Campo	2	1		x			x	x	x	x
Névoa	2		x	x	x	x	x	x	x	x
Céu	2			x	x	x	x	x	x	x
Água	3			x	x		x	x	x	x
Fogo	3		x	x			x	x	x	x
Motion blur	3		x	x			x	x		x
Climáticos	3	1		x		x	x	x	x	x
Explosões	3			x	x	x	x	x	x	x
TOTAL			11	29	14	15	29	27	26	29
*Iluminação										
Lightmaps	1			x	x		x	x	x	x
Por-Vértice	1				x	x	x	x	x	x
Por-Pixel	2			x	x	x	x	x	x	x
Anisotropia	2			x			x			x
Volumétrica	3			x				x		x
Radiosidade	3			x			x		x	x
BRDF	3			x						x
TOTAL			0	14	4	3	9	7	7	15
*Sombras										
Shadow map	1		x	x	x		x	x	x	x
Shadow volume	3		x	x			x			x
TOTAL			4	4	1	0	4	1	1	4

APÊNDICE B – Tabela com pontuação de *engines*

Característica	Pontos	Extras	C4	CryEngine	Cube 2	Delta3D	DX Studio	Esenthel	Gamecore	Infernal
*Texturização										
Básica	1		x	x	x	x	x	x	x	x
Multitextura	1		x	x	x	x	x		x	x
Bump mapping	2		x	x		x	x	x	x	x
TOTAL			4	4	2	4	4	3	4	4
*Shaders										
Vertex	2			x	x	x	x		x	x
Pixel	2		x	x	x	x	x		x	x
TOTAL			2	4	4	4	4	0	4	4
*Malhas										
Leitura	1		x	x	x	x	x	x	x	x
Deformação	3			x			x		x	x
Progressivas	3			x				x	x	x
TOTAL			1	7	1	1	4	4	7	7
*Gerente de cena										
Geral	1			x	x	x	x		x	x
BSP	1						x			
Portais	2		x	x						x
Octrees	2			x	x				x	
Pag. Paisagem	3									
TOTAL			2	5	3	1	2	0	3	3
*Animação										
Keyframes	2			x	x		x	x	x	x
Por esqueletos	2		x	x		x	x	x	x	x
Blending	2		x	x	x		x		x	x
Inv. Kinematics	3		x	x				x		x
Fwd. Kinematics	3		x					x	x	x
Morphing	3			x					x	x
Facial	3	1		x			x	x		x
TOTAL			10	16	4	2	10	14	12	19
*Terreno										
Básico	1		x	x		x	x	x	x	x
Deformável	3			x					x	x
TOTAL			1	4	0	1	1	1	4	4

APÊNDICE C – Tabela com pontuação de *engines*

Característica	Pontos	Extras	C4	CryEngine	Cube 2	Delta3D	DX Studio	Esenthel	Gamecore	Infernal
*Física										
Básico	1			x	x		x	x	x	x
Detecção colisão	1		x	x	x	x	x	x	x	x
Veículo	3			x			x	x	x	x
Ragdoll	3			x	x			x		
Terreno	3									
Fluído	3		x	x						
TOTAL			4	11	5	1	5	8	5	5
*Rede										
Estruturação	1									
Cliente servidor	2		x	x	x		x	x	x	x
Ponto a ponto	2			x				x		x
Segurança	3		x							
TOTAL			5	4	2	0	2	4	2	4
*Int. Artificial										
Pathfinding	2			x	x		x	x	x	x
Tomada decisão	2	1		x	x		x		x	x
Script	2	1		x			x		x	x
Formação	3									
TOTAL			0	8	5	0	8	2	8	8
*Som										
Básico	1		x	x	x	x	x	x	x	
3D	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x
Streaming	2		x	x	x		x		x	x
TOTAL			6	6	6	4	6	4	6	5
*Suporte										
Exemplos	1		x	x	x		x	x	x	x
Fórum	2		x	x	x		x	x	x	x
Documentação	2		x	x	x		x	x	x	x
TOTAL			5	5	5	0	5	5	5	5

APÊNDICE D – Tabela com pontuação de *engines*

Característica	Pontos	Extras	Lawmaker	Quest3D	Shark 3D	Shiva	Source	SunBurn	Torque	Traktor
*Gerais										
GUI	1		x	x	x	x	x	x	x	x
E/S	2			x	x	x	x	x	x	
Scripting	2		x	x	x	x	x		x	x
Editor script	2			x	x	x	x			
Editor wysiwyg	0		x	x	x	x	x	x	x	x
Navegador fps	3									
Editor partículas	3		x	x		x	x		x	x
Editor e animador 3D	3		x				x			
TOTAL			9	10	7	10	13	3	8	6
*Efeitos especiais										
Billboarding	1		x	x	x	x	x		x	
Lens flare	2		x	x		x			x	
Sist. Partículas	2	1	x	x	x	x	x		x	x
Prof. Campo	2	1	x							x
Névoa	2		x	x		x	x		x	
Céu	2		x	x	x	x	x		x	
Água	3		x	x	x	x	x		x	
Fogo	3		x	x		x				
Motion blur	3		x			x				
Climáticos	3	1		x						
Explosões	3		x	x		x				
TOTAL			25	23	9	22	11	0	13	6
*Iluminação										
Lightmaps	1		x	x	x	x	x	x	x	
Por-Vértice	1		x	x	x	x	x		x	
Por-Pixel	2		x	x	x	x	x	x	x	
Anisotropia	2		x		x			x		
Volumétrica	3		x					x		
Radiosidade	3		x	x			x		x	
BRDF	3		x							
TOTAL			15	7	6	4	7	8	7	0
*Sombras										
Shadow map	1			x	x	x	x	x	x	x
Shadow volume	3		x	x	x					
TOTAL			3	4	4	1	1	1	1	1

APÊNDICE E – Tabela com pontuação de *engines*

Característica	Pontos	Extras	Lawmaker	Quest3D	Shark 3D	Shiva	Source	SunBurn	Torque	Traktor
*Texturização										
Básica	1		x	x	x	x	x	x	x	
Multitextura	1		x	x	x	x	x		x	
Bump mapping	2		x	x	x	x	x	x	x	
TOTAL			4	4	4	4	4	3	4	0
*Shaders										
Vertex	2		x	x	x	x	x		x	x
Pixel	2		x	x	x	x	x		x	x
TOTAL			4	4	4	4	4	0	4	4
*Malhas										
Leitura	1		x	x	x	x	x	x	x	x
Deformação	3						x			
Progressivas	3		x				x		x	
TOTAL			4	1	1	1	7	1	4	1
*Gerente de cena										
Geral	1		x	x	x	x			x	
BSP	1		x	x		x	x		x	
Portais	2		x				x		x	
Octrees	2		x			x		x		
Pag. Paisagem	3									
TOTAL			6	2	1	4	3	2	4	0
*Animação										
Keyframes	2		x	x	x	x		x		x
Por esqueletos	2		x	x	x	x	x	x	x	x
Blending	2		x	x	x	x	x		x	
Inv. Kinematics	3								x	x
Fwd. Kinematics	3			x	x	x				
Morphing	3			x	x		x			
Facial	3	1			x		x			
TOTAL			6	12	16	9	11	4	7	7
*Terreno										
Básico	1		x	x	x		x	x	x	
Deformável	3			x			x	x		
TOTAL			1	4	1	0	4	4	1	0

APÊNDICE F – Tabela com pontuação de *engines*

Característica	Pontos	Extras	Lawmaker	Quest3D	Shark 3D	Shiva	Source	SunBurn	Torque	Traktor
*Física										
Básico	1		x	x	x	x	x	x	x	x
Detecção colisão	1		x	x	x	x	x	x	x	x
Veículo	3		x	x	x	x	x		x	
Ragdoll	3						x			
Terreno	3									
Fluído	3									
TOTAL			5	5	5	5	8	2	5	2
*Rede										
Estruturação	1									
Cliente servidor	2		x	x	x	x	x	x	x	
Ponto a ponto	2			x	x			x		x
Segurança	3									
TOTAL			2	4	4	2	2	4	2	2
*Int. Artificial										
Pathfinding	2		x	x		x	x			
Tomada decisão	2	1	x	x		x	x			
Script	2	1	x	x	x	x	x		x	
Formação	3									
TOTAL			8	8	3	8	8	0	3	0
*Som										
Básico	1		x	x	x	x	x	x	x	x
3D	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x
Streaming	2		x	x	x	x	x		x	
TOTAL			6	6	6	6	6	4	6	4
*Suporte										
Exemplos	1			x		x	x	x	x	
Fórum	2		x	x			x	x	x	
Documentação	2		x	x		x	x	x	x	
TOTAL			4	5	0	3	5	5	5	0

APÊNDICE G – Tabela com pontuação de *engines*

Característica	Pontos	Extras	Unigine	Unity	UDK	Vicious	Vision	Visual3D
*Gerais								
GUI	1		x	x	x	x	x	x
E/S	2		x	x	x	x	x	x
Scripting	2		x	x	x	x	x	x
Editor script	2		x	x	x	x	x	x
Editor wysiwyg	0		x	x	x	x	x	x
Navegador fps	3				x			
Editor partículas	3		x	x	x			x
Editor e animador 3D	3				x			
TOTAL			10	10	16	7	7	10
*Efeitos especiais								
Billboarding	1		x		x	x	x	x
Lens flare	2			x	x	x	x	x
Sist. Partículas	2	1	x	x	x	x	x	x
Prof. Campo	2	1	x		x	x	x	x
Névoa	2				x			x
Céu	2		x	x	x	x	x	x
Água	3		x	x	x	x	x	x
Fogo	3		x		x	x		x
Motion blur	3		x	x	x	x	x	x
Climáticos	3	1	x		x	x	x	x
Explosões	3		x		x	x	x	x
TOTAL			25	13	29	27	24	29
*Iluminação								
Lightmaps	1		x	x	x	x	x	
Por-Vértice	1		x	x	x	x	x	
Por-Pixel	2		x	x	x		x	
Anisotropia	2		x		x		x	
Volumétrica	3						x	
Radiosidade	3		x		x	x	x	
BRDF	3				x		x	
TOTAL			9	4	12	5	15	0
*Sombras								
Shadow map	1		x		x		x	x
Shadow volume	3				x	x	x	
TOTAL			1	0	4	3	4	1

APÊNDICE H – Tabela com pontuação de *engines*

Característica	Pontos	Extras	Unigine	Unity	UDK	Vicious	Vision	Visual3D
*Texturização								
Básica	1		x	x	x	x	x	x
Multitextura	1		x		x	x	x	x
Bump mapping	2		x	x	x	x	x	x
TOTAL			4	3	4	4	4	4
*Shaders								
Vertex	2		x	x	x	x	x	x
Pixel	2		x	x	x	x	x	x
TOTAL			4	4	4	4	4	4
*Malhas								
Leitura	1		x	x	x	x	x	x
Deformação	3		x		x		x	x
Progressivas	3		x		x		x	
TOTAL			7	1	7	1	7	4
*Gerente de cena								
Geral	1		x		x	x	x	
BSP	1		x		x			
Portais	2		x		x	x	x	x
Octrees	2		x		x		x	x
Pag. Paisagem	3							
TOTAL			6	0	6	3	5	4
*Animação								
Keyframes	2			x	x	x	x	x
Por esqueletos	2		x		x	x	x	x
Blending	2		x		x	x	x	x
Inv. Kinematics	3		x		x			
Fwd. Kinematics	3		x		x	x	x	
Morphing	3				x	x	x	x
Facial	3	1			x	x	x	x
TOTAL			10	2	19	16	16	13
*Terreno								
Básico	1		x	x	x	x	x	x
Deformável	3				x		x	
TOTAL			1	1	4	1	4	1

APÊNDICE I – Tabela com pontuação de *engines*

Característica	Pontos	Extras	Unigine	Unity	UDK	Vicious	Vision	Visual3D
*Física								
Básico	1		x	x	x	x	x	x
Detecção colisão	1		x	x	x	x	x	x
Veículo	3		x	x	x	x	x	x
Ragdoll	3		x					
Terreno	3							
Fluído	3				x			
TOTAL			8	5	8	5	5	5
*Rede								
Estruturação	1							
Cliente servidor	2		x	x	x		x	x
Ponto a ponto	2				x	x	x	x
Segurança	3							
TOTAL			2	2	4	2	4	4
*Int. Artificial								
Pathfinding	2				x	x	x	x
Tomada decisão	2	1			x		x	x
Script	2	1	x	x	x	x	x	x
Formação	3							
TOTAL			3	3	8	5	8	8
*Som								
Básico	1		x	x	x	x	x	x
3D	2	1	x	x	x	x	x	x
Streaming	2		x	x	x	x		x
TOTAL			6	6	6	6	4	6
*Suporte								
Exemplos	1		x	x	x	x	x	
Fórum	2		x	x	x			x
Documentação	2		x	x	x	x	x	x
TOTAL			5	5	5	3	3	4

APÊNDICE J – Tabela das *engines*

Engine	Home Page	Aceita	Motivo
3D Rad V6	http://www.3drad.com/	N	Game maker
3D State 3DEngine	http://www.3dstate.com/httpdocs/default.htm	N	Sem editor WYSIWYG
3DCakeWalk	-	N	Sem projeto comercial
3DGameStudio	http://www.3dgamestudio.com/	N	Sem editor WYSIWYG
3DzzD	-	N	3D engine
3Impact	http://www.3impact.com/	N	Sem editor WYSIWYG
4DVR Quantum Engine	http://www.4dvr.org/	N	Sem projeto comercial
6DX	http://aztica.sourceforge.net/	N	3D Engine
Abyssal Engine	http://www.abyssalengine.com/press.html	N	Sem projeto comercial
Agar 1.2	http://libagar.org/agar/index.html.en	N	GUI engine
AGE	-	N	Sem projeto comercial
AGE 3D	http://www.age3d.org/	N	Sem projeto comercial
AGEN	http://www.2dengine.com/	N	2D engine
AgentFX	-	N	Incompleta, sem Rede
Ambrose3D	http://sol.gfxile.net/ambrose3d/	N	3D engine
Amp2	http://4drulers.com/	N	Sem editor WYSIWYG
Antiryad GX	http://www.arkham-development.com/	N	3D Engine
Apocalyx	http://apocalyx.sourceforge.net/	N	3D Engine
Apocalyx	http://apocalyx.sourceforge.net/	N	3D Engine
App Game Kit	http://www.appgamekit.com/	N	2D engine
Aquatica Engine	-	N	3D Engine
ArcEngine	http://www.mimicprod.net/	N	2D engine
Arces Engine	-	N	3D Engine
Arfnold 2	-	N	3D Engine
Artyshock	http://www.artyshock.net/	N	3D Engine (render)
Auran Jet	http://www.auran.com/jet/overview.htm	N	Sem editor WYSIWYG
Aviatrix 3D	http://aviatrix3d.j3d.org/	N	3D Engine (render lib)
Awakening	http://www.awingsoft.com/	N	Incompleta, sem Rede
Axiom	http://axiom3d.net/	N	3D engine
Baja Engine	http://www.bajaengine.com/	N	Sem editor WYSIWYG
Basic4GL	http://www.basic4gl.net/	N	Linguagem progr.
Beyond Virtual	-	N	Incompleta, sem Rede
BigWorld MMO	http://www.bigworldtech.com/	N	Voltada para MMO
Blade 3D	http://www.jumala.com/build	N	Incompleta, sem Rede
BlendELF	http://blendelf.com/	N	Sem projeto comercial
Blender Game Engine	http://www.blender.org/	N	Sem editor WYSIWYG
Blink 3D	http://www.blink3dworld.com/	N	3D environments
Blitz 3D	http://www.blitzbasic.com/	N	3D Engine
Blox Game Engine	-	N	2D engine
Bolt3D	-	N	3D library
Brume	http://chrisk.free.fr/cariboost2/	N	Sem projeto comercial
BuNg	http://www.wand.net.nz/~stj2/bung/	N	Sem projeto comercial

APÊNDICE K – Tabela das *engines*

Engine	Home Page	Aceita	Motivo
C4 engine	http://www.terathon.com/	S	
Cadabra 3D	-	N	Incompleta, sem Rede
Cadfaster|Engine SDK	http://www.cadfaster.com/	N	3D render
Cafu Engine	http://www.cafu.de/	N	Sem projeto comercial
Chai 3D	http://chai3d.org	N	3D engine
Chapter23	-	N	Java quake 3 viewer
Climax!	-	N	Não estável, alpha
CloakNT		N	3D Engine
CodeCreatures	http://www.codecult.com/	N	Sem projeto comercial
CodeCreatures	http://www.codecult.com/	N	Sem projeto comercial
Coldfire	http://www.flashbang.se/	N	Incompleta, sem Rede
CopperLicht	http://www.ambiera.com/	N	Sem projeto comercial
CPAL3D	http://www.cpal3d.net/	N	Incompleta, sem Rede
CryEngine	http://www.crydev.net	S	
CryptEngine	-	N	Sem projeto comercial
Crystal Space	http://www.crystalspace3d.org/	N	Incompleta, sem Rede
CSP Game Engine	http://www.melog.ch/dropper/	N	Incompleta, sem Rede
Cube 2	http://sauerbraten.org/	N	Sem editor WYSIWYG
Cube Engine	http://cubeengine.com/	N	Sem projeto comercial
DAFFY	http://www.visuall3d.com/	N	3D Engine
Dark Game SDK	http://www.thegamecreators.com/	N	Sem projeto comercial
DarkBasic	http://www.thegamecreators.com/	N	Sem projeto comercial
DarkBasic Pro	http://www.thegamecreators.com/	N	Sem projeto comercial
Dawn Bringer 3D	-	N	Incompleta, sem Rede
Dawntec 3D engine	http://www.dawntec.com/	N	Incompleta, sem Rede
Decoy3D	http://www.desgraff.com/	N	Sem projeto comercial
Deep Engine	-	N	Sem projeto comercial
Delta3D	http://www.delta3d.org/	S	
Demoniak3D	http://www.ozone3d.net/demoniak3d/	N	Sem projeto comercial
Destiny3D	-	N	Game scene
DFPGE	https://sites.google.com/site/dawoodoz/	N	Sem projeto comercial
Dragengine	http://dragengine.rptd.ch/	N	Incompleta, sem Rede
Dreamotion3D	-	N	Incompleta, sem Rede
DXQuake3	http://www.dxquake3.dsl.pipex.com/	N	Sem projeto comercial
DXStudio	http://www.dxstudio.com/	S	
Elemental Engine II	http://www.phatyaffle.com/	N	Sem projeto comercial
Endogine	www.codeproject.com/Articles/10768/Endogine-sprite-engine	N	Incompleta, sem Rede
Equalizer	http://www.equalizergraphics.com/	N	Create/Deploy openGL
Esenthel Engine	http://www.esenthel.com/	S	
Esperiment Creator	http://www.esperient.com/	N	3D Visual Modeler
Espresso3D	http://espresso3d.com	N	3D engine, sem rede
Eternity	-	N	Incompleta, sem Rede

APÊNDICE L – Tabela das *engines*

Engine	Home Page	Aceita	Motivo
Etherea1 Engine	http://www.etereo.com.br/	N	Renderização planetas
FANG Engine	http://www.fangengine.com/	N	Sem projeto comercial
Fireflame	http://www.firestorm.go.ro/	N	Engine de aprendizado
fl3dge	-	N	Sem projeto comercial
FlatRedBall	http://www.flatredball.com/frb/blog/	N	Incompleta, sem Rede
Fly3D 2.0	-	N	Descontinuada
FPS Creator	http://www.thegamecreators.com/	N	Não é OO
FreeMinds	-	N	Incompleta, sem Rede
G3D	http://g3d-cpp.sourceforge.net/	N	Incompleta, sem Rede
G3D Innovative	http://g3d.sourceforge.net/	N	Sem projeto comercial
G3D Innovative	http://g3d.sourceforge.net/	N	Sem projeto comercial
Gamebryo	http://www.gamebryo.com/en/Gamebryo/	N	Incompleta, sem Rede
GameCore	http://www.gamecore3d.com/	S	
GameStart	http://www.gamestart3d.com/	N	Incompleta, sem Rede
Gazoil engine	-	N	Incompleta, sem Rede
Genesis	-	N	3D engine
Genesis 3D	http://www.genesis3d.com/	N	Sem editor WYSIWYG
Genesis Device Engine	http://www.genesisdevice.net/engine.shtml	N	Incompleta, sem Rede
Glacier Game Engine	http://www.ioi.dk/technology/glacier.htm/	N	Sem opção compra
GLBasic	http://www.glbasic.com/	N	Não é OO
Globe_3D	http://globe3d.sourceforge.net/	N	Sem projeto comercial
GLScene	http://www.glscene.com/	N	Incompleta, sem Rede
Gnet Engine	http://gregoryjan.free.fr/3d.php	N	Sem projeto comercial
Graden Engine	-	N	Render engine
Graphite	http://www.quadsoftware.com/	N	Outdoor rendering
Gryps Engine	-	N	Sem página oficial
Hammer Engine	http://www.hmrengine.com/blog/	N	Incompleta, sem Rede
HAWK	http://hawksoft.com/hawk/	N	Incompleta, sem Rede
Helix Engine	http://www.bytenibble.com/	N	Silverlight isom. engine
Horde3D	http://www.horde3d.org/	N	Incompleta, sem Rede
Hoverware	http://hoverball.sourceforge.net/	N	Descontinuada
id Tech 4	http://www.iddevnet.com/	N	Doom 3, Quake 4 SDK
imtane	-	N	3D, graphics engine
Infernal Engine	http://www.infernalengine.com/	S	
Intrinsic Alchemy	-	N	Incompleta, sem Rede
ioQuake3	http://ioquake3.org/	N	Sem projeto comercial
Irrlicht	http://irrlicht.sourceforge.net/	N	3D engine
IwGame Engine	http://www.drmop.com/	N	2D engine
Jaw3D	http://www.jawed.com/programs/jaw3d.html	N	3D lib
JawMD2	http://www.jawed.com/programs/quake.html	N	Quake 2 Model viewer
Jet3D	http://www.jet3d.com/	N	Sem projeto comercial
jME	http://jmonkeyengine.com/	N	Sem editor WYSIWYG

APÊNDICE M – Tabela das *engines*

Engine	Home Page	Aceita	Motivo
jMeteor	http://www.dreddi.net/	N	3D engine
Jolt3D	http://jolt-3d.sourceforge.net/	N	Sem projeto comercial
Jupiter	-	N	Descontinuada
Jupiter EX	http://en.wikipedia.org/wiki/Lithtech	N	Sem website oficial
Kaneva Game Platform	http://developer.kaneva.com/default.aspx	N	Baseada em MMOG
kjApi	http://www.kjapi.com/kjwiki/	N	Sem projeto comercial
KlayGE	http://www.klayge.org/	N	Incompleta, sem Rede
Kochol Game Engine	http://kge3d.org/	N	Incompleta, sem Rede
KRI	http://code.google.com/p/kri/	N	Incompleta, sem Rede
Lavigne	http://www.lavgine.pl/	N	2D engine
LawMaker Game Engine	http://www.darkroomstudios.com/	S	
Leadwerks Engine	http://www.leadwerks.com	N	Sem projeto comercial
LEAF2	http://leafproject.com.sapo.pt/	N	Sem projeto comercial
Lightfeather	http://lightfeather.de/news.php	N	Sem projeto comercial
LightFire#	-	N	Sem projeto comercial
Lightning Engine	http://www.makingartstudios.com/	N	Sem projeto comercial
Lilith3D	http://www.grinninglizard.com/lilith/	N	3D engine outdoor
Linderdaum Engine	http://www.linderdaum.com	N	Incompleta, sem Rede
Lucid3D	-	N	Sem website oficial
Ludiloom	http://www.ludiloom.com/	N	Baseada em MMOG
Luxinia	http://www.luxinia.de/	N	3D engine
Lystra Engine	http://www.jazzd.de/lystra	N	3D engine
Maker3D	http://maker3d.tk/	N	RPG creator
Maratis	http://www.maratis3d.org/	N	Incompleta, sem Rede
Marmelade	http://www.madewithmarmalade.com/	N	Sem suporte Windows
Metrolog XG 2.0 engine	http://www.metrologic.fr/	N	3D control software
MNCadBuilder	http://www.develocad.com/	N	3d Core graphics
Mobex3D	http://www.mobex3d.com/	N	Sem projeto comercial
Modgine	http://modgine.com/	N	Incompleta, sem Rede
Monumental Tech Suite	http://www.monumentalgames.com/	N	Baseada em MMOG
MOS Engine	-	N	3D engine, sem rede
Mud Designer Kit	http://muddesigner.codeplex.com/	N	Não é engine
Muli3D	http://muli3d.sourceforge.net/	N	3D render
Multiverse	http://www.monumentalgames.com/	N	Baseada em MMOG
Nectar Engine	-	N	Sem projeto comercial
Nelit 2 Engine	http://nelit2e.sourceforge.net/	N	Sem projeto comercial
NemoX 3D engine	http://perso.numericable.fr/~gazkole/malakoff/	N	Incompleta, sem Rede
Neoaxis Engine	http://www.neoaxisgroup.com/	N	Incompleta, sem Rede
NeoEngine	http://www.neoengine.org/	N	Sem projeto comercial
Nevrax Library	http://www.opennel.org/	N	Sem projeto comercial
ng3d	http://www.ngdstudios.com.ar/	N	Sem projeto comercial
nGENE Tech	http://ngene.wikidot.com	N	Sem projeto comercial

APÊNDICE N – Tabela das *engines*

Engine	Home Page	Aceita	Motivo
Nirvana3D Engine	http://nirvana3d.sf.net	N	3D engine
Nytro Game Engine	http://7thfactor.ro/nytro/blog/	N	Sem projeto comercial
Oddity Engine	http://oddityinteractive.com/	N	Incompleta, sem Rede
Ogre	http://www.ogre3d.org/	N	3D engine
Open Dynamics Engine	http://ode.org/	N	Simulador rigid body
OpenBlox	http://openblox.sourceforge.net/	N	Sem projeto comercial
OpenGVS	http://www.sai.msu.su/sal/E/3/OPENGVS.html	N	Scene manager
OpenSceneGraph	http://www.openscenegraph.org/projects/osg	N	Incompleta, sem Rede
OpenSpace3D	http://www.openspace3d.com/	N	3D renderer
Ovorp	http://ostatic.com/ovorp	N	Incompleta, sem Rede
Panda3D	http://www.panda3d.org/	N	Sem editor WYSIWYG
Patch3D	-	N	3D engine
PixelLight	http://www.pixellight.org/site/	N	3D app framework
Planta	-	N	Foliage renderer
Project Offset	http://software.intel.com/en-us/articles/vcsource/	N	Sem projeto comercial
protea	-	N	3D engine
PTL	http://membres.lycos.fr/frochet/frame.htm	N	3D engine
PushButton Engine	http://pushbuttonengine.com/	N	Flash engine
Q 2.0 Technology	http://www.qubesoft.com/#es2	N	Incompleta, sem Rede
Q Engine	http://qdn.qubesoft.com/	N	Incompleta, sem Rede
QDTE	http://membres.lycos.fr/frochet/frame.htm	N	Terrain engine
Quesa	http://quesa.sf.net	N	3D graph library
Quest 3D	http://www.quest3d.com/	S	
Quick3DApplet	http://proudman51.freeserve.co.uk/	N	3D model loader
QuickStart Engine	http://quickstartengine.codeplex.com/	N	Incompleta, sem Rede
Rage 3D Game Engine	http://www.rage-game-engine.za.net/	N	Incompleta, sem Rede
Raydium	http://raydium.org/	N	Sem projeto comercial
Reality Factory	http://www.realityfactory.info/cms/	N	Sem projeto comercial
RealmCrafter	http://realmcrafter.com/	N	Sem projeto comercial
REVERT3D	http://revert3d.blogspot.com.br	N	2.5D engine
Rex3D-engine	-	N	3D engine
RomantiqueX	http://romantiquex.codeplex.com/	N	Incompleta, sem Rede
S2Engine	http://www.profenix.com/eng/	N	Incompleta, sem Rede
SARGE Animation SDK	http://www.sarge-sdk.com/	N	Modelagem, animação
Second Life	http://secondlife.com/	N	Voltada ao Second Life
Serious Engine	-	N	Sem página oficial, desc.
Shark 3D	http://www.spinor.com/games-index.html	S	
ShiVa Engine	http://www.stonetrip.com/	S	
Silent walk FPS Creator	http://www.silentworks.hu/index.php	N	Incompleta, sem Rede
SoftPixel-Engine	http://softpixelengine.sourceforge.net/	N	Sem projeto comercial
Source	http://source.valvesoftware.com/	S	
Soya 3D	http://home.gna.org/oomadness/en/soya3d/index.html	N	Incompleta, sem Rede

APÊNDICE O – Tabela das *engines*

Engine	Home Page	Aceita	Motivo
Spring	http://springrts.com/	N	Sem editor WYSIWYG
StemCell Game Engine	-	N	Incompleta, sem Rede
SunBurn Game Engine	http://www.synapsegaming.com/	S	
SwRenderer	http://sw-shader.sf.net	N	3D render
syBR	http://sybr.sf.net	N	Incompleta, sem Rede
Sylphis 3D	http://devnet.sylphis3d.com/	N	Incompleta, sem Rede
Syntensity Engine	http://www.syntensity.com/	N	Sem projeto comercial
Syp Engine	-	N	3D engine
TERRA Engine	http://www.pascalgameengine.com/	N	Sem projeto comercial
TerraCresta	-	N	3D engine
TerraDeveloper	http://www.skylinefrance.com/en/home	N	3D terrain visualization
The Nebula Device 2	-	N	Sem página oficial
Toi	-	N	Incompleta, sem Rede
Torque Game Engine	http://www.garagegames.com/	S	
Torture	-	N	Incompleta, sem Rede
ToxicEngine	http://www.toxicengine.org/	N	Auxiliar iluminação
Traktor	http://doctorentertainment.com/technology/	S	
TurnTool	http://www.turntool.com/	N	Incompleta, sem Rede
TXna Game Engine	http://txnagameengine.sourceforge.net/	N	Sem projeto comercial
Typhoon	http://www.typhoon3d.com/	N	3D engine
Ultrafish 3D engine	-	N	Incompleta, sem Rede
Unigine	http://unigine.com/products/unigine/	S	
Unity	http://unity3d.com/	S	
Unreal Development Kit	http://www.udk.com	S	
Urho3D	http://code.google.com/p/urho3d/	N	Sem projeto comercial
V3X	http://www.realtech-vr.com/v3x/	N	Sem editor WYSIWYG
VGL SDK	http://www.vm-games.com/	N	3D engine
Vicious Engine	http://viciousengine.com/engine/index.cfm	S	
Virtools 4	http://www.3ds.com/	N	Incompleta, sem Rede
VirtualRay	http://www.virtualray.ru/eng/news.html	N	3D engine
Vision	http://www.havok.com/	S	
Visual3D.NET	http://www.visual3d.net/	S	
Vital Engine 2	http://www.deep-shadows.com/	N	Sem informação
wa3D	-	N	3D engine
Whelp2	-	N	Incompleta, sem Rede
WildTangent WebDrv	http://www.wildtangent.com/Corporate/	N	Webdriver
World Foundry	http://www.worldfoundry.org/	N	3D world creator
X3D	http://xengine.co.kr/	N	Sem editor WYSIWYG
Xengine	http://xengine.sourceforge.net/	N	3D engine
Xors3D	http://xors3d.com/	N	Incompleta, sem Rede
Xsuite Engine	-	N	3D engine
Yage	http://www.yage3d.net/	N	Incompleta, sem Rede
Yake Engine	http://www.yake.org/	N	Incompleta, sem Rede

APÊNDICE P – Tabela das *engines*

Engine	Home Page	Aceita	Motivo
Yogurt3D	http://www.yogurt3d.com/	N	Flash engine, sem rede
ZelianX	-	N	Sem networking
Zengine	http://zengine.sf.net	N	Descontinuada
ZeroFps	http://www.zeropointgameplay.com/?page_id=30	N	Sem projeto comercial
Zythum Project	http://www.zythum-project.com/	N	Sem projeto comercial