

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA,
EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA**

HAROLDO LUIS RIBAS

**JOGO COMPUTACIONAL 3D EM PRIMEIRA PESSOA:
UMA POSSIBILIDADE PARA O ENSINO DE QUÍMICA**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2018

HAROLDO LUIS RIBAS

**JOGO COMPUTACIONAL 3D EM PRIMEIRA PESSOA: UMA
POSSIBILIDADE PARA O ENSINO DE QUÍMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como Requisito para obtenção do título de Mestre.
Orientadora: Prof. Dra. Fabiana Roberta Gonçalves e Silva Hussein.

CURITIBA

2018

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação e o seu respectivo Produto Educacional estão licenciados sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

R482j Ribas, Haroldo Luis
2018 Jogo 3D em primeira pessoa : uma possibilidade para o ensino de química / Haroldo Luis Ribas.-- 2018.
144 f.: il.; 30 cm + 1 CD-ROM.

Acompanha: Jogo Chemistry Raiders.
Disponível também via World Wide Web.
Texto em português com resumo em inglês.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. Área de Concentração: Ciência, Tecnologia e Ambiente Educacional, Curitiba, 2018.
Bibliografia: f. 112-116.

1. Jogos educativos. 2. Jogos para computador. 3. Imagem tridimensional. 4. Química - Aspectos ambientais - Estudo e ensino. 5. Prática de ensino. 6. Aprendizagem. 7. Ciência - Aspectos sociais. 8. Tecnologia - Aspectos sociais. 9. Tecnologia educacional. 10. Ciência - Estudo e ensino - Dissertações. I. Hussein, Fabiana Roberta Gonçalves e Silva, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. III. Título.

CDD: Ed. 23 -- 507.2

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 06/2018

A Dissertação de Mestrado intitulada “Jogo 3D em Primeira Pessoa: uma Possibilidade para o Ensino de Química”, defendida em sessão pública pelo candidato Haroldo Luis Ribas, no dia 25 de abril de 2018, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências, área de concentração Ciência, Tecnologia e Ambiente Educacional, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnologia.

BANCA EXAMINADORA:

Prof(a). Dr(a). Fabiana Roberta Gonçalves e Silva Hussein - Presidente - UTFPR

Prof(a). Dr(a). Jonas Golart – UTFPR

Prof(a). Dr(a). Camila Silveira da Silva – UFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 25 de abril de 2018.

AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus pais, Haroldo e Josefina, pelo amor e apoio incondicional. A todos os professores do PPGFCET-UTFPR, pelo incentivo e conhecimento compartilhado, especialmente à Prof. Dra. Fabiana Roberta Gonçalves e Silva Hussein, pela confiança e por ser responsável por lançar as sementes deste trabalho no ano de 2014. Um especial agradecimento ao amigo Henrique Panichek, pelo decisivo apoio. Agradeço à Prof. Dra. Camila Silveira da Silva, pelo apoio ao longo de minha vida acadêmica, e ao Professor Jonas Golart, pelas suas decisivas contribuições e por aceitar fazer parte da banca desta dissertação.

RESUMO

RIBAS, Haroldo L. **Jogo computacional 3D em primeira pessoa: Uma possibilidade para o ensino de química.** Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

Nas últimas duas décadas, a utilização dos computadores tem se intensificado no ambiente escolar. A tecnologia envolvida no ambiente computacional tornou-se indissociável do cotidiano dos estudantes, de forma que o lúdico ganhou importância, e os jogos computacionais tornaram-se rotina. A utilização de ferramentas educacionais, que associem ciência, tecnologia, aspectos sociais e ambientais com os conteúdos escolares, podem resultar em uma experiência inovadora do ponto de vista do aprendizado. Nesse contexto, este trabalho propõe o ensino e aprendizado dos aspectos ambientais da química e de conteúdos de físico-química, a partir de uma ferramenta de grande atratividade, o jogo 3D em primeira pessoa, desenvolvido como produto desta dissertação. O conteúdo escolar utilizado neste jogo, como base para as perguntas e as abordagens Ciência, Tecnologia, Sociedade, foi inspirado no livro Química Cidadã, Vol II de 2012, do professor Wildson Santos, o qual corresponde aos conteúdos de físico-química. Para a construção do jogo foi utilizada a *game engine* Unity3D. Neste jogo, o aluno percorre ambientes abertos e fechados compostos por três fases: ambiente natural, cidade e indústria. O aluno responde às questões propostas em *totens* ao longo da sua jornada pelas fases, e as respostas corretas às questões propostas resultam em pontos. A correta destinação dos resíduos encontrados ao longo do caminho também resulta em pontos. Nesse trabalho foram feitas sete análises, todas apoiadas na metodologia de análise de conteúdo de Laurence Bardin. A primeira análise utiliza as categorias preestabelecidas nesta dissertação, a segunda, terceira e quarta análises foram feitas utilizando, como categorias de análise, o conteúdo das tabelas 2.2, 3.3, 4.4, da dissertação de mestrado do professor Wildson Santos. A quinta análise verifica a presença no jogo das características descritas por Magdalena Bober para jogos computacionais no ensino. A sexta análise valida a presença das características que os bons jogos computacionais devem ter, segundo Liliana Passerino, e a sétima análise observa e ratifica a presença de aspectos que caracterizam ludicidade, segundo as considerações de Ângela Maluf, Raquel Pinho, Liliana Passerino. As análises feitas demonstram que o jogo atingiu os objetivos, abordando os conteúdos de química propostos dentro do enfoque CTS, as características descritas pelos autores citados e apresentando a ludicidade esperada. Na primeira análise realizada, feita a partir de categorias criadas para esta dissertação, observou-se uma menor incidência de ocorrências na categoria estímulo ao aprendizado de química, e tal deficiência servirá como base das ações que nortearão o aperfeiçoamento do jogo.

Palavras-chave: Jogos Computacionais, Ensino de Química, CTS, Ludicidade.

ABSTRACT

RIBAS, Haroldo L. **3D computational game in first person: A possibility for teaching chemistry.** Dissertation (Master in Scientific, Educational and Technological Formation) - Federal Technological University of Paraná, Curitiba, 2018

In the last two decades, the use of computers has intensified in the school environment. The technology involved in the computational environment has become inseparable from students' everyday life, so that play has gained importance and computer games have become routine. The use of educational tools that combine science, technology, social and environmental aspects with school content can result in an innovative learning experience. In this context, this work proposes the teaching and learning of the environmental aspects of chemistry, and of the physical chemistry, from a tool of great attractiveness, the 3D game in the first person, developed as a product of this dissertation. The school content used in this game as a basis for the questions and approaches Science, Technology, and Society was inspired by the book *Citizen Chemistry*, Vol. LI 2012, by Professor Wildson Santos. The volume of the book used corresponds to the contents of physical chemistry. For the construction of the game was used the game engine Unity3D. In this game, the student walks through open and closed environments composed of 3 phases: Natural environment, city and industry. The student answers the questions proposed in totems along his journey through the phases, where correct answers to the proposed questions result in points. The correct destination of the residues found along the way also results in points. In this work, seven analyzes were performed, all of which follow Laurence Bardin's content analysis methodology. The first analysis uses the categories pre-tabulated by the master of this dissertation, the second third and fourth analyzes, were made using the categories of analysis, tables 2.2, 3.3, 4.4, of the master's thesis of Professor Wildson Santos.

The fifth analysis verifies the presence in the game of the characteristics described by Magdalena Bober for computational games in the teaching, the sixth analysis, verifies the presence of the characteristics that the good computational games must have according to Liliana Passerino, the seventh analysis that verifies the presence of aspects that characterized by playfulness, according to the considerations of Ângela Maluf, Raquel Pinho, Liliana Passerino. The analyzes showed that the game achieved the objectives, addressing the proposed chemical contents within the CTS approach, the characteristics described by the cited authors and presenting the expected playfulness. In the first analysis, made from the categories created for this dissertation, it was observed a lower incidence of occurrences in the category stimulus to the learning of chemistry, this deficiency will serve as base of the actions that will guide the improvement of the game.

Keywords: CTS, chemistry teaching, Computational games. Playfulness.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
1 REFERENCIAL TEÓRICO	06
1.1 COMPUTADORES & JOGOS: UM BREVE HISTÓRICO	06
1.1.1 Nativos Digitais e Imigrantes Digitais	08
1.1.2 O Mercado de Jogos para o entretenimento	08
1.1.3 O Jogo em Primeira Pessoa e o Jogo em Terceira Pessoa	10
1.1.4 O Jogo 3D no Ensino de Química	12
1.2 O LÚDICO E A ABORDAGEM CTS NO ENSINO DE QUÍMICA	13
2 METODOLOGIA	25
2.1 CONTEÚDOS DE QUÍMICA E LIVRO DO PNLD	25
2.1.1 O Livro Didático Utilizado como Referência no Jogo	26
2.2 AVALIAÇÃO DO JOGO	28
2.2.1 A Análise de Conteúdo	29
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
3.1 CONSTRUÇÃO DO JOGO	33
3.2 O JOGO DESENVOLVIDO: CHEMISTRY RAIDERS	34
3.3 ANÁLISES FEITAS NO JOGO	65
3.3.1 Primeira Análise: categorias pré-estabelecidas para a dissertação	65
3.3.2 Segunda Análise: conteúdos de Química	71
3.3.3 Terceira Análise: aspectos CTS	74
3.3.4 Quarta Análise: objetivos do ensino de química	76
3.3.5 Quinta Análise: princípios dos jogos digitais	80
3.3.6 Sexta Análise: características dos bons jogos computacionais	85
3.3.7 Sétima Análise: elementos que caracterizam ludicidade	87
4 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS	92
REFERÊNCIAS	95
APÊNDICE A. QUESTÕES PROPOSTAS NO JOGO	100
APÊNDICE B. MANUAL DO JOGO	111
APÊNDICE C. IMAGENS DO AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO	122
ANEXO 1. FOTO REPRESENTATIVA DO JOGO MAZE RUNNER	126
ANEXO 2. TABELA 2.2 DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROF. WILDSON SANTOS	126

ANEXO 3. TABELA 3.3 DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROF. WILDSON SANTOS	127
ANEXO 4. TABELA 4.4 DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROF. WILDSON SANTOS	127

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mercado global de games	09
Figura 2. Mercado de games por região	10
Figura 3. Perspectiva de jogo em primeira pessoa	11
Figura 4. Perspectiva de jogo em terceira pessoa	11
Figura 5. Classificação dos tipos de jogos	16
Figura 6. Visão geral da game engine	33
Figura 7. Visão geral do ambiente natural	38
Figura 8. Visão Geral do ambiente cidade	39
Figura 9. Visão geral do ambiente indústria	40
Figura 10. Primeira questão do ambiente natural	41
Figura 11. Segunda questão do ambiente natural	41
Figura 12. Terceira questão do ambiente natural	42
Figura 13. Quarta questão do ambiente natural	42
Figura 14. Quinta questão do ambiente natural	43
Figura 15. Sexta questão do ambiente natural	43
Figura 16. Sétima questão do ambiente natural	44
Figura 17. Oitava questão do ambiente natural	44
Figura 18. Nona questão do ambiente natural	45
Figura 19. Décima questão do ambiente natural	45
Figura 20. Décima primeira questão do ambiente natural	46
Figura 21. Décima segunda questão do ambiente natural	46
Figura 22. Primeira questão do ambiente cidade	47
Figura 23. Segunda questão do ambiente cidade	47
Figura 24. Terceira questão do ambiente cidade	48
Figura 25. Quarta questão do ambiente cidade	48
Figura 26. Quinta questão do ambiente cidade	49
Figura 27. Sexta questão do ambiente cidade	49
Figura 28. Sétima questão do ambiente cidade	50
Figura 29. Oitava questão do ambiente cidade	50
Figura 30. Nona questão do ambiente cidade	51
Figura 31. Décima questão do ambiente cidade	51
Figura 32. Décima primeira questão do ambiente cidade	52

Figura 33. Décima segunda questão do ambiente cidade	52
Figura 34. Décima terceira questão do ambiente cidade	53
Figura 35. Primeira questão do ambiente Indústria	53
Figura 36. Segunda questão do ambiente indústria	54
Figura 37. Terceira questão do ambiente indústria	54
Figura 38. Quarta questão do ambiente indústria	55
Figura 39. Quinta questão do ambiente indústria	56
Figura 40. Sexta questão do ambiente indústria	56
Figura 41. Sétima questão do ambiente indústria	57
Figura 42. Oitava questão do ambiente indústria	57
Figura 43. Nona questão do ambiente indústria	58
Figura 44. Décima questão do ambiente indústria	58
Figura 45. Décima Primeira questão do ambiente indústria	59
Figura 46. Décima segunda questão do ambiente indústria	59
Figura 47. Décima terceira questão do ambiente indústria	60
Figura 48. Primeira questão do ambiente farol	60
Figura 49. Segunda questão do ambiente farol	61
Figura 50. Terceira questão do ambiente farol	62
Figura 51. Quarta questão do ambiente farol	62
Figura 52. Quinta questão do ambiente farol	63
Figura 53. Sexta questão do ambiente farol	63
Figura 54. Sétima questão do ambiente farol	64
Figura 55. Oitava questão do ambiente farol	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Número de questões e abordagens por ambiente do jogo	67
Gráfico 2. Número global de ocorrência das categorias analisadas	68
Gráfico 3. Número de questões por subcategoria de análise	69
Gráfico 4. Número de ocorrências nas subcategorias	70
Gráfico 5. Conteúdos de Química	72
Gráfico 6. Conteúdo CTS	75
Gráfico 7. Objetivos do ensino de química	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Primeira Análise	66
Tabela 2. Segunda Análise	72
Tabela 3. Terceira Análise	74
Tabela 4. Quarta Análise	77
Tabela 5. Resumo das Análises Efetuadas	91

INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido a partir de uma demanda identificada quando tive contato com jogos computacionais para o ensino de química. Foram realizadas pesquisas na internet em busca de jogos 3D para o ensino de química e verificou-se que a quase totalidade dos jogos computacionais utilizados no ensino eram em duas dimensões. Essas pesquisas foram realizadas em anais de eventos, como o encontro nacional de ensino de química ENEQ, encontro nacional de pesquisa em ensino de química ENPEQ, o encontro da Sociedade Brasileira de Química - SBQ e em sites de universidades brasileiras.

Os jogos em duas dimensões são aqueles em que os gráficos são apresentados apenas nos eixos x e y do plano cartesiano. Um jogo que representa essa categoria, por exemplo, é o Jogo Super Mário^{®1}.

Já os jogos 3D incorporam, além dos eixos x e y, o eixo z, que confere a sensação de profundidade ao jogo. Nesse contexto, surgiu a ideia de se ter, na área de ensino de Química, uma ferramenta computacional que estivesse em consonância com os avanços tecnológicos e computacionais vivenciados pelos alunos.

Tendo em vista que os adolescentes e jovens estão, em sua maioria, familiarizados com jogos cada vez mais avançados, tanto do ponto de vista gráfico quanto em tecnologia, surgiu o questionamento: por que muitos dos jogos desenvolvidos para o ensino estão tecnologicamente defasados em relação aos jogos voltados para o entretenimento? Esse questionamento pode ser facilmente fundamentado quando pesquisamos os jogos disponíveis na internet, voltadas para o ensino de química.

A partir da identificação da necessidade de se desenvolver um jogo que fosse tecnologicamente mais atualizado, a opção foi pelo jogo 3D em primeira pessoa, por ser algo mais próximo da realidade dos alunos. Procurou-se, portanto, o programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional

¹ Super Mario: jogo 2D muito popular na década de 1990.

e Tecnológica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, para desenvolver um jogo totalmente diferente do que tinha sido feito até então, considerando que a Universidade Tecnológica, pela sua própria natureza, referenda o ambiente ideal para desenvolver este projeto de mestrado.

O jogo desenvolvido neste trabalho apresenta o conteúdo na forma de perguntas / respostas e contextos que são visualizados pelo Jogador. Sabe-se que esse formato não é o ideal, porém ele viabilizou a realização do trabalho no espaço de tempo disponível para o Mestrado. As rotinas de programação são extremamente complexas e demandam alto grau de especialização. Contextos mais interativos e experimentais serão implementados em uma atualização futura.

Definido o tema do trabalho e levando em consideração a experiência do grupo de pesquisa da orientadora desta dissertação, optou-se por uma abordagem CTS (Ciência Tecnologia, Sociedade) do jogo.

O livro escolhido para nortear as questões propostas no jogo foi o Livro Química Cidadã (SANTOS, W. L. P; MÓL, G. S.; DIB, S. M. F; MATSUNAGA, R.T; SANTOS, S. M. O; CASTRO, E. N. F; SILVA, G.S; FARIAS, S.B. Química Cidadã, volume II, 2ª edição. Editora AJS, São Paulo, 2013).

A escolha do livro se deu em função de que os conteúdos de Físico-química se adaptam perfeitamente a todas as fases que foram pensadas para compor o jogo. A físico química permite ampliar as discussões acerca das implicações dos impactos causados pela ciência e pela tecnologia na sociedade. Os fenômenos químicos estudados podem ser problematizados facilmente para compor a abordagem CTS.

O movimento CTS possui duas visões críticas da ciência que se complementam: a norte americana e a européia. Segundo Auler (2002), a visão norte americana foi marcada por protestos ecológicos e contrários à bomba atômica; a visão européia baseia-se nas obras clássicas da sociologia do conhecimento e pelas obras de Thomas Kuhn.

Neste trabalho, adotou-se a visão americana da abordagem CTS e se procurou proporcionar ao aluno a reflexão sobre as questões que envolvem o meio ambiente e seus impactos na sociedade. Os dejetos deixados nas praias,

a bomba desativada no oceano, o carro enferrujado à beira mar reforça a ideia de que existem impactos ambientais causados pelo homem, e esses impactos precisam ser discutidos.

Segundo Magno (2015), unir ludicidade à abordagem CTS pode proporcionar ao aluno o desenvolvimento dos conceitos estudados, de forma crítica e criativa, ampliando seu olhar para questões que envolvem Ciência e Tecnologia. Nesse contexto, para a criação do jogo, desenvolveram-se questões referentes aos conteúdos de química focados no contexto da abordagem CTS. A partir do conteúdo norteador, representado pelo livro didático, desenvolveu-se, neste trabalho de mestrado, o jogo 3D em primeira pessoa, que foi intitulado *Chemistry Raiders*.

O jogo foi analisado de forma a verificar a presença da abordagem CTS e de sua ludicidade inerente. Isso foi feito a partir da Análise de Conteúdo, descrita por Bardin (1977). Os resultados desta análise serão utilizados no aprimoramento do jogo.

O jogo proposto possui características que são exclusivas desse tipo de jogo, tais como imersão e representação da realidade; portanto, é pertinente determinar, como problema de pesquisa desse trabalho, se o jogo proposto pode constituir-se em uma ferramenta didática para o Ensino de Química.

A partir das sete análises efetuadas, o objetivo desse trabalho é adequar o jogo proposto a um Ensino de Química vanguardista e mais próximo da realidade dos alunos.

A dissertação está estruturada de forma a situar o leitor quanto ao tipo de jogo que se pretende abordar, dando uma noção de como o universo dos jogos pode ser aproximado do ambiente escolar e de como a abordagem CTS pode auxiliar nesse processo. A análise da eficácia dessa aproximação completa a estrutura do trabalho.

PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

Problema de pesquisa: O jogo proposto neste trabalho pode constituir-se em um objeto digital de aprendizagem para o Ensino de Química?

Objetivo geral:

Desenvolver e avaliar o Jogo Computacional 3D em Primeira Pessoa - *Chemistry Raiders*, contemplando Ludicidade e abordagem CTS, para o Ensino de Química.

Objetivos específicos:

- 1) Investigar como as questões do jogo caracterizam a abordagem CTS;
- 2) Avaliar se o jogo 3D em primeira pessoa proposto aborda conteúdos de química;
- 3) Analisar se estão presentes os aspectos que caracterizam ludicidade no jogo proposto.

Portanto, esta dissertação tem por objetivo, a partir da análise das questões propostas no jogo e de características do cenário do próprio jogo, elaborar e adequar esta ferramenta didática ao ensino de química, levando em conta a ludicidade, os conteúdos de química e os aspectos CTS.

Dessa forma e a partir desse norteamento, configura-se a estrutura deste trabalho.

O item referencial teórico traz um histórico do desenvolvimento dos jogos computacionais ao longo das décadas a partir da década de 1960, chegando aos anos 2000. São mostradas as diferenças dos jogos 2D para os jogos 3D, dos jogos analógicos para os jogos digitais, assim como o mercado de jogos no mundo.

São feitas considerações acerca do universo lúdico, sobretudo no que se refere ao ensino de química e suas relações com a abordagem CTS.

No item metodologia faz-se um resumo do início do trabalho, justificando a escolha do livro didático e mostrando os conteúdos de química a serem abordados. Ainda nesse item é feito um breve resumo da técnica de análise utilizada para avaliar o jogo. São feitas 7 análises.

No item resultados e discussão, é apresentada uma visão geral do software utilizado para a construção do jogo, bem como uma descrição do jogo como um todo. São apresentadas as tabelas que representam os resultados encontrados e suas respectivas discussões.

No item conclusão e perspectivas futuras, são mostradas as perspectivas para o uso de jogos 3D no ensino de química no Brasil e as possíveis deficiências do jogo.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 COMPUTADORES & JOGOS: UM BREVE HISTÓRICO

Existem dois tipos básicos de jogos: os analógicos e os digitais. Os jogos analógicos são aqueles jogados a partir de meios físicos, como cartas, tabuleiros, dados ou algum outro tipo de artefato. Geralmente os jogadores precisam estar fisicamente presentes em grupos. Esse tipo de jogo normalmente não precisa de energia elétrica, o que lhe dá mobilidade; além de possuir um conjunto de regras a serem seguidas que podem ser compiladas em manuais. Crawford (1982) descreve os tipos de jogos analógicos mais comuns, como sendo os de tabuleiro, de cartas e os jogos atléticos.

Segundo Magerkurth (2004), os jogos de tabuleiro, por exemplo, são jogados por milhares de anos contribuindo para diversão, relaxamento e educação. Esse tipo de jogo promove a socialização e o raciocínio lógico.

Os jogos digitais surgiram com a popularização dos meios digitais, tais como consoles, celulares, computadores e *Smart TVs*. Ou seja, são jogos que existem no ambiente virtual proporcionados pelos meios digitais e se caracterizam por exigir do jogador um alto grau de concentração, principalmente no sentido de que o jogador precisa ficar o tempo todo visualizando a tela do meio digital.

O início do desenvolvimento dos jogos 3D ocorreu na década de 60, quando o Instituto de Tecnologia de Massachussets (MIT) desenvolveu o jogo *Space War*, que era compatível com os computadores transistorizados utilizados na época (fonte: *MIT museum*).

Na década de 1970, computadores eram utilizados em sua maioria para um conjunto de cálculos voltados para a área acadêmica, solucionando problemas das áreas de Física, Geociências, Matemática e Estatística. Deve-se ainda considerar a criação do Jogo *Maze* (anexo 1), em 1973, por um grupo de estudantes que, posteriormente, levaram-no ao MIT para aperfeiçoamento. Na mesma década, surgiram os consoles exclusivos para vídeo games como o *Odissey*[®] e o *Atari*[®]. (fonte: *National Museum of Play*).

No início da década de 1980, com a popularização dos jogos computacionais, os computadores passaram a ser utilizados também como entretenimento incorporando a função de plataforma para jogos. Nessa década, a Atari® cria o Battlezone, o primeiro jogo 3D em primeira pessoa para console. Nessa década, a Atari® cria o Battlezone, o primeiro jogo 3D em primeira pessoa para console. (Fonte: The International Arcade Museum®).

Ao longo da década de 1990, foram desenvolvidos processadores cada vez mais rápidos, possibilitando o surgimento de algoritmos de programação mais complexos e linguagens de programação mais elaboradas, tais como C++ e C#². Nesse contexto surgiu a possibilidade de se desenvolverem jogos 3D.

Os jogos 3D da década de 1990 abriram as portas para os chamados *First person shooter* (FPS), e o pioneiro foi o jogo *wolfestein 3D* (Fonte: página da web Tecmundo; Cobellens, 2009). Um ano após o lançamento de *Wolfestein 3D*, chegaria ao mercado o verdadeiro responsável pela febre que se tornou esse tipo de jogo no mundo, o *Doom*. Esse jogo reunia todas as características desejadas pelos jovens da década de 1990: jogabilidade, gráficos excelentes, enredo atrativo, além de introduzir o modo multijogador. (Fonte: site da web Tecmundo; Cobelens, 2009)

Outros jogos contemporâneos de *Doom* foram *Hexen* e *Duke Nuken*. Em 1996 foi lançado *Quake*, uma revolução em termos gráficos. Quake é considerado o primeiro jogo com gráficos realmente 3D, enquanto que os anteriores eram considerados meras cópias de Doom (Fonte: site da web tecmundo; Cobelens, 2009).

Dois anos depois foi lançado o jogo *Half Life*, considerado o segundo divisor de águas, depois de Doom, pois tinha motores gráficos inovadores e história envolvente. *Half Life* ganhou vários prêmios no mundo dos jogos (Fonte: site da web Tecmundo; Cobelens, 2009). Tem-se ainda o jogo *Counter Strike*, cuja importância se deve ao fato de ser possível a modificação do mapa ou *mod*³. Nesta época existiam diversos *mods*, inclusive de cidades brasileiras como Curitiba. Após o ano 2000, foram lançados jogos (FPS), como *Battlefield*

² C++ e C#: Linguagens de programação.

³ Mod: mapa personalizado criado pelo usuário do jogo.

1942, *Call of Duty* e *Far Cry*. Também, neste período, as plataformas específicas para jogos como *Playstation* e o *Xbox* ganharam destaque.

1.1.1 Nativos Digitais e Imigrantes Digitais

As mídias digitais, de uma forma ou de outra, estão presentes no cotidiano das pessoas, e a maneira com que elas interagem com essas mídias varia de acordo com a profundidade da inserção que se tem nesse meio. Quanto mais cedo as pessoas entram em contato com as mídias digitais menos dificuldade elas têm e mais natural é o seu uso.

Segundo Prensky (2001), existem dois tipos de usuários de mídias digitais: os nativos digitais e os imigrantes digitais. Os imigrantes digitais agem similarmente aos imigrantes que acabaram de aprender uma língua, carregando sotaque e diferentes graus de aprendizado, adaptando-se ao novo meio. Eles podem ser identificados como aqueles que leem os manuais antes de usar um produto ou que preferem recorrer à internet como segunda opção. Os nativos digitais são aqueles que nascem em um ambiente em que uma determinada tecnologia já está consolidada, como, por exemplo, crianças usando celulares e *tablets* na atualidade.

Segundo Prensky (2001), o maior problema observado em ambientes educacionais é o fato de a maioria dos professores estarem na categoria de imigrantes digitais, falarem uma língua pré-digital e se esforçarem para ensinar uma população que fala uma linguagem totalmente nova.

1.1.2 O Mercado de jogos para entretenimento

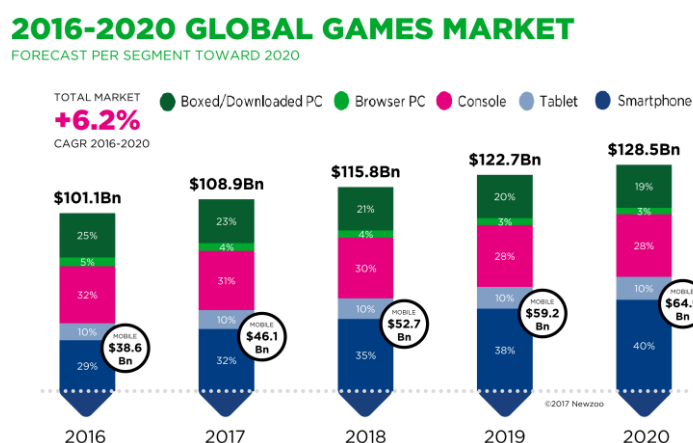
O mercado de jogos voltados exclusivamente para o entretenimento no Brasil e no mundo movimenta elevadas somas em dinheiro. Esse mercado apesar de gigantesco e em franco crescimento, surpreendentemente, anda a passos lentos quando analisamos os jogos 3D aplicados à educação. Daí a

importância de demonstrar esse paradoxo com a inclusão deste item no trabalho: a atração dos jovens ao mercado dos jogos, no Brasil e no mundo, e sua inoperância na área da educação.

Segundo a revista especializada em pesquisas de mercado globais *Newzoo*, o mercado de games no mundo atingiu a marca de 108,9 bilhões de dólares em 2017.

Na figura 1, que corresponde ao período de 2016 a 2020, apresenta-se a estimativa de crescimento do mercado de jogos no mundo.

Figura 1. Mercado global de games



Fonte: Revista *Newzoo*, 2016.

Como pode ser visto na figura 1, a perspectiva de lucro para 2020 é de 128,5 bilhões de dólares, notando-se, portanto, um claro crescimento do segmento dos *smartphones* ao longo do tempo.

Na figura 2, pode-se observar o mercado de jogos por região do planeta. Ela nos mostra que o mercado da América Latina foi o que gerou menos lucro e, conseqüentemente, foram vendidos menos jogos, enquanto que as regiões da Ásia e do Pacífico foram as que geraram mais lucro nesse mercado. As explicações para esses números podem ser atribuídas a fatores culturais e econômicos. No Brasil, a movimentação, de acordo com o site da agência especializada em marketing Firma, é estimada em 1,7 bilhões de dólares americanos (Fonte: *site da web Newzoo*).

Figura 2. Mercado de games por região



Fonte: Newzoo, 2018.

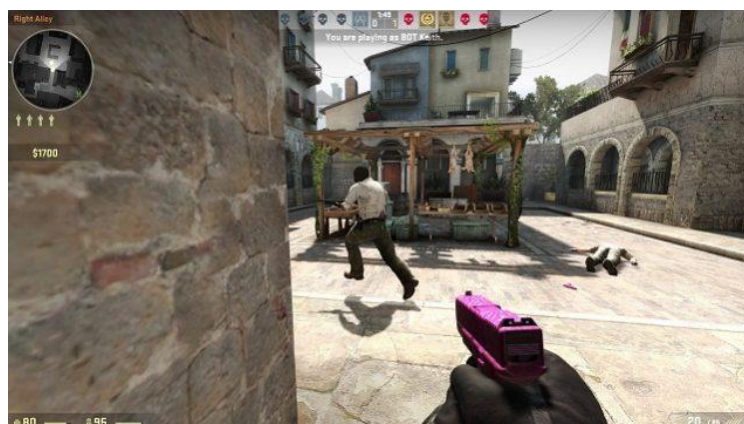
Para a agência especializada em marketing Firma, o mercado de games no Brasil está em franca expansão, e a criação da AbraGames (Associação Brasileira de Games) profissionalizou o mercado. Quanto aos tipos de jogos preferidos pelos brasileiros, segundo a agência especializada em marketing Firma, estão em primeiro lugar jogos de ação e aventura (citados por 22% dos jovens), estratégia (com 17%) e tiro em terceira pessoa (com 15%). (Agência Firma 3,2017).

1.1.3 Jogo em Primeira Pessoa e Jogo em Terceira Pessoa

Para Denisova et al. (2015), o jogo 3D tem a particularidade de fornecer ao jogador uma maior percepção de envolvimento. O som, a imagem, a dinâmica se aproximam do mundo real, o que torna esses jogos mais atrativos a todos os públicos, inclusive ao estudante. Os jogos 3D podem possuir duas formas de inserção do jogador no ambiente: a primeira pessoa e a terceira pessoa.

Na Figura 3, pode se observar a perspectiva de visão do jogador em um jogo 3D em primeira pessoa; enquanto que a Figura 4 mostra a perspectiva de visão de um jogador em um jogo 3D em terceira pessoa.

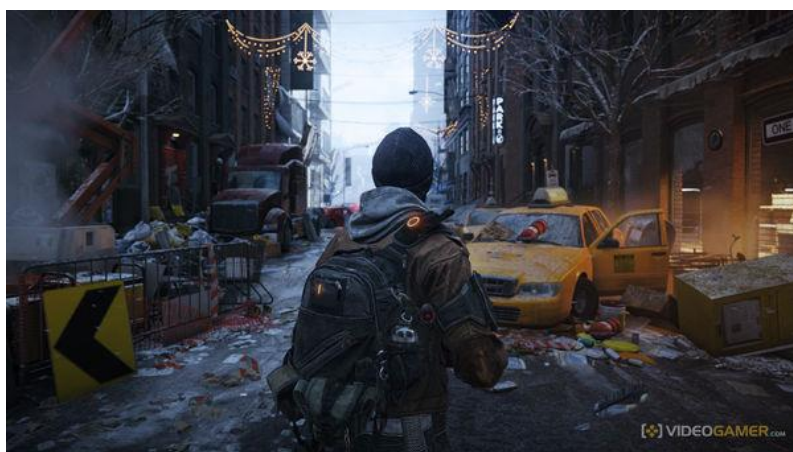
Figura 3. Perspectiva de jogo em primeira pessoa



Fonte: página da web Beebom.com, 2018.

O jogo *Chemistry Raiders* é um jogo em primeira pessoa, ou seja, o jogador vê o cenário com a câmera nos olhos do jogador; existe ainda o jogo em terceira pessoa, que é um tipo de jogo em que a câmera está um pouco atrás do jogador, mostrando-o pelas costas.

Figura 4. Perspectiva de jogo em terceira pessoa



Fonte: geek.com, 2018.

A escolha pelo jogo em primeira pessoa possibilita simplificar a programação, pois não é necessária introduzir um personagem fisicamente presente e visível, o que demandaria uma programação mais complexa.

Segundo Denisova (2015), um termo importante a ser considerado é a imersão, que é a sensação física da completa entrada no mundo digital, sendo

esta característica almejada pelos jogadores em um jogo.

Então a escolha seguiu 2 critérios:

- a) facilidade de programação;
- b) imersão no mundo digital.

A frase de Juul corrobora o sentido de imersão que se quer dar aqui:

O jogo de computador é uma atividade que ocorre com base em regras formalmente definidas e contendo uma avaliação dos esforços do jogador. Ao jogar um jogo, o resto do mundo é ignorado. (Juul 1998, p.15).

A perspectiva de visão e outros elementos podem tornar um jogo mais atrativo, como, por exemplo, gráficos, sons, música, enredo e outros. Segundo Denisova (2015), o jogo em primeira pessoa pode proporcionar uma visão mais clara do cenário e conseqüentemente um grau de imersão maior; já o jogo em terceira pessoa pode proporcionar a visão total do personagem em ação, sem dar a sensação de que o jogador é o personagem.

1.1.4 O Jogo 3D no Ensino de Química

Os jogos 3D para o ensino de química são escassos no Brasil, de forma que estão disponíveis apenas alguns jogos 2D, sendo que muitos deles desenvolvidos com o auxílio da própria *game engine*⁴ *Unity* e principalmente jogos desenvolvidos na plataforma *Rpgmaker*⁵.

A *game engine Unity3D*[®] nos dá a possibilidade de, com algumas modificações, compilar o jogo para diversas plataformas, tais como *Android*[®], *Windows*[®], *Linux*[®], *Tizen*[®], *iOS*[®], *xbox360*[®], *Xbox One*[®], *Playstation 3*[®], *Smart tv* entre outros.

⁴ game engine: programa utilizado para criar os jogos digitais.

⁵ Rpgmaker[®]: Programa utilizado para criar jogos digitais.

Existem também simulações de fenômenos químicos e reações químicas, programados em linguagem Java, desenvolvidos por universidades estadunidenses, como, por exemplo, a Universidade do Colorado. No mundo, podem-se destacar os trabalhos dos professores Eman Ahmad Shudayfat e Florica Moldoveanu, da Universidade Politécnica de Bucareste, que desenvolvem seus estudos sobre ambiente virtual 3D, realidade virtual, jogos e simulações computacionais (Shudayfat et al, 2015).

Segundo Schaverien, (2001), o jogo virtual 3D é uma excelente ferramenta educacional porque oferece a oportunidade de visualizar, explorar, manipular e interagir com objetos e informações dentro do ambiente gerado pelo computador.

Para Shudayfat *et al* (2015), os alunos passam horas no mundo dos jogos, então, se o jogo contiver conhecimentos (por exemplo: químicos) ele pode representar uma grande aproximação na experiência do aprendizado. Os jogos 3D podem estimular a visão tridimensional, a criatividade, a competição, a interação social e o pensamento crítico.

Para Tarja (2008), os *softwares* educativos com características de um jogo computacional são mais inteligentes e com maior aceitação por parte dos alunos.

1.2 O LÚDICO E A ABORDAGEM CTS NO ENSINO DE QUÍMICA

O termo lúdico tem origem na palavra latina *ludus* e se refere ao jogo ou aquilo que serve para divertir ou dar prazer. Uma definição mais completa é dada por Pinho:

O lúdico passou a ser reconhecido como traço essencial de psicofisiologia do comportamento humano. De modo que a definição deixou de ser o simples sinônimo de jogo. O lúdico apresenta valores específicos para todas as fases da vida humana. Assim, na idade infantil e na adolescência a finalidade é essencialmente pedagógica. (PINHO, 2017, p.1).

O lúdico está presente desde os primórdios de nossa civilização e, segundo Araújo (1992), desde épocas anteriores a Cristo, já se tinha a preocupação com o valor dos jogos na vida das crianças. A educação greco-romana já atrelava o estudo à diversão, a partir dos conhecimentos de Aristóteles e Platão.

Huizinga (1999), no seu livro "*Homo Ludens*", afirma que o jogo é anterior e além da cultura humana, uma vez que os animais também jogam. Esse autor exemplifica sua afirmação lembrando as brincadeiras de filhotes de cachorros na grama.

Para Elkonin (1998), o jogo é uma preparação, um exercício para a vida adulta nos animais e no homem. Para Pinho (2017), o lúdico é caracterizado por dois elementos: o prazer e o esforço espontâneo. É prazeroso porque consegue reter a atenção das pessoas (no nosso caso, dos alunos), canalizando suas energias, criando um clima de entusiasmo que resulta em esforço espontâneo para atingir um objetivo específico.

Segundo Maluf (2003), alguns benefícios da atividade lúdica na infância são: assimilação de valores, aquisição de comportamentos, aprimoramento de habilidades e socialização. Também, neste sentido, para Passerino (*apud* Vygotsky), o lúdico influencia enormemente o desenvolvimento do ser humano. É através do jogo que ele aprende a agir, que sua curiosidade é estimulada, que adquire iniciativa e autoconfiança, desenvolve a linguagem, o pensamento e a concentração.

Segundo Rolof (2010), o lúdico pode trazer à aula um momento de felicidade, seja qual for a etapa da vida do aluno, acrescentando leveza à rotina escolar e fazendo com que se registrem melhor os ensinamentos que lhe chegam.

Huizinga cita duas qualidades que os jogos devem possuir quando utilizados no contexto escolar, ao observar que "*O jogo lança sobre nós um feitiço, é fascinante, cativante, está cheio das duas qualidades mais nobres que somos capazes de ver nas coisas: o ritmo e harmonia*" (Huizinga, 1999 p. 12, 4 ed., 2008).

Segundo Neves (2001), a criança e o jovem têm resistência ao processo tradicional escolar, porque ele não é lúdico nem prazeroso. Para Antunes (2017), a ludicidade pode possuir um caráter de competitividade, mas quando usada no ensino propicia momentos de descontração e fantasia, contribuindo para o aprendizado. No desenvolvimento do jogo, procurou-se proporcionar ao jogador momentos de descontração e fantasia, através da incorporação de elementos, tais como *Easter Eggs* e símbolos a serem decifrados a partir de pesquisas na internet.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL,1998), o estudo das ciências naturais de forma livresca, sem interação com os fenômenos naturais ou tecnológicos, deixa uma lacuna na formação dos estudantes. Portanto, deve-se procurar utilizar diferentes métodos ativos, sendo um deles os jogos, que despertam interesse pelos conteúdos, conferem sentido à natureza e à ciência, o que não é possível apenas com o livro didático (Brasil,1998). O jogo *Chemistry Raiders*, produto desta dissertação, pode enquadrar-se no que Kishimoto (1998) chamou de função educativa do jogo, pois completa o indivíduo em seus saberes, sua compreensão do mundo.

Faz-se necessário considerar uma distinção entre jogo educativo e jogo didático. Segundo Cunha (2012), jogo educativo é aquele que, a partir de ações ativas e dinâmicas, promove amplas ações na esfera corporal, cognitiva, afetiva e social do estudante. Essas ações são orientadas pelo professor e podem ocorrer em qualquer ambiente. Pode-se exemplificar esse tipo de jogo citando o jogo de memória, ou de quebra-cabeças, em que os alunos desenvolvem habilidades como concentração e organização.

O jogo didático, segundo Cunha (2012), está relacionado diretamente ao ensino de conceitos e é regido por regras. Esse tipo de jogo mantém o equilíbrio entre a função lúdica e a função educativa do jogo, sendo normalmente realizado no ambiente de sala de aula ou no laboratório.

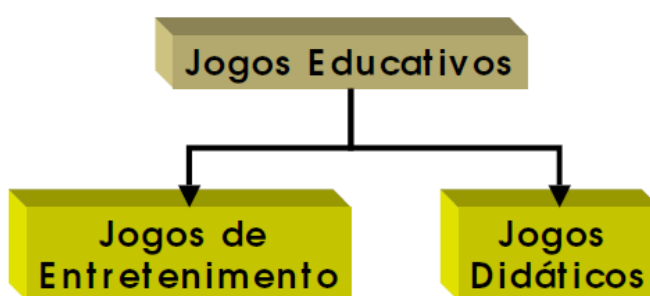
O jogo *Chemistry Raiders* pode ser classificado como um jogo educativo, pois aprimora a capacidade cognitiva e social do aluno à medida que estimula o raciocínio e a agilidade nas ações físicas para jogar. Ele pode ser

considerado um jogo didático, pois procura ensinar conceitos relacionados com a química.

Devido às características de imersão proporcionadas pelo Jogo 3D, o jogo *Chemistry Raiders* mantém o equilíbrio entre o lúdico e o educativo.

A figura 5 a seguir mostra esquematicamente a classificação dos tipos de jogos descritos anteriormente.

Figura 5. Classificações dos tipos de jogos



Fonte: Bittencourt e Clua, 2004.

O jogo *Chemistry Raiders* pode ser classificado como “*Serious game*”, segundo Protopsaltis (2011), pois possui outra característica que não somente o entretenimento, mas o aprendizado dos conteúdos de química a partir do ambiente 3D. Além disso, pode ser considerada uma atividade lúdica que, segundo Drummond (2013), além de jogo propriamente dito, inclui desenhos, brincadeiras, construções coletivas, dança, leituras, dramatizações, canto, teatro, etc.

Muitos educadores já estão cientes dos potenciais benefícios de aproveitar o poder motivacional dos jogos com finalidades educativas e, a cada dia, procuram colocar em práticas estas atividades (Lucena *et al.*, 2012). Para Faria (1995), no entendimento piagetiano, os jogos incidem em uma simples assimilação funcional no exercício de ações individuais já aprendidas. Malone (1981) definiu as três formas principais nos quais os jogos são capazes de motivar os jogadores: fantasia, desafio, curiosidade.

Para Passerino (2012), os jogos computadorizados possuem as seguintes características (tradução livre):

- Trabalham com representações virtuais de maneira coerente;
- Dispõem de grandes quantidades de informações que podem ser apresentadas de maneiras diversas (imagens, texto, sons, filmes, etc.), numa forma clara objetiva e lógica;
- Exigem concentração e uma certa coordenação e organização por parte do usuário;
- Permitem que o usuário veja o resultado de sua ação de maneira imediata, facilitando a autocorreção (afirma a autoestima da criança);
- Trabalham com a disposição espacial das informações que, em alguns casos, pode ser controlada pelo usuário;
- Estimulam a criatividade do usuário, incentivando-o a crescer.

Bober e Ulicsak (2010), sobre a utilização de jogos no ensino, dizem que a literatura de pesquisa em jogos digitais reconhece-os como um meio atraente para o apoio do ensino e da aprendizagem, apesar de que ainda não há provas conclusivas de sua eficácia no ato de aprender. A afirmação dos autores se baseia em pesquisas realizadas por eles com alunos do ensino médio do Reino Unido.

Bober (2010), afirma que existem questões a serem consideradas quando utilizamos jogos no ensino, e essas questões compreendem alguns pontos a serem considerados (tradução livre):

- Qual é o perfil do jogador (idade, idioma, experiência, conhecimento prévio, estilos de aprendizagem preferidos, etc.)?
- Quão integral é o conteúdo do jogo?
- É necessária alguma aquisição de conhecimento para progredir?
- É imersivo?
- O jogo tem uma curva de aprendizado (ou seja, os jogadores melhoram através de jogadas repetidas)?
- O nível de fidelidade é apropriado?
- Como a aprendizagem será transferida além do contexto do jogo?
- Como o conteúdo do jogo pode ser incorporado e avaliado?
- Que outras práticas apoiarão a aprendizagem, no jogo, a reflexão, ou discussão?
- Por quanto tempo os jogadores vão lembrar-se do que foi aprendido?

Pesquisas realizadas por Shull; Von Wangenheim (2009), em artigos publicados em língua inglesa e em bibliotecas digitais e em bases de dados, demonstram que o jogo facilita o aprendizado em algumas situações, mas não em outras. Aparentemente os jogos facilitam a aprendizagem de níveis cognitivos mais baixos, ou seja, de conhecimentos já vistos. Reforçar conhecimentos já vistos é o objetivo do jogo *Chemistry Raiders*. Ainda, segundo Shull; Von Wangenheim (2009), subjetivamente muitos estudos relatam que os alunos preferem os jogos aos métodos tradicionais de aprendizado.

Segundo Kirriemuir; Ceangal (2004) existem algumas razões para que os jogos computacionais não sejam integrados aos currículos das escolas. Essas razões incluem (tradução livre):

- A dificuldade dos professores em identificar como um jogo específico é relevante para algum componente curricular e qual a adequação do conteúdo proposto dentro do jogo;
- A dificuldade em persuadir as escolas sobre o real potencial e os benefícios educacionais trazidos pelos jogos computacionais;
- A falta de tempo disponível para os professores familiarizarem-se com o jogo e com os métodos para produzir os melhores resultados;
- A quantidade de conteúdo irrelevante de um jogo que não pode ser removido ou ignorado, desperdiçando assim tempo do aluno.

Segundo Ceangal; Kirriemuir (2004), os jogos com finalidades educativas existentes não suprem as expectativas dos educadores, e os autores apontam algumas razões: Os jogos educacionais são muito simplistas em comparação aos jogos computacionais tradicionais;

- As tarefas a serem feitas são repetitivas, tornando o trabalho chato;
- As questões propostas são mal projetadas, não sendo possível uma compreensão progressiva;
- O alcance das atividades é limitado dentro do jogo, geralmente concentrado em uma habilidade, ou na acumulação de conteúdo.

Para Isbister et al. (2010), para que os jogos educacionais alcancem resultados positivos e experiências de cooperação entre os envolvidos, devem estar presentes as seguintes características:

- Divertimento: o jogo precisa ser divertido, em primeira instância;
- Polimento: o jogo deve ser visualmente agradável;
- O conteúdo a ser explorado no jogo deve estar no mecanismo do jogo;
- O jogo deve permitir a solução colaborativa de problemas;
- O jogo deve ter a habilidade de posicionar o jogador no centro da situação possibilitando a interpretação de papéis e engajamento emocional;
- O jogo deve permitir a exploração de dilemas morais e éticos durante a ação.

Algumas das características citadas acima podem facilmente ser identificadas no jogo *Chemistry Raiders*. O jogo é visualmente agradável, pois os três ambientes reproduzem cenários realísticos, principalmente o ambiente natural que possui uma fauna ativa e exuberante. O conteúdo a ser estudado está presente no mecanismo do jogo, fazendo parte dele. O jogador ao percorrer o ambiente encontra questões onde quer que ele se situe. O jogador é elemento central da ação, pois ele mesmo controla sua pontuação e seu progresso; ele é um *raider*, está engajado em explorar o ambiente e obter todos os pontos. O jogo permite a reflexão sobre dilemas morais e éticos à medida que o jogador é confrontado com situações críticas que demandam reflexão e posicionamento, como poluição das águas e do ar, mostradas claramente no jogo.

Os jogos no ensino estão previstos nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs). Eles desenvolvem a capacidade afetiva, as relações interpessoais, permitindo ao aluno colocar-se no ponto de vista do outro, refletindo, assim, sobre seus próprios pensamentos (Brasil, 1997).

Para Fialho (2017), os alunos necessitam muito mais do que ouvir, escrever e resolver exercícios, mas deve ser-lhe proporcionado momentos de harmonia social e diversão. Deve haver uma busca contínua pela aprendizagem e pela convivência saudável com suas emoções.

Em geral, o ensino de química tradicional constitui-se em simples memorização de fórmulas, conceitos e cálculos, desvinculados da realidade do aluno. Neste caso, o lúdico pode dar atratividade e contexto ao processo educativo.

O lúdico, quando utilizado no ensino de química, pode proporcionar ao aluno uma experiência única, diferenciada, sobretudo se for representado por um jogo computacional 3D em primeira pessoa. Os fenômenos químicos, as reações e as consequências para o ambiente e para os seres vivos constituem-se em conhecimentos que podem ser assimilados de forma prazerosa e estimulante, para além da simples memorização. O que se deseja é que o aluno pense, reflita e, dessa forma, reconstrua seu conhecimento.

O jogo *Chemistry Raiders* foi pensado para proporcionar ao aluno uma reflexão crítica sobre os fenômenos químicos presentes nos ambientes representados no jogo. As perguntas e situações propostas ao jogador permitem ampliação do olhar sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade em que ele está inserido. A interação entre o lúdico, representado pelo jogo *Chemistry Raiders*, e os aspectos CTS podem proporcionar um ganho qualitativo importante no processo ensino-aprendizagem, pois, segundo Magno (2015).

A abordagem CTS a partir de temas aliados às atividades lúdicas possibilita aos estudantes desenvolverem os conceitos de forma crítica e criativa, e ainda, ampliar o olhar sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade por meio de debates, em ambiente formal e não formal. (MAGNO, 2015, p.7)

Segundo Mathias (2010), a utilização de jogos pedagógicos com enfoque CTS no cotidiano escolar é muito importante, pois é uma ferramenta eficiente para o professor e para o aluno na criação de espaços de discussão sobre o papel do indivíduo na sociedade.

Para Solomon (1993), abordagens interativas de aprendizado são frequentemente identificadas como essenciais para o ensino de ciências em uma abordagem CTS. Byrne e Johnstone (1988) realizaram pesquisas com

alunos de graduação na Universidade de Glasgow, na Escócia, nas quais demonstraram que,

Em termos de aprendizagem de conteúdo científico, simulações e jogos educativos podem ser tão eficazes quanto os métodos tradicionais. Em termos de desenvolvimento de atitudes positivas, simulações e jogos podem ser muito mais eficazes do que os métodos tradicionais. (BYRNE, JOHNSTONE, 1988, p. 325).

Atitudes positivas são exatamente o que se espera do jogador de *Chemistry Raiders*. Quando ele destina corretamente os lixos encontrados no ambiente, quando ele toma decisões corretas do ponto de vista ambiental e ao responder as questões propostas, ele está tendo atitudes positivas.

No Brasil, segundo Garcez (2014), um dos primeiros trabalhos utilizando o lúdico no ensino de química foi o de Rocha Filho (1996). Esse trabalho foi apresentado na revista Química Nova na Escola e se constituía em um material para a construção da molécula do fulereno. Bertrand (1997) publicou, na mesma revista, uma proposta que utilizava desenhos animados para apresentar o conceito de solvatação e estados físicos da água.

Segundo Garcez (2014), a partir do ano 2000, aumentou significativamente a quantidade de trabalhos sobre jogos no ensino de química, no Brasil e no mundo.

Em 2000 é publicado o livro Jogos Didáticos em Química, de Marcia B. da Cunha, e nele se apresentam propostas de jogos de carta e tabuleiro para o ensino de química. Em 2004 tem-se a primeira produção de pós-graduação sobre jogos no ensino de química: a tese de doutorado de Marlon H.F.B. Soares, cujo título é “O lúdico em química: jogo e atividades aplicadas ao Ensino de Química”.

Segundo Eichler (2000), existem ainda no Brasil jogos computacionais voltados para a química como: Carbopolis, Urânio 255 e a Cidade do Átomo.

Esta dissertação pretende unir as potencialidades da atividade lúdica à abordagem CTS, sobretudo no ensino de química, representada pelo jogo computacional 3D descritas por Schaverien (2001). Portanto, ele fundamenta-se na perspectiva de que as interações entre a Ciência, Tecnologia e

Sociedade podem contribuir para uma reflexão crítica e tomada de decisão do estudante. Considera-se, portanto, o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) como ponto de partida para o desenvolvimento deste processo educativo que privilegia a reflexão e a responsabilidade social em assuntos que envolvem conteúdos científicos.

Segundo Santos e Schnetzler (*apud* Teixeira, 2003), o movimento CTS teve origem em meados da década de 1970 e foi fruto das reflexões sobre o impacto causado pela ciência e tecnologia na sociedade.

Para Angotti (2001), a racionalidade do século XIX atribuiu ao homem o papel de domínio da natureza, tendo como consequência a industrialização. O desenvolvimento centrado na ciência e na tecnologia passou a ser visto como sinônimo de progresso. Segundo Angotti (2001), com o advento dos conflitos armados, passou-se a questionar esse progresso, pois, ao longo do tempo, ficou mais evidente o poder destrutivo das armas criadas pela tecnologia, e os impactos ambientais se tornaram mais evidentes.

Segundo Santos *et al* (2008), nessa mesma época, surgiram os movimentos ambientalistas, que questionaram e denunciaram a industrialização desenfreada e os danos causados à natureza. Para Angotti, a exploração da natureza e os avanços científicos e tecnológicos não beneficiam a todos. Alguns ampliam seu domínio apoiados no discurso da neutralidade da ciência e da tecnologia, difundindo a ideia de que o progresso beneficia a maioria da população, enquanto outros acabam na miséria material e cognitiva.

Fourez (1995) considera o movimento CTS como uma conjunção de opiniões com características comuns. Essa conjunção, segundo Ricardo (2007), pode ser dividida em duas correntes de pensamento: uma afirma que a ciência e a tecnologia levam a um mundo melhor; outra afirma que não teriam um fim em si mesmas, mas estariam orientadas para a ação a partir de uma análise da sociedade em seus componentes históricos, sociais, políticos e econômicos.

Segundo Santos (1992), a incorporação de conteúdos escolares que abordem aspectos de CTS tem como objetivo principal a formação para a cidadania, incluindo a capacidade de tomada de decisão por meio de uma

abordagem que articule Ciência, Tecnologia e Sociedade, concebendo a ciência como um processo social, histórico e não dogmático. O enfoque CTS contempla as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade como motivador no processo de ensino-aprendizagem.

Na década de 1970, segundo Santos (2007) os problemas ambientais causados pela ação humana se intensificaram e, a partir dessa intensificação, alguns autores passaram a considerar também uma perspectiva de reflexão sobre consequências ambientais; portanto, passou-se então a chamar o movimento de CTSA, que resgata, segundo alguns autores na literatura, o papel da educação ambiental no movimento CTS. Essa perspectiva considera que os impactos causados pelos avanços tecnológicos podem ser discutidos/analísados no processo educacional, tal como enunciado por Santos (2008):

A questão ambiental é uma preocupação cada vez mais presente em toda a sociedade e é uma realidade com a qual o ser humano precisa aprender a conviver. Isso implica na necessidade de um ensino voltado para essa temática, que venha contribuir para a formação de sujeitos críticos que busquem a preservação da vida do planeta e melhores condições sociais para a existência humana. (Santos *et al.* 2008, p.3).

Silva e Censi (2015) destacam a necessidade do desenvolvimento de uma nova postura ética nos seres humanos em relação a questões ambientais, com o objetivo de preservá-las para a presente e as futuras gerações.

Existem dois princípios a serem considerados, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), quando consideramos o ensino de química: o conhecimento científico deve ligar-se com o que está a sua volta, levando em conta as causas e consequências dos fenômenos químicos do mundo real; o conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados (Brasil, 2006).

Nessa perspectiva, o lúdico representado pelo jogo *Chemistry Raiders* estimula, a partir das questões e situações propostas, a reflexão sobre as causas e consequências da interação do homem com o meio em que ele está

inserido, considerando a abordagem CTS como fundamental para uma compreensão ampla acerca das consequências dos seus atos.

A abordagem CTS, quando associada à ludicidade representada pelo jogo *Chemistry Raiders*, proporciona a imersão realística dos alunos nas questões que envolvem reflexões críticas sobre os fenômenos químicos e suas implicações sociais. A partir das questões problema, o aluno vivencia as situações e toma decisões como se estivesse no mundo real.

2 METODOLOGIA

O jogo *Chemistry Raiders* foi desenvolvido com a colaboração de Henrique Panichek, aluno do curso de Licenciatura em Física, da UTFPR-CT, e bolsista de Iniciação Científica da professora Fabiana Hussein durante o período de desenvolvimento do jogo. Todos os elementos 3D (*assets*) foram baixados gratuitamente da *internet*⁶ e toda a parte conceitual do roteiro das perguntas e a pesquisa de conteúdo foram feitos exclusivamente para esta dissertação. O período de elaboração do jogo foi de oito meses contados a partir de março de 2017. As perguntas feitas no jogo serão analisadas utilizando-se a análise de conteúdo.

Considerando o potencial que o jogo 3D tem, em termos de público e atratividade, este trabalho pretende unir dois mundos até então pouco explorados no Brasil: o ensino e os jogos 3D em primeira pessoa.

No desenvolvimento do jogo *Chemistry Riders*, procurou-se incorporar elementos gráficos que trouxessem o entusiasmo e o esforço espontâneo, tornando prazeroso o ato de jogar.

2.1 CONTEÚDOS DE QUÍMICA E LIVRO DO PNLD

O conteúdo de química abordado no jogo corresponde ao conteúdo do segundo ano do ensino médio e segue as diretrizes dadas no PNLD⁷ 2015 (Brasil, 2015).

O segundo volume do livro foi escolhido porque seus conteúdos adequam-se perfeitamente ao contexto dos cenários previstos para o jogo. Essa adequação se dá pelo fato de que a físico-química possui muitos fenômenos macroscópicos que podem ser facilmente reproduzidos com os elementos gratuitos disponíveis.

⁶ Sites utilizados: Archive3D, Cgtrader, Freepik, free3D, Psdgraphics, Shareicon, Turbosquid.

⁷ PNLD: Programa Nacional do Livro Didático.

Os conteúdos de química e contextualização abordados no jogo foram:

- 1) colóides, soluções;
- 2) composição dos materiais;
- 3) solubilidade, propriedades coligativas;
- 4) saneamento básico, tratamento de água;
- 5) termoquímica;
- 6) radioatividade e radiação;
- 7) fontes de energia;
- 8) ciência e cientistas;
- 9) química e meio ambiente.

2.1.1 O Livro Didático Utilizado como Referência no Jogo

Os questionamentos e situações problema apresentadas ao aluno pelo Jogo *Chemistry Raiders* foram inspirados no livro *Química Cidadã*, de Wildson Santos e colaboradores, 2013, 2ª edição. Esse livro foi escolhido porque aborda aspectos CTS, os quais se adequam perfeitamente a todo o contexto do jogo. Procurou-se abordar temas de relevância social, ambiental e tecnológica e também se utilizaram temas de importância local e nacional que foram incorporados às questões propostas.

O livro explica que a química e suas tecnologias têm provocado uma grande revolução no modo de vida das pessoas, de forma que essa revolução traz consigo consequências para o meio ambiente e para a vida no planeta. Esse contexto foi o que se buscou durante a concepção do jogo.

Foi utilizado o volume 2, cuja abordagem corresponde aos conteúdos de físico-química. O volume aborda os aspectos energéticos e dinâmicos das reações químicas, bem como a água e a energia. Esses temas estão em completa sintonia com os ambientes do jogo. O livro caracteriza-se pela contextualização temática, aprofundando-se em conceitos considerados relevantes pelos autores. O livro é dividido em unidades e, dentro das unidades, têm-se os capítulos. Cada capítulo possui um título, que é dividido

em tópicos relacionados ao conteúdo de química. Alguns tópicos não dizem respeito ao conteúdo químico em si, mas contribui em aspectos CTS no ensino de química e são os seguintes:

- Tema em foco: são abordadas temáticas sociais que contextualizam o conhecimento químico;
- Debata e entenda: neste tópico, o professor estimula o aluno a promover debates sobre os temas propostos, argumentando segundo sua vivência;
- Pense: neste tópico o aluno é estimulado a refletir e responder os questionamentos sobre o tema que ele está estudando, a fim de comparar suas conclusões com as explicações dadas no livro;
- A ciência na História: neste tópico é apresentado o contexto histórico em que um dado conhecimento se desenvolveu e em quais circunstâncias os cientistas apresentados desenvolveram um dado conhecimento;
- Ação e cidadania: o aluno é estimulado a conhecer o seu entorno desenvolvendo ações que melhorem a vida da comunidade onde vive;
- Química na escola: são realizados experimentos investigativos, alguns em sala de aula; todos são estimulados a ajudar nos experimentos, e o aluno é convidado a discutir, fazer tabelas, gráficos e interpretar os resultados obtidos;
- Atitude sustentável: é apresentado ao aluno um conjunto de sugestões e orientações para a prática da cidadania; aborda-se o estudo dos impactos ambientais, que envolvem os conceitos presentes nos conteúdos estudados;
- Exercícios e atividades: são apresentados exercícios a serem resolvidos pelos alunos com base nos conteúdos abordados; as atividades contemplam todas as discussões realizadas sobre o conteúdo daquele capítulo;

- O que aprendemos neste capítulo: neste tópico, o aluno é estimulado a fazer um resumo do capítulo estudado, revendo os conceitos e verificando se ele compreendeu o que foi abordado.

2.2 AVALIAÇÃO DO JOGO

A avaliação do jogo foi feita segundo categorias pré-estabelecidas de acordo com a análise de conteúdo de Bardin (que será descrita no item a seguir), em número de sete.

A primeira foi uma avaliação do jogo, Essa análise se deu a partir das questões propostas no jogo, e sua finalidade é verificar a presença dos conteúdos de química descritos no item 2.2 desta dissertação e a presença de termos que indiquem a presença de aspectos CTS.

A segunda, terceira e quarta análise foram feitas nas questões do jogo segundo categorias estabelecidas nas tabelas 2.2, 3.3 e 4.4 (Anexos 2, 3 e 4) da dissertação de mestrado do professor Wildson Santos. Essas análises foram feitas tendo como base as questões propostas no jogo, e sua finalidade foi verificar a presença de aspectos CTS, conteúdos de química.

A quarta análise pretendeu verificar a presença de termos que caracterizam os objetivos do ensino de química, segundo o professor Wildson Santos, e a presença de conteúdos de química, de acordo com a visão do professor Wilson Santos. Esses termos estão presentes nas Tabelas 2.2 e 3.3 páginas 58 e 67 da dissertação de mestrado do professor Wildson Santos.

A quinta análise verificou o jogo como um todo a partir de categorias oriundas das considerações feitas por Bober (2010), constantes no item 1.2 desta dissertação.

A sexta análise verificou a presença das características que os bons jogos computacionais devem ter, segundo Passerino (1989).

A sétima análise verificou a presença de aspectos que caracterizam ludicidade, segundo as considerações de (Pinho, 2017; Maluf, 2003; Passerino, 1989).

2.2.1 A Análise de Conteúdo

Apresentam-se, a seguir, os fundamentos da Análise de Conteúdo proposta por Laurence Bardin, usado para analisar o jogo, de acordo com as categorias pré-estabelecidas, particularmente as mensagens contidas nas questões propostas e o jogo *Chemistry Raiders* como um todo. A análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise das comunicações que descreve e interpreta o conteúdo de documentos e texto, de acordo com Bardin (1977, p.31).

Segundo Bardin (1977), a história da análise de conteúdo começa quando H. Lasswel faz análises de imprensa e propaganda em 1915. Lasswel conduz seus estudos analisando símbolos das mitologias políticas da época, que são as categorias para a análise de conteúdo.

Para Bardin (1977), o objetivo maior da análise de conteúdo é a ultrapassagem da incerteza, na medida em que a leitura possa ser válida e generalizável, podendo ser partilhada por outras pessoas. O enriquecimento da leitura, por um olhar atento, pode aumentar a pertinência dos dados, confirmando ou refutando a descoberta de conteúdos que se pretende demonstrar.

No entender de Bardin (1977), a análise de conteúdo possui duas funções que podem ou não ser dissociadas: a função heurística, ou seja, a análise de conteúdo enriquece a tentativa exploratória e aumenta a probabilidade da descoberta de aspectos que se quer avaliar; tem ainda a função de administração da prova, pois serve de diretriz para uma avaliação sistemática de confirmação ou refutação de um dado aspecto, a partir de hipóteses e questões provisórias.

Segundo Bardin (1977), a organização da análise segue a seguinte ordem cronológica:

- 1) Pré-análise: é a fase em que são organizados e escolhidos os materiais a serem analisados. Nesta fase foi definido que a primeira, a segunda, a terceira e a quarta análise seriam feitas nas questões

propostas do jogo, e a quinta, sexta e sétima seriam feiras no jogo como um todo;

- 2) Exploração do material: é a fase em que são efetivadas as decisões tomadas na pré-análise. Os dados são agrupados em unidades que permitem a descrição das características do conteúdo. Nesta fase foram agrupadas as unidades de registro que são usadas para descrever as características conteúdo, nas análises um, dois, três e quatro, e as unidades de registro foram obtidas analisando as questões do jogo à procura de unidades de registro que fossem representativas do conteúdo que se queria analisar.

As análises de números cinco, seis e sete foram feitas a partir da análise das características do jogo como um todo, e as categorias foram estabelecidas de acordo com considerações presentes na fundamentação teórica.

- 3) Tratamento dos resultados, inferência e interpretação; tratamento dos resultados, inferência e interpretação consiste em tratar os dados estatisticamente e representá-los sob a forma de gráficos ou tabelas e interpretá-los à luz da fundamentação teórica.

No caso das análises de números um, dois, três e quatro, os resultados foram expressos sob a forma de gráficos, de barras para uma melhor visualização e interpretação. As análises de números cinco, seis e sete, estabelecidas as categorias, foram feitas em forma de texto.

Os dados a serem submetidos ao processo analítico, segundo Bardin (1977) devem seguir as seguintes regras: a) regra da exaustividade; b) regra da representatividade; c) regra da homogeneidade; d) regra da pertinência.

- a) Regra da exaustividade: essa regra estabelece que, definido o conjunto de dados a serem analisados, não se pode deixar de lado nenhum elemento desse conjunto.

Nesse item, para as análises de números um, dois, três e quatro, foram selecionadas todas as questões do jogo sem deixar nenhuma questão de lado, para que se tenha o máximo rigor das regras estabelecidas por Bardin para a análise de conteúdo.

As análises de números cinco, seis e sete foram feitas no jogo como um todo levando em conta os três ambientes não deixando nenhum cenário de lado, contemplando dessa forma a regra da exaustividade.

- b) Regra da representatividade: a amostra deve ser representativa em relação à totalidade do material de análise. Os resultados obtidos para a amostra poderão ser generalizados para todo o material de análise.

Neste item, o conjunto total das questões, nas análises de números um, dois, três, e quatro, representa a totalidade do material em análise e, portanto, obedece à regra da representatividade, na medida em que representa a totalidade dos conteúdos que se pretende abordar no jogo.

As análises de número cinco, seis e sete foram feitas no jogo como um todo, nas três fases e em todos os cenários, representando a totalidade do material em análise, contemplando, dessa forma, a regra da representatividade.

- c) Regra da homogeneidade: os documentos a serem analisados devem ser homogêneos, ou seja, não podem apresentar singularidades fora do critério de escolha.

As análises de números um, dois, três e quatro foram feitas nas questões do jogo que representam um mesmo conteúdo de química, inspirado em um livro didático específico que possui uma abordagem específica, não apresentando assim singularidades e divergências de abordagem, contemplando dessa forma a regra da homogeneidade dos dados.

As análises de números cinco, seis e sete foram feitas no jogo como um todo. Analisando as três fases e todos os cenários, o jogo seguiu o contexto do livro didático no qual foi inspirado, mantendo em todas as fases o contexto da abordagem CTS nos conteúdos de química, não apresentando singularidades que possam violar a regra da homogeneidade.

- d) Regra da pertinência: os documentos devem ser boas fontes de informação, correspondendo ao objetivo da análise.

As questões do jogo foram cuidadosamente elaboradas tendo como base o livro didático selecionado. Esse livro fez parte do programa nacional do

livro didático do governo federal. O livro foi analisado e homologado, constituindo, portanto, em uma fonte confiável de informação. De maneira análoga, o jogo como um todo, foi inspirado nos conteúdos e abordagens do livro didático selecionado, de modo que a regra da pertinência é contemplada da mesma forma nas análises de números cinco, seis e sete.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

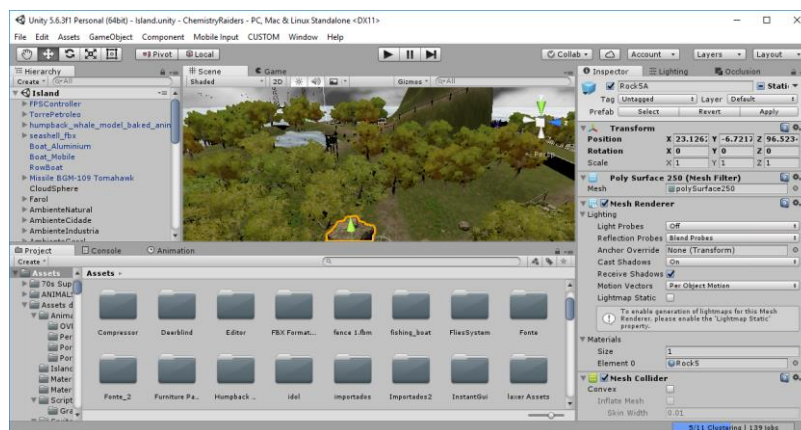
3.1 CONSTRUÇÃO DO JOGO

O jogo 3D em primeira pessoa sempre fascinou os adolescentes, pelas suas características únicas em termos de envolvimento. Em 2014, ao participar da Semana de Química e Biologia da/UTFPR, tivemos a oportunidade de fazer um minicurso sobre jogos computacionais para química. Naquela época, surgiu o questionamento: por que não fazer um jogo 3D para ensinar química?

Concluída a Graduação, já no Mestrado, havia a determinação de levar a cabo a ideia estabelecida. Para isto, foi feita uma pesquisa para determinar qual software gratuito poderia adequar-se ao projeto. Foram consideradas diversas *Game Engines* como a *Unreal*, e o *3D Game Maker*.

Na figura 6, pode-se observar a tela de trabalho da *game engine*⁸ *Unity3D*.

Figura 6. Visão geral do game engine



Fonte: o autor, 2018.

⁸ game engine: programa de computador utilizado pelo autor para fazer o jogo.

A escolha do software *Unity3D* como *game Engine* se deu devido à grande popularidade e flexibilidade em termos de plataforma de uso desse *software*.

Escolhido o software, foi estabelecido que havia a necessidade de fazer parceria com um programador para realizar a programação dos objetos dinâmicos, pois não se tinha tempo hábil para o aprendizado da programação, durante a realização do Mestrado e atuação como docente em escolas do Ensino Médio em Curitiba-PR, que é uma das exigências de um mestrado profissional. Portanto, após ter encontrado o programador, iniciou-se uma rotina de encontros que, em algumas fases do jogo, demandaram três encontros por semana, os quais duravam em média 4 horas. Nesse período, com o auxílio da orientadora, foi estabelecida a parte conceitual, o objeto de pesquisa, o livro que seria usado como base e também se determinou o foco na questão ambiental e aspectos CTS. O foco na questão ambiental fundamenta-se no fato de que o jogo se passa em ambiente insular de reduzidas dimensões, portanto qualquer problema ambiental atingirá proporções que afetarão toda a ilha.

À medida que as fases iam tomando forma, surgiam novas ideias, que de pronto eram incorporadas. Para cada ideia nova surgia a necessidade de se localizar o elemento ou o *asset* que poderia cumprir o papel desejado. A filosofia, desde o início do projeto, foi a de que tudo que seria usado no jogo deveria ser obtido de forma gratuita, o que limitou de certa maneira algumas soluções gráficas. O que é disponibilizado de forma gratuita normalmente apresenta grau de detalhamento baixo, tornando difícil a padronização em termos de qualidade gráfica dos elementos do jogo.

3.2 O JOGO DESENVOLVIDO: *CHEMISTRY RAIDERS*

O jogo *Chemistry Raiders* faz parte do universo lúdico e pretende fornecer ao aluno a motivação necessária para que o aprendizado dos conteúdos de química se torne prazeroso e efetivo.

Considera-se que o lúdico, aqui representado pelo *Chemistry Raiders*, pode constituir uma importante ferramenta para que o professor possa oferecer o ambiente adequado para o aprendizado dos alunos, a partir de um jogo desafiador e repleto de fantasias. O envolvimento proporcionado pelo jogo 3D pode propiciar ao aluno desafio e motivação em intensidade nunca antes atingidos com outros tipos de jogos ou simulações. A imersão no mundo 3D do *Chemistry Raiders* facilita a abrangência dos princípios descritos por Bober (2010) sobre uso de jogos digitais no ensino. Os princípios são (tradução livre):

- Usem a fantasia e a narrativa para criar um contexto envolvente para a experiência de aprendizagem;
- Tenham ligação com os interesses anteriores do aluno;
- Sejam visualmente estimulantes, por exemplo, através do uso de recursos multimídia;
- Sejam um desafio com níveis adaptáveis e crescentes em dificuldade;
- Tenham objetivos claros e significativos;
- Forneçam *feedback* imediato para dar ao aluno um senso de controle;
- Ofereçam oportunidades para os alunos tomarem decisões que influenciam a experiência de aprendizagem;
- Incentivem a interação social entre alunos, oferecendo oportunidades de colaboração e discussão, como parte do jogo, na sala de aula e/ou online;
- Concentrem-se em progressão e auto aperfeiçoamento, em vez de competição entre os alunos.

O Jogo *Chemistry Raiders* é um jogo 3D em primeira pessoa do tipo *Open world*, ou seja, o jogador pode acessar qualquer fase do jogo a qualquer momento se tiver credenciais para isso. Alguns jogos são caracterizados por possuírem fases subsequentes que, uma vez ultrapassadas, não podem ser novamente visitadas. Considerou-se que essa possibilidade não seria a mais adequada para esse jogo, pois a filosofia do jogo é a de que o jogador possa voltar a qualquer lugar do jogo a qualquer momento, para aprimorar seu entendimento de algum tema que foi abordado ou que gerou alguma dúvida. A familiaridade do jogador com jogos computacionais 3D em primeira pessoa e seu conhecimento dos conteúdos de química, farão com que ele termine o jogo em menor tempo.

O jogo foi desenvolvido para alunos do ensino médio, mas pode ser adaptado para alunos do ensino fundamental, por exemplo, no aprendizado de reciclagem e correta destinação de resíduos.

Os alunos do ensino básico, quando colocam nos cestos identificados por cores os lixos encontrados no ambiente, aprendem a ter iniciativa ao destinar corretamente cada tipo de lixo encontrado no ambiente. A abordagem de questões ambientais, no ensino das ciências da natureza, adquire maior importância à medida que se vivenciam as mudanças causadas pelo homem no meio em que habita, impulsionado pelo avanço da ciência e da tecnologia.

O Jogo *Chemistry Raiders* pode estimular a reflexão sobre os impactos da ciência e da tecnologia na sociedade e, particularmente, suas implicações nas questões ambientais. Pode-se observar esse estímulo à reflexão nas questões propostas para a ambiente indústria, onde são apresentadas situações, em que estão presentes agentes poluentes, e pede-se ao aluno que identifique e apresente uma provável solução para o problema. Dessa forma, o aluno é levado a refletir sobre o impacto causado por dejetos industriais, ou dejetos provenientes de material radioativo.

Ao carregar o jogo clicando sobre o arquivo *executable.exe*, o jogador é levado ao menu de configuração; nesse menu é possível modificar a qualidade gráfica do jogo de acordo com o poder de processamento do computador que está sendo utilizado. Pode-se usar a configuração *fantastic* se o computador utilizado e a placa gráfica forem atualizados temporalmente. Ex: Intel® core i7®, core i5®, ou AMD Ryzen®. Alguns processadores inferiores dessas séries de processadores também podem ser utilizados na configuração *fantastic*. O computador Intel core i3® ou AMD C60® são indicados como configuração mínima para uma jogabilidade satisfatória, além da recomendação do uso do *mouse*.

No menu de configurações também é possível alterar a resolução da tela que vai de 1929x1080 até 640x480. É possível escolher jogar em tela cheia ou em janela. É possível verificar nesse menu quais as teclas de comando do jogo.

O menu inicial do jogo apresenta as teclas iniciar jogo, configurações, sair do jogo e créditos. Ao clicar em iniciar jogo, aparece uma tela azul, que é a tela de “*loading*” com a logomarca da UTFPR. Essa tela permanece até que todo o jogo seja carregado, o que pode levar alguns minutos dependendo das configurações do computador. Quando o carregamento está completo, o jogador surge na tela em primeira pessoa, ou seja, a câmera está nos olhos do jogador.

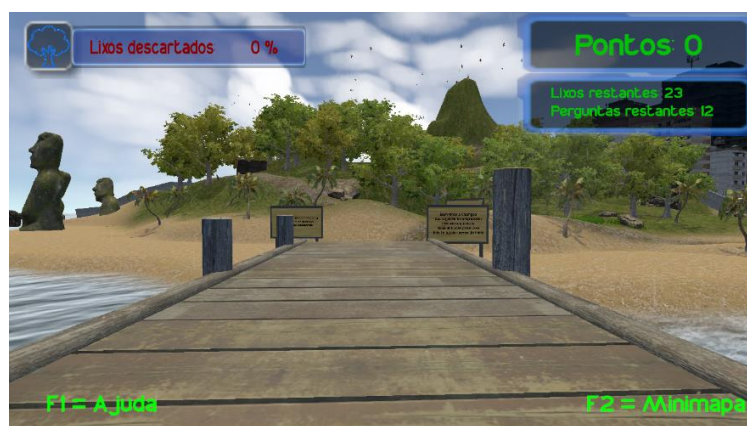
A tela inicial do jogo apresenta em verde as indicações F1 = ajuda (lado esquerdo inferior da tela), F2 = mini mapa, (lado direito inferior da tela), além da barra de menu “lixos descartados” (lado esquerdo superior da tela), com um ícone correspondente à fase atual, árvore para ambiente natural, prédios para cidade e indústria.

O menu de pontos está do lado direito superior da tela. Ao clicar em ajuda, surge na tela uma barra que mostra todos os principais comandos de locomoção do jogo. Ao clicar em mini mapa, surge um mini mapa da fase atual do jogador, que mostra onde estão as questões a serem respondidas e os portões das fases.

Ao conceber o jogo, optou-se pelo modelo que propunha questões a serem respondidas. O modelo se mostrou mais prático e de maior facilidade em termos de programação, embora se considere ainda que não seja o ideal do ponto de vista pedagógico. Um dos objetivos futuros é aprimorar a interatividade para que o jogo se torne mais atrativo e interativo.

A figura 7 mostra o início do jogo no ambiente natural. O jogador inicia o jogo em cima de um píer; ele chegou na ilha de *ChemGea* de barco, o qual se encontra logo atrás dele nesse momento; a qualquer momento do jogo, ele pode voltar ao barco, saltar sobre ele, saindo do jogo ou jogando novamente. É exibida uma mensagem com a sua pontuação. Como primeira fase, o jogador começa a explorar o ambiente natural; existem 12 questões a serem respondidas. Ao responder essas questões, o jogador ganha pontos que são computados na barra de menu de pontos. Cada questão vale 50 pontos.

Figura 7. Visão geral do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

A outra maneira de somar pontos é dando a destinação correta dos lixos encontrados espalhados por todo o ambiente; para isso existem lixeiras em alguns pontos da fase. As lixeiras possuem propositadamente apenas as cores padrão para cada tipo de lixo. Essa ação foi pensada para proporcionar ao aluno a consciência ambiental, que tem como pano de fundo a visão americana da abordagem CTS, e tornar o jogo aplicável às primeiras séries do ensino básico. Aqui cabe considerar o ritmo que o jogo possui e que pode ser observado quando o jogador percorre os cenários que proporcionam experiências de aprendizado contínuas e cada vez mais desafiadoras, fazendo com que ele queira ir além, terminar o jogo, responder a todas as perguntas, obter todos os pontos.

Harmonia pode ser observada no cuidado com que os cenários são posicionados e cuja transição (entre um cenário e outro) é natural, sem grandes interferências nas características do jogo.

Quando o jogador se aproximar de algum objeto do cenário que possui interação, aquele objeto apresentará uma nuvem amarela que a *game engine* chama de Halo. Uma vez presente o Halo⁹, o jogador pode clicar com o botão esquerdo do *mouse* e manter pressionado; agindo assim ele pode segurar o

⁹ Halo: Nuvem azul ou verde que surge quando o jogador se aproxima de um objeto que pode ser pego ou selecionado.

objeto, ou então abrir a porta, como é o caso da porta do laboratório da indústria.

O jogador, ao completar 500 pontos no ambiente natural, abre os portões para as fases cidade e indústria. Ao completar 1.000 pontos aparece no canto inferior direito uma taça de bronze, ao completar 2.000 pontos aparece uma taça de prata e ao completar 3000 pontos aparece uma taça de ouro, indicando que o jogador atingiu quase a totalidade dos pontos disponíveis e supostamente apropriou-se do conhecimento correspondente.

A figura 8 mostra uma visão global do ambiente cidade. Nessa fase cidade são treze questões a serem respondidas, e mais oito questões no ambiente do farol, que funcionam como um bônus. Esse ambiente tem as biografias de químicos que foram importantes para a história da química, basta o jogador clicar sobre a foto e aparece um menu Pop UP com a biografia do cientista correspondente.

Figura 8. Visão geral do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

O sistema de pontuação é semelhante ao ambiente natural e, ao atingir 1000 pontos, aparece na tela uma taça de bronze.

Ao entrar no ambiente indústria, o jogador visualiza elementos típicos de indústrias, os quais foram escolhidos com os critérios de gratuidade que caracterizam o projeto. A indústria impõe ao jogador algum grau de imaginação e conhecimento, pois as situações apresentadas não são tão óbvias, como, por

exemplo, o lago de resíduos industriais, que sugere subliminarmente desastres ambientais já ocorridos no Brasil pelo derramamento de resíduos de indústrias.

A figura 9 mostra uma visão geral do ambiente indústria.

Figura 9. Visão geral do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

Existe ainda nesse jogo o que os jogadores chamam de *Easter Egg* (ovo de páscoa), ou seja, um segredo de caráter humorístico escondido no jogo. Esse *Easter Egg* aconteceu de forma espontânea como um bug do jogo e decidimos deixá-lo. Quando o jogador conseguir subir no prédio da indústria, através do empilhamento de tonéis ao lado dos *containers*, encontrará no telhado um tonel; se o jogador pegar esse tonel, ele alçará voo pelo cenário do jogo.

A seguir são mostrados todos os totens que contêm as questões propostas nos três ambientes do jogo. São 12 questões no ambiente natural, 13 questões no ambiente cidade, 13 questões no ambiente indústria e 8 questões no ambiente do farol. A figura 10 representa a primeira questão do ambiente natural.

Figura 10. Visão da primeira questão do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

Nesta questão, o assunto abordado é a dissolução de sais em água e sua solubilidade e nela procurou-se abordar o processo físico que resulta na presença do sal na água. O professor pode abordar o assunto explicando como ocorre o processo de salinização de reservas aquíferas.

A figura 11 representa a segunda questão do ambiente natural. Nesta questão, o assunto abordado é o processo de precipitação e evaporação, as reservas de água doce, aquíferos, sustentabilidade. O professor pode pedir aos alunos um estudo sobre a quantidade de água doce no planeta e os impactos ambientais gerados pelo mau uso da água.

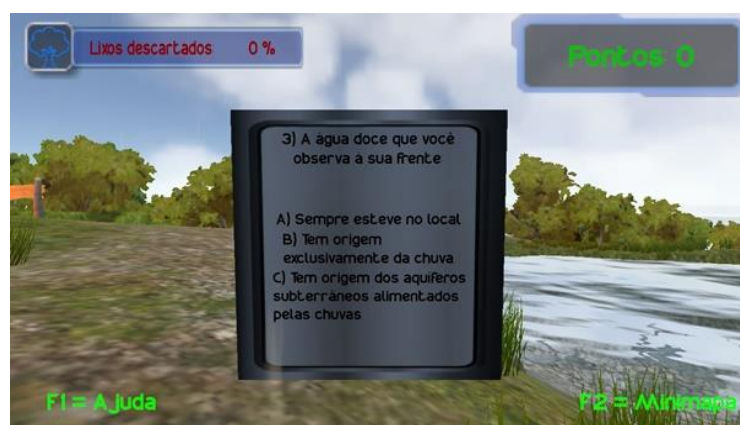
Figura 11. Visão da segunda questão do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

A figura 12 representa a terceira questão do ambiente natural. O assunto abordado nesta questão é o ciclo da água, processos de evaporação e condensação. Podem ser abordados os aspectos ambientais envolvidos na contaminação dos lençóis freáticos e a ação do homem sobre a qualidade da água.

Figura 12. Visão da terceira questão do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

A figura 13 representa a quarta questão do ambiente natural, que aborda as propriedades de um material quanto a sua aparência, e o professor pode abordar os conceitos de homogeneidade e heterogeneidade dos materiais e das soluções.

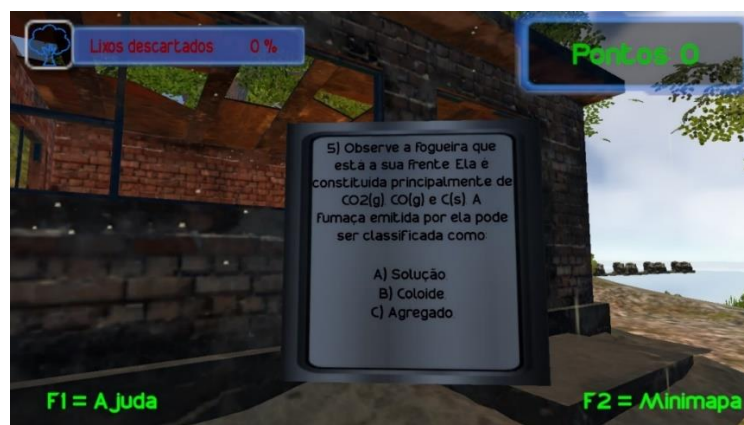
Figura 13. Visão da quarta questão do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

A figura 14 representa a quinta questão do ambiente natural. Esta pergunta trata dos assuntos soluções, colóides e agregados, em que se verifica o entendimento do aluno, após ele conhecer os conceitos. O aluno é estimulado a pensar na resposta observando o comportamento e as características físicas da fumaça.

Figura 14. Visão da quinta questão do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

A figura 15 representa a sexta questão do ambiente natural. Esta pergunta aborda soluções, verificando qual o entendimento do aluno sobre o que é soluto e o que é solvente. A pergunta é feita solicitando que olhe para o lago à sua frente e afirma que o lago contém sal comum dissolvido. A imaginação a partir da observação do aluno é estimulada nessa questão.

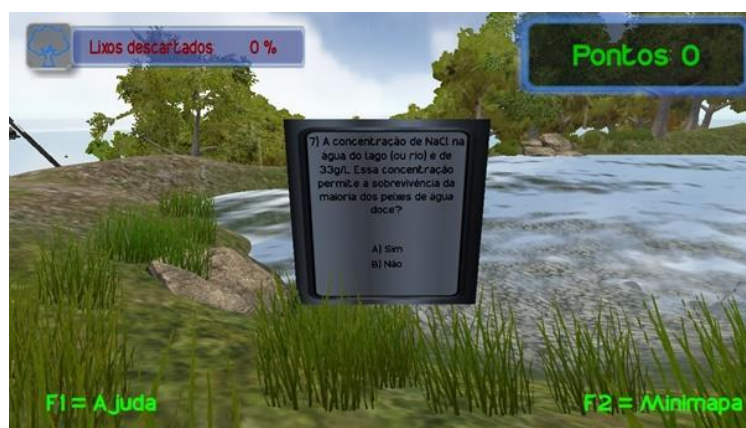
Figura 15. Visão da sexta questão do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

A figura 16 representa a sétima questão do ambiente natural. Ela aborda concentração de soluções. Associa a concentração da água do lago com fatores biológicos que fazem com que os peixes sobrevivam nas condições dadas. O professor pode pedir aos alunos para pesquisar se a água do mar possui a concentração citada. Esta pergunta pode ser respondida com a intervenção do professor.

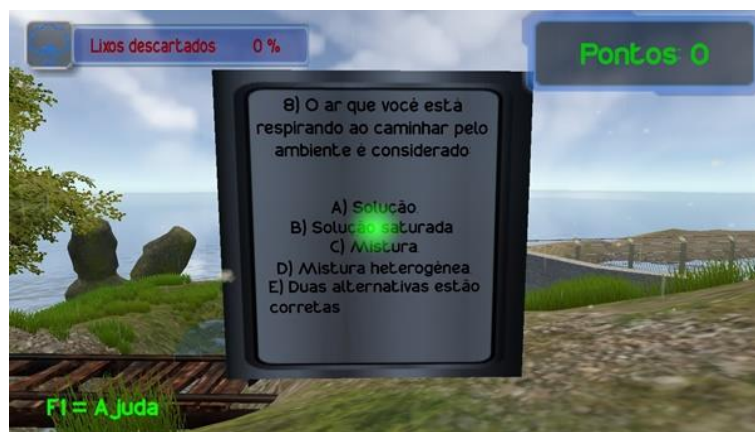
Figura 16. Visão da sétima questão do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

A figura 17 representa a oitava pergunta do ambiente natural. Esta questão estimula a imaginação do aluno, estímulo esse que só é possível em um jogo 3D em primeira pessoa. O jogo afirma que o jogador está respirando ao caminhar e solicita a ele que identifique as características do ar que ele respira.

Figura 17. Visão da oitava questão do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

O professor nesta questão pode abordar as propriedades das soluções, misturas e saturação, verificando se o aluno entendeu os conceitos estudados.

A figura 18 representa a nona questão do ambiente natural. A questão 9 nesta figura trata das propriedades coligativas, solicitando ao aluno que responda em que circunstância se tem aumento da pressão de vapor, verificando dessa forma seu entendimento dessa propriedade, através de um exemplo visual em tempo real.

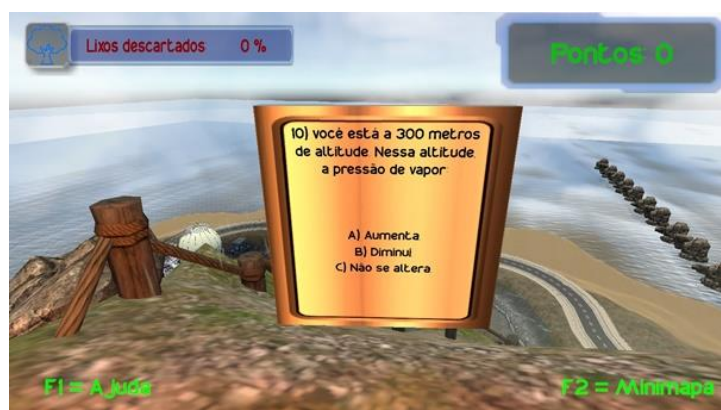
Figura 18. Visão da nona questão do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

A figura 19 representa a décima primeira pergunta do ambiente natural. Esta questão é feita após o aluno subir a montanha do ambiente natural e aborda a variação da pressão de vapor com a altitude. O professor pode solicitar ao aluno que extrapole sua resposta a essa questão para outras altitudes a fim de verificar o completo entendimento do assunto abordado.

Figura 19. Visão da décima questão do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

A figura 20 representa a décima primeira pergunta do ambiente natural. O assunto abordado nesta questão 11 é o processo de osmose. Como contextualização utilizou-se a biologia dos peixes. O professor pode explicar como ocorre o processo osmótico pedindo aos alunos que citem outros animais marinhos que utilizam o mesmo mecanismo.

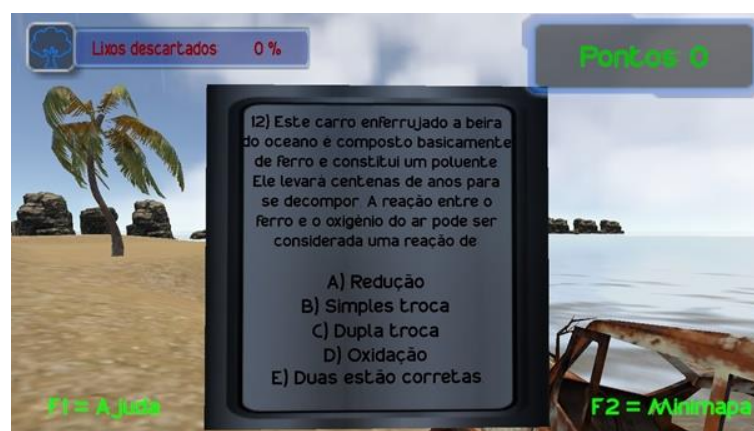
Figura 20. Visão da décima primeira questão do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

A figura 21 representa a décima segunda pergunta do ambiente natural. Esta questão aborda oxirredução e tipos de reação. O professor pode trazer à discussão o impacto da ação do homem no meio ambiente.

Figura 21. Visão da décima segunda questão do ambiente natural



Fonte: o autor, 2018.

A figura 22 representa a primeira pergunta do ambiente cidade. A pergunta nesta figura tem abordagem CTS, e o professor pode tratar dos impactos das novas tecnologias na sociedade e no ambiente, estimulando o estudante a refletir e pesquisar sobre as áreas da ciência que podem ser beneficiadas com o avanço da nanotecnologia e quais os impactos que isso pode causar ao meio ambiente, por exemplo.

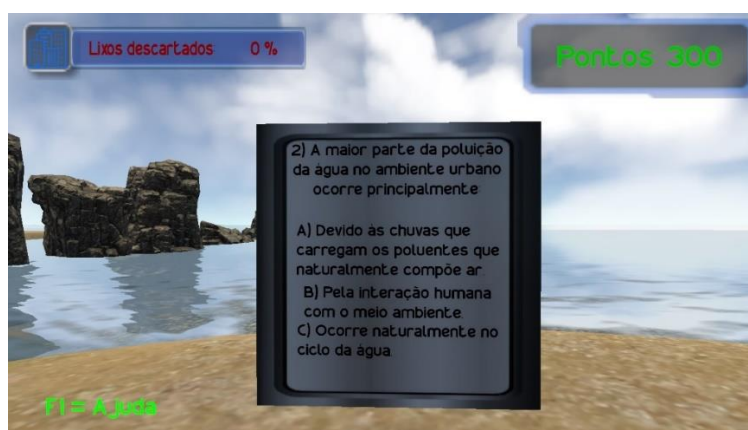
Figura 22. Visão da primeira questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A figura 23 representa a segunda questão do ambiente cidade. Essa pergunta 2 aborda o processo de dispersão de poluentes no meio urbano e o papel dos seres humanos. Nesta questão o professor pode trazer o assunto da urbanização sem controle e o empobrecimento populacional e suas consequências.

Figura 23. Visão da segunda questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A figura 24 representa a terceira pergunta do ambiente cidade. Esta questão 3 aborda as ações do homem no meio ambiente e seus impactos nos ecossistemas. O professor pode discorrer sobre as consequências da urbanização e da ocupação irregular do solo.

Figura 24. Visão da terceira questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A figura 25 representa a quarta questão do ambiente cidade, que aborda a decomposição de materiais e o impacto gerado pelo tempo de permanência no ambiente. O professor pode citar os métodos de produção de novos materiais biodegradáveis e processos de reciclagem que resultam em menos impacto ao meio ambiente.

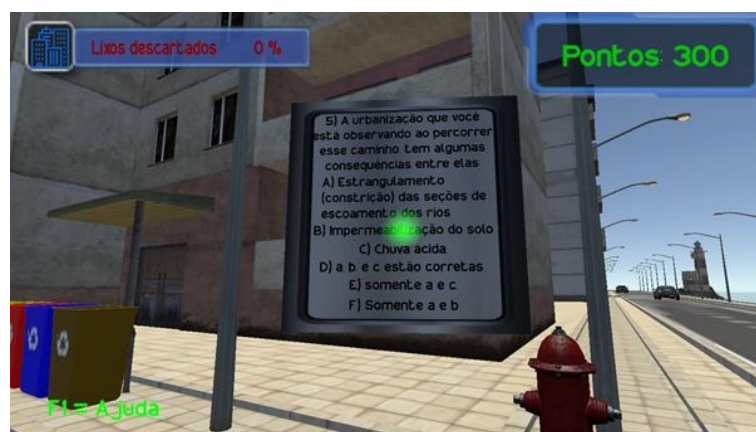
Figura 25. Visão da quarta questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A figura 26 representa a quinta questão do ambiente cidade. Nessa questão cinco temos o questionamento das consequências da urbanização e seus impactos nos recursos hídricos. O professor pode pedir aos alunos que citem exemplos do seu cotidiano onde esses processos ocorrem.

Figura 26. Visão da quinta questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A figura 27 representa a sexta questão do ambiente cidade. Nessa questão é abordada a biodegradabilidade dos detergentes estimulando o aluno a refletir sobre tudo o que ele lê e ouve a respeito. O professor pode explicar o processo de eutrofização que ocorre nos meios aquíferos.

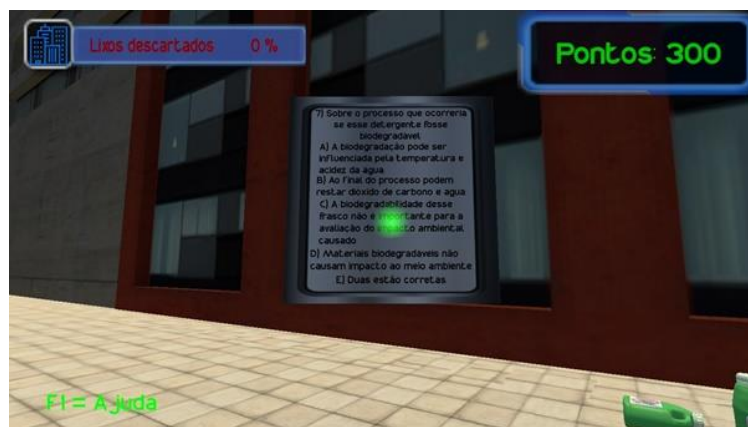
Figura 27. Visão da sexta questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A figura 28 representa a sétima questão do ambiente cidade. Esta questão 7, por não ser tão comumente abordada, demanda uma pesquisa do aluno no livro ou em meios digitais. Trata das condições de biodegradabilidade dos detergentes e dos materiais plásticos.

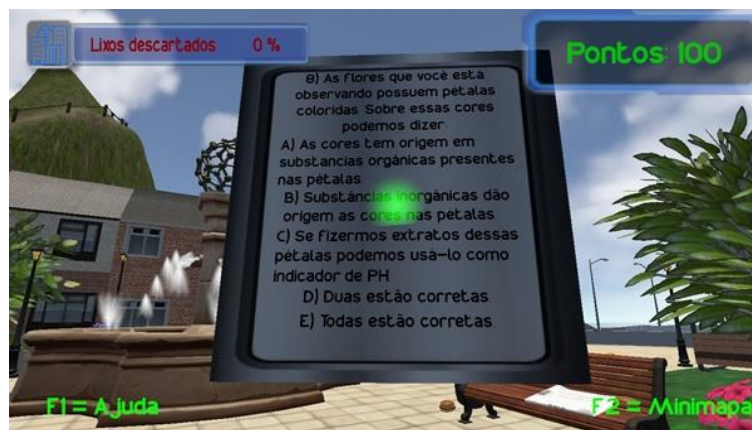
Figura 28. Visão da sétima questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A figura 29 representa a oitava questão do ambiente cidade e aborda o processo químico responsável pela formação das cores nas pétalas das flores e os indicadores ácido base. O professor pode usar a questão para dar exemplos de como os indicadores podem ser obtidos a partir de plantas e como fazer medições de pH a partir de plantas comuns.

Figura 29. Visão da oitava questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A figura 30 representa a nona questão do ambiente cidade. Esta questão 9 aborda a tecnologia dos catalizadores utilizados em veículos, destacando o aspecto químico e conceitual do tema; os impactos ambientais da utilização ou não desses dispositivos podem ser tema de debate entre o professor e os alunos.

Figura 30. Visão da nona questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A figura 31 representa a décima questão do ambiente cidade.

Figura 31. Visão da décima questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A questão 10 trata da radioatividade, areias monazíticas e seu risco ao homem. O professor pode iniciar um debate sobre os impactos do processo de

produção de eletricidade a partir de substâncias radioativas. Pode discutir o uso da radiação enfatizando aspectos positivos e negativos.

A figura 32 representa a décima primeira questão do ambiente cidade e aborda o descarte de resíduos das cidades, dispersão no mar e seu impacto na saúde da população. O professor pode mostrar as relações que existem entre saneamento básico e saúde populacional.

Figura 32. Visão da décima primeira questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A figura 33 representa a décima segunda questão do ambiente cidade. A questão de número 12 aborda os impactos das usinas geradoras de energia no meio ambiente. O professor pode elencar os tipos de usinas geradoras de energia e seus impactos ambientais, em conjunto com os alunos.

Figura 33. Visão da décima segunda questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A figura 34 representa a décima terceira pergunta do ambiente cidade. Nessa questão 13 são abordados os tipos de queima que ocorrem na câmara de combustão dos automóveis, mas pode ser extrapolada para outros processos de queima, como, por exemplo, o das fogueiras do ambiente natural. O aspecto químico é explicitado fazendo com que o aluno entenda como ocorre a reação de queima.

Figura 34. Visão da décima terceira questão do ambiente cidade



Fonte: o autor, 2018.

A primeira questão do ambiente indústria está representada na figura 35. Esta pergunta do ambiente industrial aborda o correto armazenamento de substâncias radioativas e que tipo de material é adequado para conter tais radiações. O professor pode usar a questão para explicar as diferentes formas de radiação e seu poder de penetração.

Figura 35. Visão da primeira questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

A figura 36 mostra a segunda questão do ambiente indústria. A segunda questão do ambiente indústria aborda a ocupação inadequada de mananciais e ambientes urbanos por indústrias de grande porte e seus impactos para a saúde da população. O professor pode estimular os alunos a refletirem sobre os impactos sociais e ambientais do processo de industrialização.

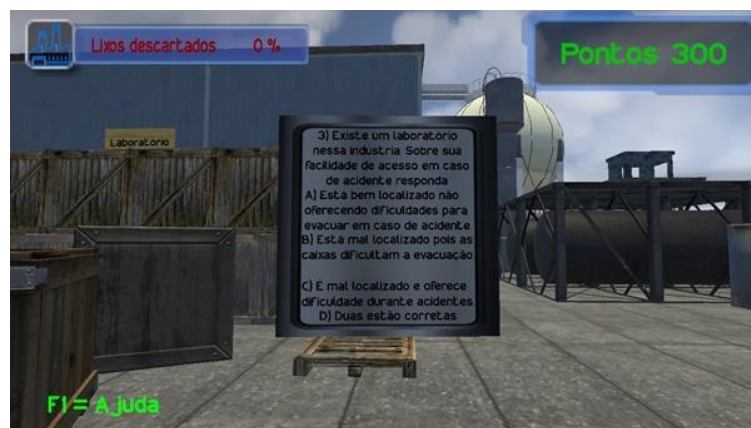
Figura 36. Visão da segunda questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

A terceira questão do ambiente indústria está mostrada na figura 37. Essa questão de número 3 aborda a localização do laboratório de química, enfatizando que o fator segurança é muito importante. A questão estimula o aluno a refletir sobre potenciais acidentes no laboratório. O professor pode pedir que os alunos, baseados nesta questão, descrevam um laboratório em que os riscos seriam minimizados.

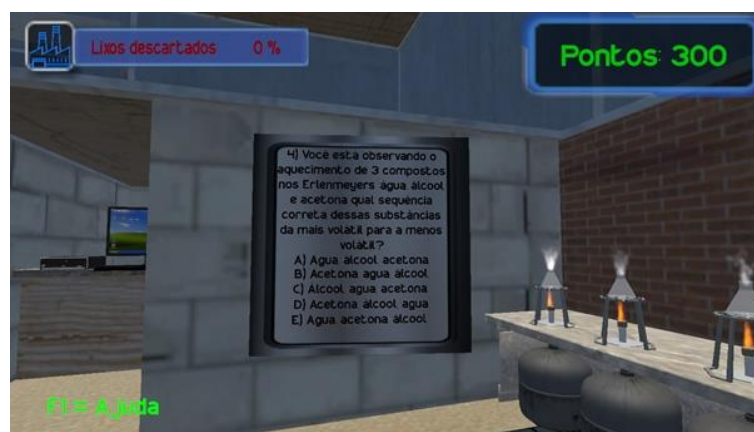
Figura 37. Visão da terceira questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

A figura 38 mostra a quarta questão do ambiente indústria. Essa quarta questão do ambiente indústria aborda a volatilidade das substâncias. As substâncias apresentadas são de uso comum, fazendo com que os alunos baseados no conhecimento químico que possuem possam respondê-la prontamente. E, também, dependendo do andamento dos conteúdos, o professor pode solicitar aos alunos uma explicação química para as diferentes volatilidades verificadas e pedir aos alunos exemplos de outros compostos para comparações de volatilidade.

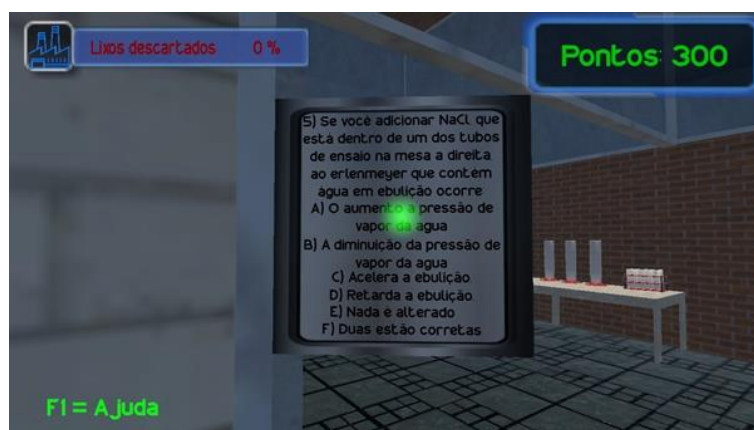
Figura 38. Visão da quarta questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

A figura 39 mostra a quinta pergunta do ambiente indústria, em que as propriedades coligativas, ebulioscopia são abordadas. O professor pode questionar o aluno sobre os motivos que levam à ocorrência do fenômeno por ele verificado na resposta da questão.

Figura 39. Visão da quinta questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

A figura 40 mostra a sexta pergunta do ambiente indústria. A questão de número seis trata da capacidade dos combustíveis de produzir substâncias poluentes como o monóxido de carbono. O professor pode pedir ao aluno que reflita e cite algumas vantagens adicionais para os tipos de combustíveis apresentados.

Figura 40. Visão da sexta questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

A questão de número sete do ambiente indústria, figura 41, aborda o tratamento físico e químico de efluentes. O aluno deve pesquisar nos livros ou em meios digitais para obter a resposta, pois esse assunto é muito pouco

abordado na maioria dos currículos do ensino médio. O professor pode pedir uma pesquisa por escrito sobre a temática.

Figura 41. Visão da sétima questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

A oitava questão do ambiente indústria está representada na figura 42. Essa questão de número oito trata das consequências do descarte de dejetos industriais, estimulando o aluno a pensar nas consequências para a fauna aquática. O professor pode discutir com os alunos exemplos de desastres ambientais que ocorreram no Brasil pelo excesso de dejetos armazenados e lançados nos rios.

Figura 42. Visão da oitava questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

A figura 43 mostra a nona questão do ambiente indústria. Esta questão trata do potencial risco oferecido por substâncias voláteis, presentes nas indústrias. O professor pode explorar a volatilidade de ácidos e os riscos oferecidos por substâncias químicas lançadas no ambiente.

Figura 43. Visão da nona questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

A décima questão do ambiente indústria, figura 44, é sobre o conteúdo de ebulioscopia. O professor pode solicitar aos alunos que representem graficamente o fenômeno a partir de dados obtidos em experimentos no laboratório. Como também pode pedir aos alunos que consultem o livro para responder a essa questão.

Figura 44. Visão da décima questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

A figura 45 mostra a décima primeira pergunta do ambiente indústria. Essa questão 11 é sobre a poluição do ar causada pela ação do homem. O professor pode debater os esforços das nações para reduzir a emissão de poluentes, os tipos mais comuns de poluentes, as nações mais poluidoras, as relações entre poluição e desenvolvimento econômico.

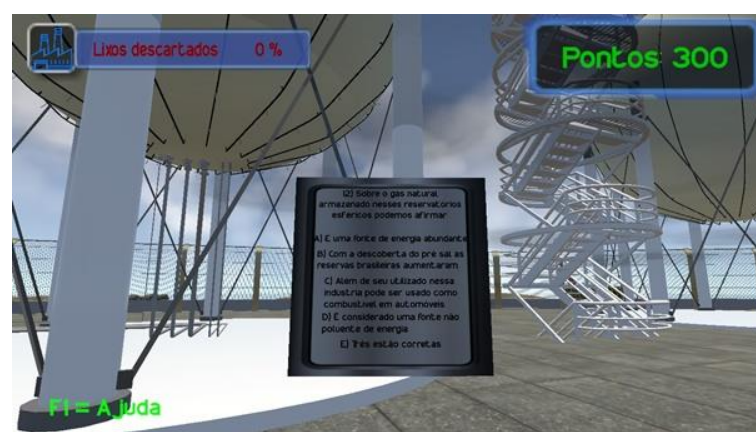
Figura 45. Visão da décima primeira questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

A décima segunda questão do ambiente indústria, na figura 46, aborda a poluição causada pelos derivados de petróleo, suscita discussão sobre as vantagens e desvantagens dos combustíveis fósseis, contextualiza as descobertas de campos de petróleo no Brasil. O professor pode abrir uma discussão sobre autossuficiência energética, poluição e sobre o funcionamento do mercado internacional de petróleo.

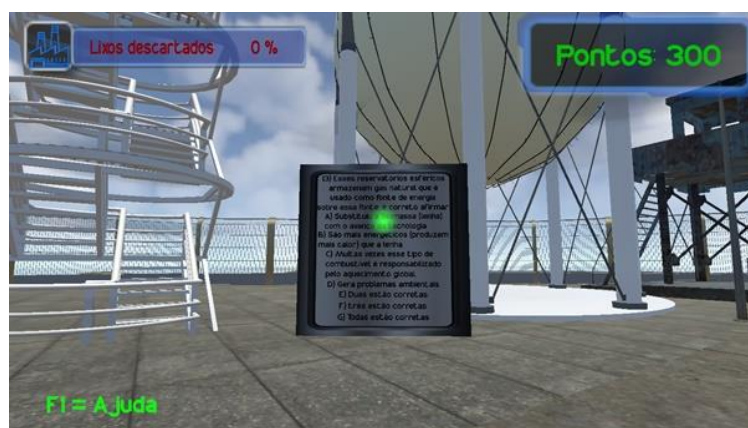
Figura 46. Visão da décima segunda questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

A figura 47 mostra a décima terceira pergunta do ambiente indústria. A questão 13 trata do poder calorífico dos materiais combustíveis, suas vantagens e desvantagens. Trata dos problemas ambientais causados pelas fontes de energia citadas na pergunta. O professor pode pedir ao aluno que explicita as vantagens e desvantagens de cada um dos combustíveis citados na questão.

Figura 47. Visão da décima terceira questão do ambiente indústria



Fonte: o autor, 2018.

No ambiente farol o aluno conhece um pouco da biografia dos principais químicos. Foram propostas 2 questões por andar, e os faróis contêm 4 andares. A figura 48 mostra a primeira questão do ambiente farol.

Figura 48. Visão da primeira questão do ambiente farol



Fonte: o autor, 2018.

Essa questão 01 trata de um episódio¹⁰ importante na história da química: o episódio do embate entre Werner e Jorgensen. O professor pode abordar o conceito de compostos de coordenação, ligações químicas e de como a ciência se desenvolve, de uma forma resumida para esse último.

A segunda questão do ambiente farol, na figura 49, fala sobre o fundador da medicina ortomolecular. Nessa questão, o professor pode iniciar um debate sobre medicalização e sobre o papel das vitaminas no organismo.

Figura 49. Visão da segunda questão do ambiente farol



Fonte: o autor, 2018.

A figura 50 mostra a terceira questão do ambiente farol. A questão 03 procura mostrar que cientistas contemporâneos trocam informações e colaboram entre si para o desenvolvimento da ciência. O professor pode abordar a questão dos estereótipos de cientistas.

¹⁰ Jorgensen e Werner travaram uma batalha para fazer prevalecer suas concepções espaciais da molécula de tetraminocobalto. Werner foi o vencedor.

Figura 50. Visão da terceira questão do ambiente farol



Fonte: o autor, 2018.

A figura 51 mostra a quarta questão do ambiente farol. Essa questão 04 mostra conteúdo da história da ciência, enfatizando o papel que Pasteur teve na história da química. O professor pode pedir aos alunos que pesquisem sobre Pasteur e sua contribuição para a química.

Figura 51. Visão da quarta questão do ambiente farol

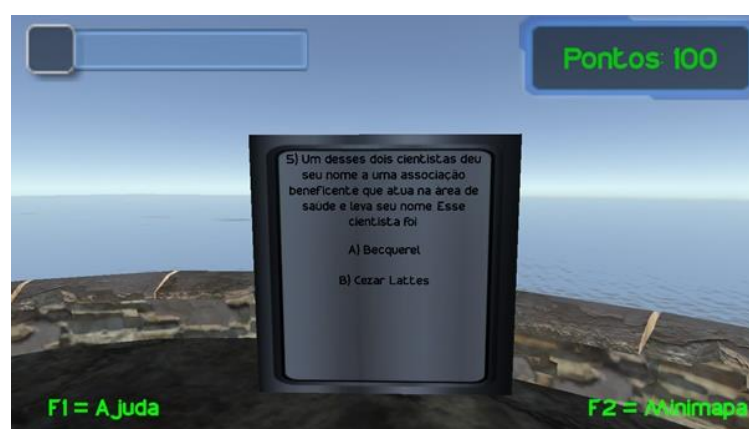


Fonte: o autor, 2018.

A quinta pergunta do ambiente farol, figura 52, apresenta um enunciado com a intenção de valorizar o cientista Cezar Lattes¹¹ pelo seu papel na ciência. O professor pode abordar questões que tratem de partículas subatômicas e sobre a história da ciência no Brasil.

¹¹ Cezar Lattes: cientista brasileiro que em conjunto com outros cientistas descobriu a partícula subatômica méson π .

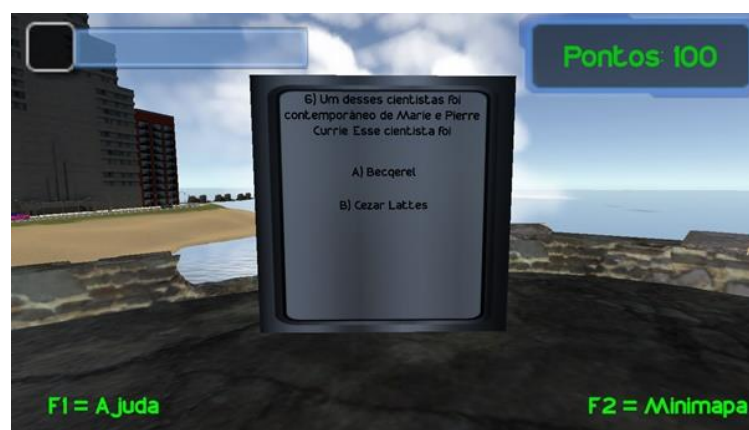
Figura 52. Visão da quinta questão do ambiente farol



Fonte: o autor, 2018.

A figura 53 mostra a sexta pergunta do ambiente farol. Nesta questão 06, procura-se demonstrar a importância da pesquisa em grupo para o desenvolvimento da ciência. O professor pode abordar um dos pressupostos do desenvolvimento da ciência, que é a pesquisa em grupo.

Figura 53. Visão da sexta questão do ambiente farol



Fonte: o autor, 2018.

A figura 54 mostra a sétima questão do ambiente farol, em que se procura enfatizar o papel de Le Chatelier¹² no desenvolvimento de processos importantes para a indústria. O professor pode abordar como a ciência e a tecnologia interagem para o desenvolvimento da sociedade.

¹² Le Chatelier: Cientista responsável pelo princípio da “fuga ante a força” um dos princípios da físico-química.

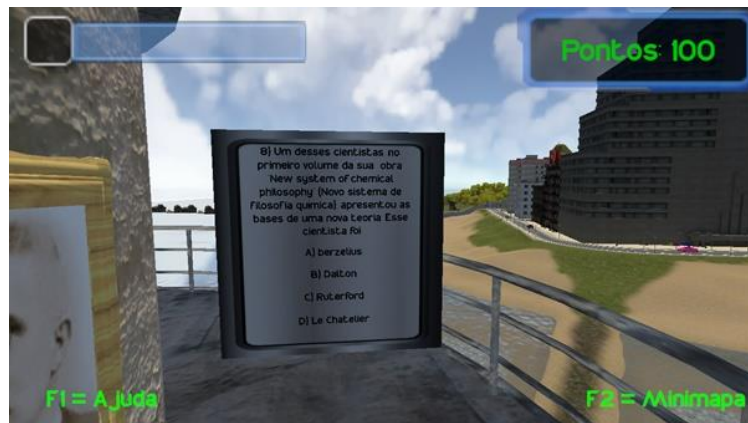
Figura 54. Visão da sétima questão do ambiente farol



Fonte: o autor, 2018.

A figura 55 mostra a oitava pergunta do ambiente farol. Essa questão aborda o importante papel de Dalton na história da química. O professor pode abordar a história do desenvolvimento dos modelos atômicos.

Figura 55. Visão da oitava questão do ambiente farol



Fonte: o autor, 2018.

Atualmente, o jogo *Chemistry Raiders*, com todas as suas perguntas apresentadas aqui, está disponível no Repositório – REA PARANÁ, de forma que ajustes textuais e otimizações poderão ser feitos quando necessários, já que ele está disponibilizado nessa plataforma gratuita e licenciado pelo *Licence Commons*.

3.3 ANÁLISES FEITAS NAS QUESTÕES DO JOGO

Neste item dos resultados e discussão serão apresentados os estudos feitos a partir das categorias *a priori* e das subcategorias emergentes, tomando como base a análise de conteúdo de Bardin, descrita na metodologia.

3.3.1 Primeira Análise: Aspectos CTS dos conteúdos de química e estímulo ao ensino e aprendizado.

Na primeira análise proposta para o jogo, foram selecionadas as perguntas feitas ao jogador nos 3 ambientes do jogo. As categorias de análise foram escolhidas de acordo com a pertinência aos temas centrais do jogo. As categorias, subcategorias e unidades de registro são apresentadas a seguir.

As categorias, segundo Bardin (1977), são:

Rubricas ou classes as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos. (Bardin, 1977, p. 117)

As categorias escolhidas foram:

- i. abordagem CTS;
- ii. conteúdos de química;
- iii. estímulo ao aprendizado de química.

As palavras elencadas para representar as subcategorias foram: ciência, tecnologia, sociedade, meio ambiente, conteúdo de química, conteúdo contextualizado.

As unidades de registro para as categorias foram selecionadas de acordo com cada conteúdo estabelecido. Para o conteúdo CTS foram: ciência, científico, cientista, tecnologia, tecnológico, catalisador, nanotecnologia, eletrônica, motor, elétrica, reatores, produção, pessoas, sociedade, população, urbanização, ambiental, meio ambiente, natureza, poluente, poluição, decomposição, solo, biodegradável, resíduo, ambiente, saúde, dejetos. Essas

palavras foram escolhidas como unidades de registro porque estão relacionadas aos órgãos dos sentidos do aluno ou a cenas que trazem prazer e bem estar. Dessa forma, elas podem estimular o aluno a querer conhecer, explorar o ambiente e conseqüentemente sentir-se estimulado a aprender mais durante o seu percurso no jogo.

Para conteúdo de química, as unidades de registro foram: composição, concentração, volume, mistura, misturar, temperatura, pressão, solução, dissolver, dissolvido, sais, oxidação, substâncias, reação, adição, radioativo, ebulição, você está vendo, respirando, nesta praia, à sua frente que você observa, observou, observando.

Para estímulo ao aprendizado de química, essas unidades de registro foram apenas: observe, montanha, no alto, veja, caminhar.

A tabela 1 a seguir mostra as categorias, subcategorias e unidades de registro para a primeira análise.

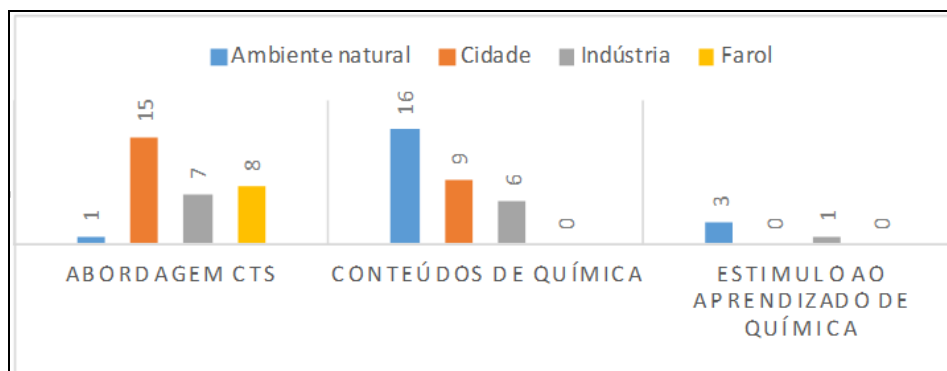
Tabela 1: Primeira análise, aspectos CTS dos conteúdos de química e estímulo ao ensino e aprendizado

Categorias	Subcategorias	Unidades de registro
Abordagem CTS	Ciência, tecnologia, sociedade, meio ambiente.	Ciência, científico, cientista, tecnologia, tecnológico, catalisador, nanotecnologia, eletrônica, motor, elétrica, reatores, produção, pessoas, sociedade, população, urbanização, ambiental, meio ambiente, natureza, poluente, poluição, decomposição, solo, biodegradável, resíduo, ambiente, saúde, dejetos.
Conteúdos de química.	Conteúdo de Química	Composição, concentração, volume, mistura, misturar, temperatura, pressão, solução, dissolver, dissolvido, sais, oxidação, substâncias, reação, adição, radioativo, ebulição, você está vendo, respirando, nesta praia, à sua frente que você observa, observou, observando.
Estímulo ao aprendizado de química.	Conteúdo contextualizado	Observe, montanha, no alto, veja, caminhar.

Fonte: o autor, 2018.

Os resultados da análise de conteúdo feita nas questões do Jogo estão no Gráfico 1, a seguir, em que são apresentados o número de questões, por ambiente do jogo, que abordam cada uma das 3 categorias principais da análise.

Gráfico 1. Número de questões e abordagens por ambiente do jogo



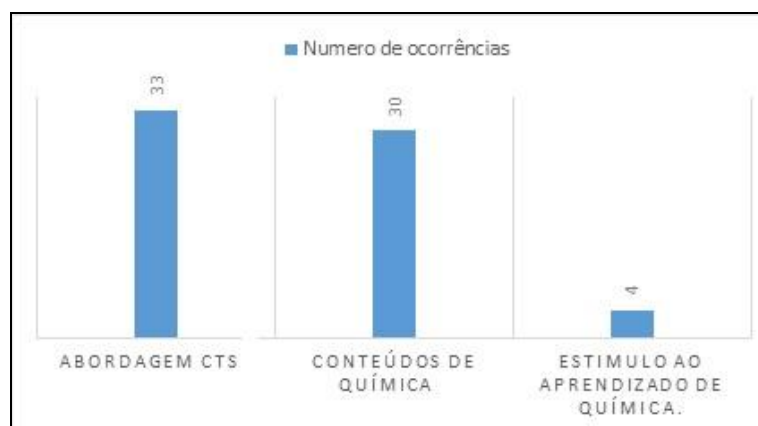
Fonte: o autor, 2018.

No gráfico 1, apresentam-se os conteúdos de química, sejam eles contextualizados ou não, que estão presentes, em sua maioria, no ambiente natural, constituindo-se de 15 perguntas. A abordagem CTS está presente predominantemente no ambiente cidade, com 16 perguntas. A abordagem CTS está aproximadamente distribuída uniformemente pelos ambientes indústria e farol, com 7 e 8 perguntas que contêm as unidades de registro da categoria, respectivamente.

A presença de conteúdos de abordagem CTS e preocupações ambientais estão em todos os ambientes do jogo, demonstrando o foco dado no desenvolvimento do jogo às questões que envolvem uma nova postura ética nos seres humanos sobre questões ambientais. O foco dado à preservação do meio ambiente para as gerações futuras pode ser observado em todos os ambientes do jogo, por exemplo, no estímulo ao descarte correto de resíduos e nas questões sobre degradação ambiental. Esses contextos corroboram o que foi descrito por Silva e Sensi (2015), sobre a necessidade de se ter uma postura ética em relação as questões ambientais.

O número global de ocorrências das 3 categorias de análise do jogo, considerando todas as questões de todos os ambientes, são mostradas no gráfico 2.

Gráfico 2. Número global de ocorrência das categorias analisadas



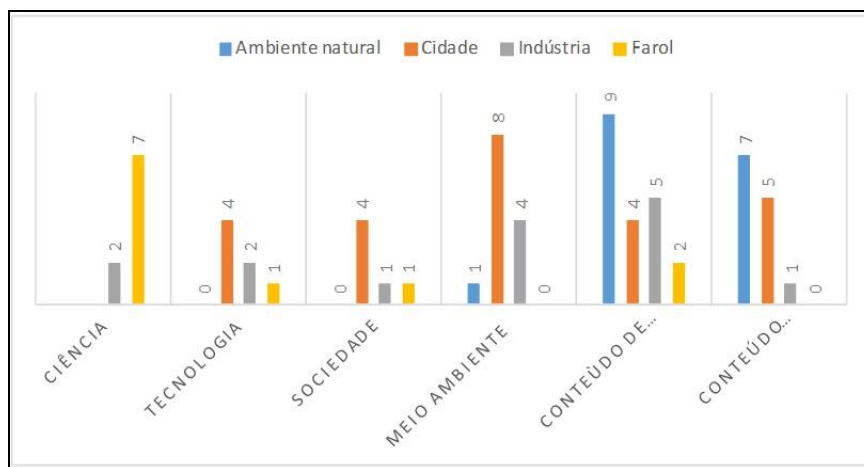
Fonte: o autor, 2018.

O número global de ocorrências das unidades de registro nas três categorias analisadas são apresentados no Gráfico 2. A abordagem CTS e os conteúdos de química estão aproximadamente com a mesma quantidade de unidades de registro, 33 e 30, respectivamente. As unidades de registro correspondentes ao estímulo à aprendizagem de química tiveram poucas ocorrências. Esta constatação permite uma reflexão acerca da melhoria do jogo nesse aspecto.

Essa análise mostrou também a ocorrência de uma alta densidade de conteúdos de química no jogo como um todo, o que permite afirmar que o Jogo *Chemistry Raiders* pode ser classificado como “*Serious game*”, segundo Protopsaltis (2011), pois possui como característica principal o aprendizado dos conteúdos de química a partir do ambiente 3D.

No Gráfico 3, está apresentada a ocorrência das subcategorias por ambiente do jogo. Neste item não havia subcategoria para a categoria estímulo ao aprendizado, enquanto que, no gráfico 6, mais adiante, pode-se observar o número de ocorrências das unidades de registro ao longo das subcategorias da análise. As subcategorias são: ciência, tecnologia, sociedade, meio ambiente, conteúdos de química, conteúdo contextualizado.

Gráfico 3. Número de questões por subcategoria de análise



Fonte: o autor, 2018.

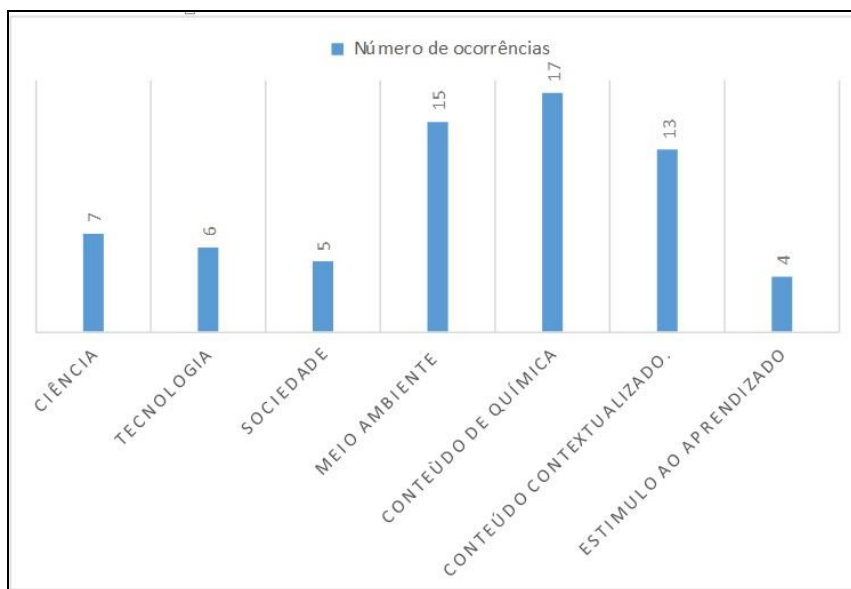
Percebe-se, no gráfico 3, que as questões sobre meio ambiente estão concentradas no ambiente cidade. Isso é perfeitamente compreensível na medida em que a maioria dos seres humanos habitam as cidades, e os problemas ambientais gerados são, conseqüentemente, maiores. Portanto, esse gráfico mostra que as questões ambientais concentram-se na cidade, que é o espaço em que se concentram a maioria dos impactos causados pelo avanço da tecnologia, e são esses impactos que devem ser analisados no processo escolar, segundo Santos (2008).

Nota-se que os conteúdos de química estão concentrados no ambiente natural. Esse fato é compreensível na medida em que é na natureza onde são identificados muitos dos fenômenos químicos estudados pelos alunos. Deve-se destacar a concentração dos assuntos científicos no ambiente farol, o que indica que modificações devem ser feitas para que ocorra uma melhor distribuição dos conteúdos nos ambientes do jogo. No ambiente do farol, tem-se predominantemente questões que dizem respeito às contribuições dos cientistas, isso justifica a maior concentração da subcategoria ciência nesse ambiente.

Observa-se que a maioria do conteúdo contextualizado está no ambiente natural, pois é onde se apresenta uma variedade maior de cenários e objetos 3D, possibilitando contextualizar as perguntas com os diversos cenários, tais como: o lago, o carro enferrujado e a montanha.

O gráfico 4, a seguir, mostra as ocorrências das unidades de registro nas subcategorias de análise.

Gráfico 4. Número de ocorrências nas subcategorias



Fonte: o autor, 2018.

As ocorrências das unidades de registro nas subcategorias, Gráfico 4, estão predominantemente presentes nas questões ambientais e nas questões que abordam os conteúdos de química com 15 e 17 registros, respectivamente, o que está em total acordo com a abordagem que se quis dar ao jogo. Verifica-se se também que grande parte do conteúdo de química foi contextualizado ao longo das fases do jogo, o que colocou o jogo dentro das premissas descritas por Ulicsak (2010). Todos os gráficos mostraram baixos índices na categoria estímulo ao aprendizado, o qual será objeto de análise para melhoria futura do jogo.

O jogo *Chemistry Raiders* foi projetado usando o máximo de realismo, permitido por objetos gratuitos, considerando o tempo disponível para elaboração, aproximando-se de alguns jogos comerciais. As respostas a serem dadas variam dentro do conteúdo proposto, de forma que o assunto não se torna repetitivo. Para Inkpen (1995), Higgins (2000), Whitebread (1997), os jogos baseados em tentativas, erros e superação de desafios podem apoiar o

desenvolvimento do pensamento lógico e a habilidade na resolução de problemas. O Jogo *Chemistry Raiders* explora o conteúdo de química com perguntas baseadas em alternativas que, se respondidas erradas, fornecem ao jogador a resposta correta, dando ao aluno oportunidade de em uma próxima jogada acertar a questão.

3.3.2 Segunda Análise: Conteúdos de Química

Nessa análise, utilizaram-se as categorias descritas na tabela 2.2, página 58, da dissertação de mestrado do Professor Wildson Santos. Essa tabela foi utilizada devido ao fato de representar em grande parte os conteúdos de química propostos para o jogo, e sua relevância para professores e alunos. Foram retiradas as categorias classificação periódica dos elementos, estudo de gases e funções químicas inorgânicas, por não se adequarem ao conteúdo proposto para este trabalho.

As categorias utilizadas na dissertação do professor Wildson Santos (apêndice B) coincidiram em parte, do ponto de vista dos conteúdos de química, com os conteúdos descritos no item 2.1 desta dissertação.

A tabela 2 com as categorias e as unidades de registro utilizadas nessa análise é mostrada a seguir.

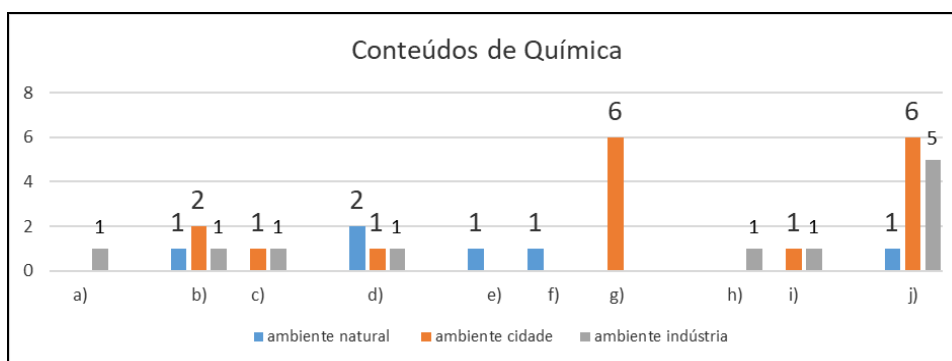
Tabela 2: Segunda análise conteúdos de Química

Categorias	Unidades de registro
a) Propriedades das substâncias e dos materiais	Composição, concentração, volume
b) Transformações químicas	Mistura, misturar
c) Aspectos cinéticos das transformações químicas	Dissolver, dissolvido
d) Aspectos energéticos das transformações químicas	Temperatura, pressão, ebulição
e) Aspectos quantitativos das transformações químicas	Volume, concentração, composição
f) Aspectos dinâmicos das transformações químicas	Velocidade
g) Soluções	Solução, dissolvido, dissolver
h) Ligações químicas	Ligação, ligado
i) Energia nuclear	Radioativo, radiação
j) Aspectos ambientais	Ambiente, meio ambiente, ambiental.

Fonte: tabela 2.2 da dissertação de mestrado do professor Wildson Santos.

No gráfico 5, temos a quantidade de unidades de registro verificadas ao longo das categorias de análise.

Gráfico 5. Conteúdos de Química



Fonte: o autor, 2018.

O estudo de propriedades das substâncias, segundo a pesquisa de Santos (1992), é um dos conteúdos mais importantes a serem tratados no contexto da físico-química. Nesse aspecto observa-se que o Jogo *Chemistry*

Raiders aborda esse conteúdo de forma insatisfatória. Existe apenas uma questão no ambiente indústria. De forma análoga, o conteúdo Transformações químicas é insatisfatoriamente abordado, com apenas duas questões no ambiente cidade. Essa constatação será levada em conta quando do aprimoramento do jogo, já que um dos objetivos desse trabalho é o de aprimorar o jogo, a partir das análises efetuadas.

Os aspectos energéticos, cinéticos, qualitativos e dinâmicos das transformações químicas, que são considerados importantes nas pesquisas de Santos (1992), não são abordados no jogo *Chemistry Raiders*, constituindo-se em aspectos a serem também considerados no aprimoramento do jogo.

O conteúdo soluções foi abordado satisfatoriamente, e está presente predominantemente no ambiente cidade, embora não se constitua em conteúdo citado na pesquisa usada como referência e classificado como importante.

Os conteúdos energia nuclear, ligações químicas e aspectos ambientais não são citados como importantes na pesquisa realizada pelo professor Wildson Santos, porém estão presentes no jogo, mesmo que de forma mínima.

Os aspectos ambientais estão presentes, de forma considerada satisfatória, no ambiente cidade e indústria, com seis e cinco registros respectivamente. Esse resultado já era esperado, pois ele faz parte do contexto da abordagem CTS.

Essa análise adquire fundamental importância no que diz respeito ao objetivo desse trabalho que é o de aprimoramento do jogo, na medida em que é baseada em pesquisa já realizada e validada na dissertação de mestrado do Prof. Wildson Santos, feita com professores do ensino médio.

3.3.3 Terceira Análise: Aspectos CTS tabela 4.4, página 128 da dissertação de mestrado do Professor Wildson Santos

Nessa análise, utilizaram-se três categorias descritas na tabela 4.4 da dissertação de mestrado do professor Wildson Santos. A utilização dessas categorias é justificada se considerarmos a consagrada contribuição do trabalho desse pesquisador no estudo dos aspectos CTS no ensino de química.

Merece destaque, no gráfico, a concentração no ambiente do farol, unidades de registro que indicam a influência da ciência sobre a sociedade. Cinco questões estão dentro dessa categoria. Duas questões do ambiente indústria demonstram os efeitos da tecnologia na sociedade.

No ambiente indústria temos duas questões abordando o efeito da tecnologia sobre a sociedade.

Ocorreram diferenças nos resultados da primeira e terceira análise, em que os aspectos CTS na primeira análise foram concentrados no ambiente cidade, enquanto que na terceira análise ficaram concentrados no ambiente do farol. Essas diferenças se devem ao fato de que, na primeira análise, as unidades de registro fizeram uma seleção mais rigorosa dos termos presentes nas questões, enquanto que, nas categorias utilizadas na terceira análise, o processo de seleção das unidades de registro se deu de forma mais conceitual seguindo estritamente o sentido dado pelas categorias.

A tabela 3, com as categorias retiradas da tabela 4.4 da dissertação do Prof. Wildson Santos, é mostrada a seguir:

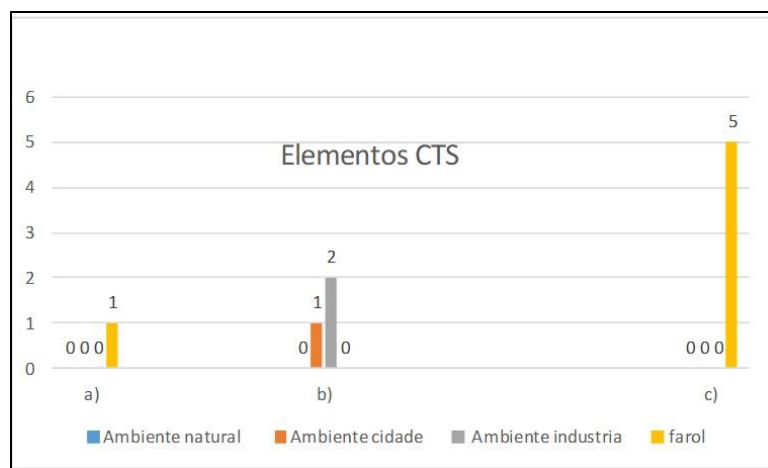
Tabela 3: Terceira análise aspectos CTS

Categorias	Unidades de Registro
a) Efeito da ciência sobre a tecnologia	Aplicou, indústria, produção
b) Efeito da tecnologia sobre a sociedade	Descarte dejetos, efluentes, riscos
c) Efeito da ciência sobre a sociedade	Batalha, disseminar, pesquisas, associação.

Fonte: tabela 4.4 da dissertação de mestrado do Prof. Wildson Santos

No gráfico 6, a seguir, tem-se a abordagem CTS de acordo com a tabela 4.4 da dissertação de mestrado do professor Wildson Santos.

Gráfico 6. Conteúdo CTS



Fonte: o autor, 2018.

Segundo Santos (1992), o aluno deve compreender a interdependência dos aspectos científicos tecnológicos e sociais e as inter-relações entre eles. Nesse contexto, o jogo *Chemistry Raiders* pretendeu contemplar esses aspectos tendo como finalidade constituir uma abordagem interdisciplinar do ensino de química.

Considerando as inter-relações entre os aspectos acima citados, observa-se que o efeito da ciência sobre a tecnologia é abordado uma única vez no jogo, no ambiente do farol, na questão de número sete, isso demonstra uma falha intrínseca ao jogo, deficiência que será corrigida na etapa de aprimoramento.

Considerando a categoria que descreve o efeito da tecnologia sobre a sociedade, observa-se que se têm duas ocorrências no ambiente indústria e uma no ambiente cidade. Essas ocorrências são justificadas pelo fato de que ambientes como indústria possuem muitos processos que dependem de tecnologia e esses processos, invariavelmente, afetam a sociedade. Segundo Santos (1992), deve-se desenvolver no aluno uma maior conscientização, conhecimento e interpretação acerca dos produtos químicos e como eles

interagem nas nossas vidas. Pode-se citar como exemplo ilustrativo, a questão de número um do ambiente indústria, que trata dos processos radioativos e de seu impacto na natureza e na sociedade como um todo.

O efeito da ciência sobre a sociedade é exclusivamente evidenciado no ambiente do farol. Segundo Santos (1992), deve-se levar o estudante a compreender os aspectos econômicos que influenciam o desenvolvimento das indústrias e o uso de processos e materiais alternativos. Nesse contexto, o jogo *Chemistry Raiders* aborda essa perspectiva na questão de número sete, que trata do processo de desenvolvimento da produção de cimento.

Essa análise mostrou-se, na nossa interpretação, extremamente importante, pois explicitou deficiências que serão sanadas ao longo do processo de aprimoramento do jogo.

3.3.4 Quarta Análise: Objetivos do ensino de Química

Nesta análise foram utilizadas as categorias oriundas das concepções de professores sobre como seria o ensino de química para formar o cidadão. As categorias são mostradas na tabela 4 e foram retiradas da tabela 3.3 da dissertação de mestrado do Prof. Wildson Santos. Para Santos (1992), a primeira categoria que corresponde ao desenvolvimento da capacidade de participar e tomar decisões criticamente merece destaque, pois ela é o motivo central da química para formar o cidadão. Esse é um dos direcionamentos que se quer dar na aplicação do jogo.

Percebe-se no gráfico 7 que 11 questões do ambiente natural têm o seu direcionamento dado para compreender os processos químicos e relacioná-los com a vida cotidiana. Esse foi um dos objetivos do jogo.

No ambiente cidade, nota-se a predominância de aspectos que pretendem avaliar as implicações sociais decorrentes de aplicações tecnológicas da química. No ambiente do farol, o foco foi ter uma noção do processo de construção do conhecimento.

As 4 análises, quando avaliadas em conjunto, mostram que o jogo procura contemplar todos os aspectos desejados para um jogo enquadrar-se na categoria jogo sério (*serious game*), em que o jogo é utilizado exclusivamente para finalidades educativas, como descrita por Protopsaltis (2011), sendo completamente distinto de mera recreação.

A tabela 4 a seguir, mostra as categorias e unidades de registro retiradas da tabela 3.3 pág. 67 da dissertação de mestrado do Prof. Wildson Santos.

Tabela 4: Objetivos do Ensino de Química

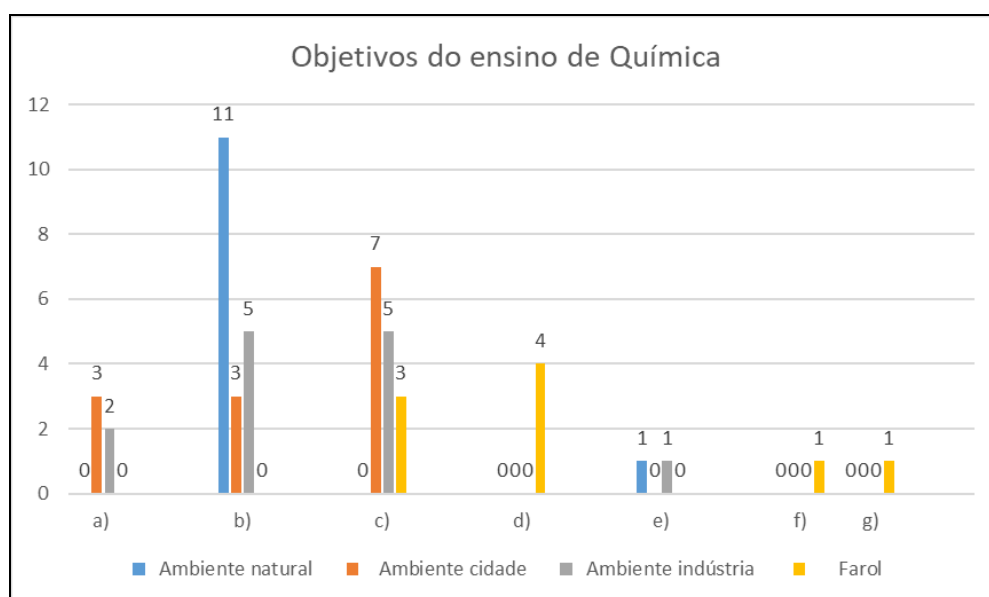
Categorias	Unidades de registro
a) Desenvolver a capacidade de participar e tomar decisões criticamente	Identificar, não oferece risco, bem localizado, mal localizado, não causa impacto, adequado
b) Compreender os processos químicos relacionados à vida cotidiana	Observe, a sua frente, caminhar, concentração, sobrevivência, fervendo, chuva ácida, vantajoso, desvantajoso
c) Avaliar as implicações sociais decorrentes das aplicações tecnológicas da química	Consequências, toxicidade, decomposição de materiais, eutrofização, biodegradáveis, queima de combustível, fonte não poluente
d) Ter uma visão do processo de construção do conhecimento científico	Nova teoria, divergiram, desenvolvimento, teoria
e) Ter uma compreensão da realidade social em que está inserido, para que possa transformá-la	Levará centenas de anos para se decompor, consequências do descarte de dejetos
f) Desenvolver a habilidade de interpretar e buscar informações	Geração espontânea
g) Ter um conhecimento mínimo relacionado à tecnologia química	Química na indústria

Fonte: tabela 3.3 página 67 da dissertação do Prof. Wildson Santos

No gráfico 7, tem-se os resultados da presença dos objetivos do ensino de química, em cada ambiente do jogo. Um dos objetivos principais do ensino de química para formar o cidadão, segundo Santos (1992), é fornecer

informações químicas que permitam ao cidadão participar ativamente da sociedade tomando decisões conscientes. Nessa perspectiva, o jogo Chemistry Raiders, na sua fase Cidade, apresenta três questões que contemplam esse contexto sob a forma de categoria de análise e duas questões no ambiente indústria, tal como mostrado no gráfico 7.

Gráfico 7. Objetivos do Ensino de Química



Fonte: o autor, 2018.

No item A da tabela 4 que corresponde ao estímulo à tomada de decisões conscientes, o aluno é questionado sobre as consequências do descarte de materiais como borracha, vidros e plásticos no meio ambiente (questão de número quatro). Na questão de número três do mesmo ambiente, o jogador é questionado sobre as ações humanas que podem interferir na qualidade da água dos rios, fazendo com que ele se posicione conscientemente sobre o tema.

Para Santos (1992), o conhecimento químico não deve aparecer como um fim em si mesmo mais sim com o objetivo de desenvolver as habilidades básicas: participação e julgamento. Nessa perspectiva, o jogo na sua questão de número cinco do ambiente cidade estimula o jogador a julgar se a urbanização traz consequências para o ambiente e quais são elas.

O item B da tabela 4 corresponde ao estímulo a compreensão dos processos químicos relacionados ao cotidiano que podem contribuir para a formação de um cidadão consciente e crítico. Essa categoria de análise tem o objetivo de verificar se o jogo pode estimular a capacidade do aluno de julgar conscientemente os fenômenos que são postos à sua frente aumentando de forma significativa, o universo de possibilidades de escolha. Nota-se no gráfico 7 que existem 11 questões no ambiente natural, que contemplam o item B uma delas é a questão de número 11 que aborda o processo de corrosão que ocorre em um lixo deixado na beira do mar, essa questão faz com que o aluno reflita sobre os processos de transformações químicas que ocorrem, estimulando-o a uma análise crítica sobre as implicações do processo que ele observa.

As implicações sociais decorrentes da aplicação da tecnologia, item C do gráfico 7, como descrita na tabela 3.3, página 67, da dissertação de mestrado do Prof. Wildson Santos, são mais evidentes no ambiente cidade, com sete registros, pois é lá que predomina o convívio social de forma mais global.

Nota-se que a abordagem da questão social relacionada às aplicações da tecnologia, está presente no ambiente cidade no ambiente indústria, e no ambiente farol. No ambiente cidade, por exemplo, esse item está presente na questão número nove, que trata da utilização de catalisadores e dos potenciais riscos para a saúde das pessoas que sua não utilização pode trazer.

Segundo Santos (1992), compreender o processo de construção do conhecimento, como um dos objetivos do ensino de química, levando em conta o aspecto histórico, pode potencializar a compreensão do papel social da ciência. Nesse contexto, segundo o gráfico 7 item D, o jogo no ambiente do farol apresenta questões que podem proporcionar ao aluno uma compreensão do processo de construção do conhecimento científico.

A questão de número 1, por exemplo, aborda o embate científico ocorrido entre Werner e Jorgensen e destaca o papel que a disputa entre esses dois cientistas teve no desenvolvimento do conhecimento científico, trazendo ao aluno a visão clara de que a ciência se desenvolve, em sua maior parte, a

partir de processos não lineares e desprovidos de *insights* do tipo Eureka. De forma que enfatiza que a ciência é construída a partir um processo de construção coletiva.

O processo de compreensão da realidade social em que o aluno está inserido, item E do gráfico 7, foi contemplado no jogo *Chemistry Raiders*. Ele está presente no ambiente natural com 1 registro e no ambiente indústria com 1 registro.

No ambiente indústria, procurou-se mostrar, a partir da questão de número sete, que existe o problema do descarte de resíduos tóxicos pelas indústrias, e esse problema pode trazer consequências que devem ser avaliadas criticamente pelo aluno, levando em conta a realidade social, da cidade em que ele vive e sua experiência com acontecimentos ocorridos em outras cidades, a partir de acidentes com dejetos industriais.

3.3.5 Quinta Análise: Princípios dos Jogos Digitais segundo Bober

Essa análise verifica se o Jogo *Chemistry Raiders* segue os princípios descritos por Magdalena Bober para os jogos digitais aplicados ao ensino. Esses princípios utilizados para a análise foram:

- Usem a fantasia e a narrativa para criar um contexto envolvente para a experiência de aprendizagem;
- Sejam visualmente estimulantes, por exemplo, através do uso de recursos multimídia;
- Sejam um desafio com níveis adaptáveis e crescentes em dificuldade;
- Forneçam *feedback* imediato para dar ao aluno um senso de controle;
- Ofereçam oportunidades para os alunos tomarem decisões que influenciam a experiência de aprendizagem;
- Concentrem-se em progressão e auto aperfeiçoamento, em vez de competição entre os alunos.

Alguns desses princípios, considerados mais significativos para a análise do jogo, foram utilizados como categorias de análise. Portanto, analisou-se o

jogo como um todo: suas fases, seus elementos gráficos e o conteúdo escolar. A seguir, serão descritas as análises feitas usando cada uma dessas categorias.

a) Categoria 1: A fantasia e a narrativa para criar um contexto envolvente para a experiência de aprendizagem.

A possibilidade de o jogador de *Chemistry Raiders* andar por ambientes, cuidadosamente projetados para dar a sensação de que o jogador realmente está andando em um dos três ambientes, proporciona a fantasia necessária para tornar o jogo envolvente.

Quando o jogador desembarca no píer, ele observa um ambiente cheio de pássaros de várias espécies e um som ambiente envolvente. Ele é instantaneamente transportado para um mundo de fantasia, o Mundo de ChemGea, a ilha em que o aprendizado se torna algo prazeroso para o aluno. Ao percorrer a ilha o aluno tem contato com montanha, lago, peixes no oceano, animais, insetos e tudo que compõe um jogo que pretende ser envolvente.

Quando o aluno adquire pontos suficientes para ir ao ambiente cidade, ele entra em um mundo urbano, com todos os elementos que caracterizam uma cidade. Na cidade ele pode explorar o farol e conhecer cientistas famosos e seu legado através das questões propostas.

A fantasia da narrativa que se desenvolve no ambiente cidade pode ser verificada quando o jogador percorre as ruas, encontrando objetos que são acompanhados de perguntas; esses objetos podem ser manipulados, carregados, como se o jogador estivesse em seu bairro, em sua casa. Assim, seu caminho no ambiente cidade é repleto de elementos gráficos que tornam o jogo uma agradável maneira de aprender.

No ambiente indústria, procurou-se abordar temas que provoquem reflexão sobre questões ambientais ligadas à química. Um laboratório em que o aluno pode interagir com a vidraria torna a fase atrativa para o aluno. Esse tipo de interação confere ao jogo um grau de interatividade pouco explorada em jogos para o ensino.

Diante das considerações feitas, observou-se que o jogo contempla a primeira categoria estabelecida para análise do jogo. Sua narrativa, seus ambientes conferem o contexto envolvente necessário para tornar a experiência do aprendizado cheia de fantasias e descobertas.

b) Categoria 2: Recursos Audiovisuais Estimulantes

A preocupação com os recursos audiovisuais foi uma constante durante o desenvolvimento do jogo. Em todas as fases a preocupação com o design gráfico foi extremo, de modo que foram escolhidos elementos que tivessem resolução, cor e número de polígonos semelhantes, para que não ocorressem discrepâncias entre os elementos gráficos, em que uns são pouco definidos, e outros muito definidos.

Em todas as fases do *Chemistry Raiders* tem-se uma quantidade de elementos visuais cuidadosamente dosados para que a experiência visual seja agradável e natural. No ambiente natural, a quantidade de árvores, pássaros, lixos, pedras e de elementos no oceano foi devidamente balanceada e, no ambiente cidade, foram dispostas construções de forma harmoniosa. A praça foi cuidadosamente decorada com flores de forma a torná-la um ambiente agradável. No ambiente indústria houve a predominância de espaços vazios, característicos de indústrias de grande porte.

Os sons do jogo *Chemistry Raiders* foram selecionados para que se tenha uma experiência sonora que seja ao mesmo tempo realística e estimulante. Pássaros emitindo sons característicos de sua espécie, ambiente natural com som adequado, oceano com som real, lixos e perguntas sonorizadas são algumas das características que conferem ao jogo caráter de estímulo ao jogador.

Considerando a grande quantidade de elementos audiovisuais descritos, considera-se que o jogo *Chemistry Raiders* é coerente com o segundo princípio descrito por Magdalena Bober usado como categoria de análise.

c) Categoria 3: Desafio com níveis adaptáveis e crescentes em dificuldade.

Nesta categoria, analisaram-se as questões como um todo, verificando se as elas possuem um caráter de desafio e se o padrão de dificuldade das questões tem um nível crescente.

No ambiente natural há 12 questões, distribuídas de forma aleatória, em que algumas podem ser consideradas com grau de dificuldade baixo, e outras que demandam um conhecimento anterior do ponto de vista do conteúdo. A questão de número 6, por exemplo, em que se pergunta se o NaCl é um soluto ou solvente, foi considerada fácil; já a questão 7, que aborda a concentração necessária para permitir a vida de peixes de água salgada, precisa de um conhecimento anterior adquirido no livro.

No ambiente cidade, questões como a de número 1 demanda um conhecimento adquirido anteriormente no livro, e é considerada difícil; mas há questões, como a de número 11, por exemplo, que trata do descarte de resíduos tóxicos no mar e é considerada fácil.

No ambiente indústria, aparecem questões, como a de número 3, que aborda a localização de obstáculos que podem atrapalhar a evacuação de laboratórios em caso de acidentes, mas também há outras que exigem leitura do livro, como é o caso da questão de número 1, por exemplo.

A adaptabilidade do jogo ao nível escolar que se pretende atingir pode ser verificada quando, mesmo não acertando questões do jogo, o aluno pode obter pontos aprendendo sobre a correta destinação dos lixos presentes no ambiente. O jogo dessa forma pode ser tanto utilizado no nível médio quanto na educação básica. Pelo exposto acima, considerou-se que o jogo está em consonância com a terceira categoria estabelecida.

d) Categoria 4: Forneçam feedback imediato para dar ao aluno um senso de controle.

Uma das características do jogo computacional é dar uma resposta rápida às demandas do jogador. O jogo *Chemistry Raiders* possui um conjunto de elementos de menu projetados para dar ao jogador total controle de suas ações, conforme disposto no menu de pontos totais, o menu de lixos coletados

dividido por ambiente, lixos restantes, perguntas restantes, teclas de ajuda, tecla de mapa, que fornecem ao jogador esse controle.

Placas colocadas nas paredes próximas a entradas das fases do jogo alertam o jogador sobre os pontos necessários para acessar aquela fase. Os elementos de controle citados conferem ao jogo o senso de controle necessário a um jogo desse tipo, contemplando assim a categoria 4 estabelecida para esta análise.

e) Categoria 5: Ofereçam oportunidades para os alunos tomarem decisões que influenciam a experiência de aprendizagem

Essa categoria foi analisada tendo como base as questões e situações propostas no jogo.

No ambiente natural, têm-se situações em que o aluno é estimulado a refletir em questões que são complementares, como as questões 9 e 10. Essas questões abordam o conteúdo pressão de vapor, em que uma se refere à variação da pressão de vapor em relação à altitude em que ele se encontra, e a outra aborda a mesma variação da pressão de vapor só que em relação à temperatura. Ambas tratam do mesmo conteúdo, porém uma decisão errada em uma das questões pode influenciar a resposta que ele dará na outra, fazendo com que ele reflita sobre o assunto de forma mais profunda antes de responder à segunda questão.

No ambiente cidade existe um farol no meio do oceano que pode ser explorado; se o aluno decidir ir até ele, pode aprender sobre grandes cientistas e suas contribuições, tornando a experiência do aprendizado muito mais prazerosa.

No ambiente indústria, se o aluno for atento ao ambiente, ele encontrará um laboratório e, ao adentrá-lo, poderá interagir com a vidraria e responder às questões propostas.

Todas as possibilidades expostas podem influenciar a experiência do aluno durante o seu aprendizado no jogo, fazendo com que a quinta categoria proposta seja contemplada pelo jogo *Chemistry Raiders*.

f) *Categoria 6: Concentrem-se em progressão e auto aperfeiçoamento, em vez de competição entre os alunos*

O jogo *Chemistry Raiders* foi pensado para ser jogado de forma individual, ou seja, não é um jogo *Multiplayer*¹³. Embora possa ser jogado em uma sala com vários computadores, cada jogador concentra-se no seu jogo e no seu desempenho individual. Dessa forma o caráter de competição não fica caracterizado, mas, sim, um esforço voluntário para atingir um objetivo que é terminar o jogo e, por consequência, apropriar-se do conhecimento proposto.

Considera-se com base nas informações acima que o jogo *Chemistry Raiders* contempla a sexta categoria proposta para a sexta categoria de análise.

3.3.6 Sexta Análise: Características de Bons Jogos Computacionais

Esta análise utiliza como categorias as características que os bons jogos computacionais devem possuir, segundo Liliana Passerino (2012). Essas características são:

- Trabalham com representações virtuais de maneira coerente
- Dispõem de grandes quantidades de informações que podem ser apresentadas de maneiras diversas (imagens, texto, sons, filmes, etc.), numa forma clara objetiva e lógica
- Exigem concentração e uma certa coordenação e organização por parte do usuário
- Permitem que o usuário veja o resultado de sua ação de maneira imediata, facilitando a autocorreção
- Trabalham com a disposição espacial das informações que, em alguns casos, pode ser controlada pelo usuário.

a) *Categoria 1: Trabalham com representações virtuais de maneira coerente*

O jogo *Chemistry Raiders*, por ser um jogo 3D, representa de forma real os objetos que o jogador usa ou tem contato no seu dia a dia. Os objetos de plástico possuem som específico, próprio de plástico ao cair; o mesmo ocorre com os vidros, metais, orgânicos e as portas e portões do jogo. Tudo que é

¹³ Modo em que vários jogadores jogam ao mesmo tempo, geralmente em rede.

representado no jogo de forma virtual é representado de maneira mais próxima e coerente possível. Existe gravidade, som de oceano, peixes que nadam.

Considera-se que essa característica da categoria foi observada de forma substancial no jogo.

b) Categoria 2: Dispõem de grandes quantidades de informações que podem ser apresentadas de maneiras diversas (imagens, texto, sons, filmes, etc.), numa forma clara objetiva e lógica

O jogo *Chemistry Raiders* foi projetado para apresentar as informações de forma clara. A utilização de totens como suporte para as questões propostas foi a ideia principal desde o início do projeto. O totem só aparece quando o jogador aproxima dele em uma distância preestabelecida na programação, o que torna o jogo limpo.

A maioria das questões do jogo, como, por exemplo, as questões 9 e 10 do ambiente natural, as questões 1 e 2 do ambiente cidade e as questões 5 e 6 do ambiente indústria, além do texto das questões, possuem animações, imagens e cenários que complementam a questão ilustrando e dando sentido ao questionamento.

Essas características fazem com que o jogo contemple de forma clara a categoria 2 dessa análise.

c) Categoria 3: Exigem concentração e uma certa coordenação e organização por parte do usuário

Em todo o jogo computacional 3D, a imersividade é uma característica intrínseca. As ações ao longo do jogo devem ser feitas de maneira organizada, devendo percorrer os ambientes de forma ordenada para que se possa completar o jogo no menor tempo possível, se for esse o desafio proposto. No jogo *Chemistry Raiders*, é exigido do jogador um certo grau de coordenação, por conta dos controles do personagem que são uma associação de teclas e *mouse*. Se o jogador estiver familiarizado com jogos computacionais 3D, não terá dificuldades no controle das suas ações. Considerou-se, face ao exposto acima, que o jogo atendeu a essa categoria de análise.

d) Categoria 4: *Permitem que o usuário veja o resultado de sua ação de maneira imediata, facilitando a autocorreção*

O conjunto de menus do jogo proporciona um controle total das ações, pois a pontuação em tempo real, o som diferenciado para acertos e erros, a mensagem “você acertou” ou “você errou”, no totem, possibilitam ao jogador corrigir suas ações na próxima jogada. Essas características fazem com que o jogo *Chemistry Raiders* seja dinâmico contemplando a característica escolhida para a categoria 4.

e) Categoria 5: *Trabalham com a disposição espacial das informações que, em alguns casos, pode ser controlada pelo usuário*

Como já foi dito em outra categoria de análise, optou-se por colocar as perguntas em totens 3D, cuja programação permitiu posicionar a questão impressa nele sempre de frente para o jogador. As perguntas são complementadas por figuras, animações ou cenários realistas fazendo com que a informação contida na pergunta adquira sentido e lógica.

No ambiente do farol, existem quadros com fotos de cientistas nas paredes; se o jogador se aproximar e clicar em um dos quadros, aparecerá um totem com informações sobre o cientista. Essas características fazem com que o jogo contemple a quinta categoria desta análise.

Observou-se, portanto, que o jogo *Chemistry Raiders* atendeu a todas as características (escolhidas como categorias de análise) descritas por Liliana Passerino (2012) como desejáveis para bons jogos computacionais aplicados ao ensino.

3.3.7 Sétima Análise: Presença de Elementos que Caracterizem Ludicidade

Esta análise procura identificar no jogo *Chemistry Raiders* elementos que caracterizem a presença de ludicidade. Para isso, foram escolhidas categorias de análise retiradas das afirmações feitas por Pinho (2017), categoria 1, Maluf (2003), categoria 2, e Passerino (2012) categoria 3.

As categorias elencadas são as seguintes:

- a) O lúdico é caracterizado por dois elementos: o prazer e o esforço espontâneo;
- b) Os benefícios da atividade lúdica são: assimilação de valores, aquisição de comportamentos, aprimoramento de habilidades e socialização;
- c) Através do jogo, a curiosidade humana é estimulada, possibilitando a iniciativa e a autoconfiança, desenvolvendo a linguagem, o pensamento e a concentração.

- a) Categoria 1: *O lúdico é caracterizado por 2 elementos: o prazer e o esforço espontâneo*

O jogo *Chemistry Raiders* é um jogo 3D em primeira pessoa, e essa classe de jogos traz uma representação da realidade para a tela dos computadores e *smartphones*.

Quando o jogador inicia o jogo, ele é apresentado à ilha de ChemGea, na qual foram colocados elementos que simulam um ambiente natural, que foi projetado para dar ao jogador a sensação de que ele realmente está em um lugar de natureza exuberante.

Sabe-se que ambientes naturais trazem bem-estar e prazer aos seres humanos, então transportou-se essa sensação de bem-estar para o ambiente virtual representado pelo jogo. Dessa forma, o jogador experimenta uma sensação de prazer ao percorrer os cenários oferecidos pelo jogo.

Como afirmou Raquel Pinho (2017), o esforço espontâneo caracteriza o lúdico. Esse esforço é percebido claramente nos jogos 3D em primeira pessoa como *Chemistry Riders* que, por representar o mundo real, estimula o jogador a ir em frente, explorar todos os ambientes, ganhar todos os pontos, obter todas as credenciais.

Como expresso por Ahmed Shudayfat (2015), os alunos passam horas no mundo dos jogos, e esse tempo demanda esforço. Se o jogo gerar interesse, o esforço se torna espontâneo. Foi gerar esforço espontâneo uma das principais diretrizes na concepção do jogo *Chemistry Raiders*. As

características e a concepção do jogo, portanto, permitem concluir que o jogo proposto atende de forma positiva a essa categoria de análise.

b) Categoria 2: Os benefícios da atividade lúdica são: assimilação de valores, aquisição de comportamentos, aprimoramento de habilidades e socialização.

A atividade lúdica, representada no jogo Chemistry Raiders, proporciona ao aluno a assimilação de valores, através das situações propostas nas suas três fases.

No ambiente natural, a questão 12 aborda o tempo de decomposição de material ferroso na natureza, estimulando o aluno a refletir sobre os impactos causados pelo homem no ambiente. Esse estímulo tem como pano de fundo a assimilação de valores como cidadania e altruísmo.

No ambiente cidade, as questões de número dois, três, quatro, cinco, seis, oito, nove, onze, doze e treze estimulam o aluno a refletir sobre questões ambientais proporcionando da mesma forma a reflexão e a aquisição de valores que compõem a formação dos seres humanos para um convívio social adequado.

No ambiente indústria, de forma análoga aos outros ambientes, são explicitadas situações que estimulam o aluno a refletir sobre os aspectos ambientais da industrialização. Por exemplo: na cena em que ocorre o vazamento de um tanque de ácido na atmosfera, na cena em que ocorre o vazamento de resíduos no rio ou na presença de poluição atmosférica no ambiente da indústria.

O aspecto de socialização pode estar presente no jogo, à medida que os alunos podem trocar informações entre si e com o professor sobre as questões propostas e situações problema criadas.

Portanto o jogo contempla as ideias de Maluf (2003) sobre os benefícios da atividade lúdica no ensino, descritas acima.

c) Categoria 3: *Através do jogo, a curiosidade humana é estimulada, possibilitando a iniciativa e a autoconfiança, desenvolvendo a linguagem, o pensamento e a concentração*

O jogo *Chemistry Raiders* é um jogo repleto de dinamismo. O jogador, quando desembarca na ilha, observa um mundo a ser explorado e vai em frente. A partir da imediata visualização de lixo na areia da praia e por todo o ambiente, o aluno é estimulado a ter iniciativa e descartá-lo no recipiente adequado, pois isso resultará em pontos.

Ao percorrer cenários, como a montanha, o aluno desenvolve autoconfiança na expectativa de poder cair ou não, impelido a ir em frente. Da mesma forma, ao responder às questões, ele pode ou não as acertar, o que cria também expectativa, já que a busca de sucesso – não querer errar a questão - estimula o pensamento e a concentração.

A partir das observações feitas aqui, acredita-se que o jogo contemplou de forma positiva a terceira categoria proposta, baseada nas ideias de Liliana Passerino (2012).

A sétima análise feita no jogo indicou, de forma geral, que o jogo *Chemistry Raiders* pode ser classificado como atividade lúdica, à medida que atendeu, de forma satisfatória, às características desejáveis, segundo os autores selecionados.

A tabela 5, a seguir, mostra o resumo dos resultados obtidos nas 7 análises realizadas no jogo.

Legenda da Tabela 5:

- I: representa a palavra insuficiente, considerando, que o jogo precisa ser aprimorado no que diz respeito à característica analisada;
- S: representa a palavra suficiente, considerando, que o jogo abordou o conteúdo proposto satisfatoriamente segundo a análise efetuada;
- N.A.: representa a expressão Não Analisado, significando que a categoria em questão não foi avaliada naquela análise.

Tabela 5: Resumo dos Resultados das Análises efetuadas no Jogo

Análises	CTS	Conteúdos de química	Estimulo ao aprendizado	Objetivos do ensino de Química	Princípios de Bober	Características de Bons Jogos Computacionais	Ludicidade
Primeira análise	S	S	I	N.A.	N.A.	N.A.	S
Segunda análise	N.A.	S	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Terceira análise	I	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Quarta análise	N.A.	N.A.	N.A.	S	N.A.	N.A.	N.A.
Quinta análise	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	S	N.A.	N.A.
Sexta análise	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	S	N.A.
Sétima análise	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	S

Fonte: o autor, 2018.

4. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

A perspectiva que se vislumbra a partir desta dissertação é a de que uma nova área de pesquisa se desenvolva no Brasil: a dos jogos 3D em primeira pessoa aplicados ao ensino, em específico, o de Ciências. A partir deste trabalho, pretende-se ampliar o campo de pesquisa na área de jogos, a dos jogos 3D no ensino de Química, de forma que muitos trabalhos sejam realizados nesta área.

As categorias estabelecidas para as análises de números 1 e 3, que versam sobre a abordagem CTS, se mostraram adequadas e representativas, mas muito ainda precisa ser feito para se trabalhar de forma ampla as implicações da ciência e tecnologia na sociedade e no meio ambiente no ensino de Química.

Foi possível constatar que tanto as categorias estabelecidas exclusivamente para essa dissertação quanto para as categorias estabelecidas a partir das tabelas extraídas da dissertação de mestrado do Prof. Wildson Santos caracterizaram adequadamente a abordagem CTS, visto que se mostraram claramente representadas nas análises dos gráficos e, conseqüentemente, no jogo como um todo.

Considerando que um dos objetivos das análises efetuadas é o de adequar o jogo de forma a potencializar a abrangência dos aspectos descritos em cada uma das sete análises, cabe aqui considerar que as análises de números dois, três e quatro, feitas com base nas tabelas 2.2, 3.3 e 4.4 da dissertação de mestrado do Prof. Wildson Santos, se constituíram em ferramenta fundamental nas apreciações realizadas.

Quando se examinam os resultados das análises citadas acima, verifica-se que o jogo possui deficiências na abordagem de aspectos CTS, a partir do referencial do Prof. Wildson Santos, o que não ficou evidente na análise de número 01, cujas categorias foram estabelecidas exclusivamente para esse trabalho. Essa deficiência se deve ao fato de que a tabela da dissertação do professor Wildson Santos leva em conta apenas as combinações das

interações entre ciência tecnologia e sociedade, enquanto que a análise de Número 1 considera as unidades de registro como palavras individualizadas que representam as ideias que levam ao conceito de CTS.

Percebeu-se uma deficiência na abrangência dos conteúdos de físico química, com base no referencial do Prof. Wildson Santos - na tabela 2.2 - de sua dissertação de mestrado. Isso pode ser explicado em parte pela especificidade dos conteúdos da tabela 2.2 do mesmo autor que são conteúdos que estão fora do contexto do livro didático utilizado. Já na análise de número 01 (item 3.3.1) foram utilizadas categorias estabelecidas a partir do livro didático Química Cidadã, vol. II de 2012 com todas as suas especificidades e contextualizações.

Quando se analisa as questões de Química propostas no jogo e os contextos envolvidos em tais questões, principalmente na análise de número 01, pretende-se verificar se o jogo 3D em primeira pessoa proposto pode abordar os conteúdos de Química com retidão conceitual adequada ao nível escolar para o qual o jogo foi preferencialmente desenvolvido.

A análise de número 01 demonstra que os conteúdos de química propostos foram contemplados massivamente ao longo de todo o jogo, caracterizando, portanto, que é possível que os conteúdos de Química sejam abordados de forma ampla e conceitualmente adequados em um Jogo 3D em primeira pessoa, pelo menos do ponto de vista dessa análise.

O Jogo 3D em primeira pessoa desenvolvido para essa dissertação, é um tipo de jogo que possui características próprias, que o distingue dos jogos computacionais 2D, das simulações computacionais e evidentemente dos jogos analógicos já descritos nessa dissertação. Portanto, dada essa característica distintiva, coube analisar se ele contempla as características que o tornam uma atividade lúdica.

Os resultados das análises 1 e 7, itens 3.3.1 e 3.3.7 dessa dissertação, foram feitas a partir de categorias que representam o caráter Lúdico. Elas demonstraram que o Jogo *Chemistry Raiders* representa de forma clara uma atividade Lúdica, contemplando, portanto, a terceiro e último questionamento feito quando da elaboração do problema de pesquisa.

Toda a análise feita no jogo tem o objetivo de adequá-lo a um ensino de química vanguardista e atrativo, adequado a uma geração de alunos cuja realidade cotidiana vai muito além do quadro de giz.

A partir do jogo desenvolvido, no futuro, podem ser feitas investigações sobre os impactos que esse tipo de jogo pode causar no processo de ensino-aprendizagem, a partir das investigações diretas com alunos. Pode se desenvolver uma versão que incorpore uma maior interatividade, a fim de suprir possíveis deficiências nesse aspecto do jogo.

Entre os aspectos que podem ser estudados no futuro está a influência do som em jogos digitais; entretanto, este aspecto é ainda muito pouco estudado no Brasil.

Conclui-se, portanto, com base nas sete análises efetuadas para esse trabalho, que é possível criar um ambiente educacional 3D a partir de um jogo computacional. Como também que o jogo proposto pode proporcionar aos alunos um aprendizado atrativo e contextual, em função das características que o determinam, a saber:

- Contempla a abordagem CTS, conteúdos de química propostos e estímulo ao aprendizado;
- Atende em parte às categorias estabelecidas, a partir de dados obtidos de tabelas constantes na dissertação de mestrado do professor Wildson Santos. Essas tabelas tratam de enfoque CTS, conteúdos de físico-química e objetivos do ensino de química;
- Contempla os princípios descritos por Bober (2010), para jogos digitais;
- Contém características de bons jogos computacionais descritas por Passerino (1989);
- Apresenta elementos que caracterizam ludicidade, segundo Pinho (2017), Maluf (2003), Passerino (1989).

REFERÊNCIAS

ANGOTTI, J.A.P; AUTH, M. A. **Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação**. Revista **ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 15-27, 2001.

ARAÚJO, V. C. **O jogo no contexto da educação psicomotora**. São Paulo: Cortez, 1992.

AULER, D.; BAZZO, W. A. **Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro**. *Ciência e Educação*, v. 7, n. 1, p. 1-15, 2001.

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de Ciências**. Tese, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BARDIN.L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Ed. Edições 70, 1977.

BOBER, M. **Games-based experiences for learning**. Manchester Metropolitan University, 2010. Disponível em: <<https://www.nfer.ac.uk/publications/FUTL11/FUTL11.pdf>> Acesso em: 5/11/2017.

BRENELLI, R.P. Resenha. **O jogo no contexto da educação psicomotora**. *Pró Posições*. v. 4, n. 2, julho de 1993. Disponível em: <https://www.fe.unicamp.br/pf-fe/publicacao/1773/11_resenha_brellirp.pdf> Acesso em: 10/10/2017.

BYRN, M.S; JOHNSTONE, A. H. **Critical Thinking and Science Education**. *Studies in Higher Education*. v. 12, n. 3, p. 325, 1987.

CLUA, E.W. G.; BITTENCOURT, J. R. **Uma nova concepção para a criação de jogos educativos**. Rio de Janeiro: PUC, 2004. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/marcelo/materiais/Clua_e_Bittencourt_2004__Cria_o_de_Jogos_Educativos__minicurso.pdf> Acesso em: 04/05/2018.

COBELENS, S. **Exploring in-game advertising in first person shooters**. Leiden Institute of Advanced Computer Science. Master Thesis. Setembro, 2009.

COSCELLI, J. **A história do primeiro jogo de tiro em primeira pessoa**. Disponível em: <<http://link.estadao.com.br/blogs/modo-arcade/a-historia-do-primeiro-jogo-de-tiro-em-primeira-pessoa/>> Acesso em: 12/10/2017.

CRAWFORD, C. (1982). **The Art of Digital Game Design**. Washington State University, Vancouver, 1982.

CUNHA, M.B. Jogos no Ensino de Química: **Considerações teóricas para sua utilização em sala de aula**. Química Nova na Escola, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012.

DENISOVA.A; CAIRNS.P. **First Person vs. Third Person Perspective in Digital Games do Player Preferences Affect Immersion**. 2015. Disponível em:

<<https://pdfs.semanticscholar.org/f52a/f651e86952dda035dd1119a0fe92fdb6bf19.pdf>> Acesso em: 10/10/2017.

DRUMOND, H. **Lúdico, jogos, brinquedos e brincadeiras na construção do processo de aprendizagem na educação infantil**. Apostila on line, 2013. Disponível em: <<http://simonehelendrumond.blogspot.com>> Acesso em: 24 nov 2017.

FRAGA N.I, L. **Estado da Arte na Educação em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente no Brasil**. Ciência & Ensino, vol. 1, número especial, nov 2007.

FOUREZ, G. **El Movimiento Ciencia, Tecnología e Sociedad (CTS) y la Enseñanza de las Ciencias**. Perspectivas UNESCO, v. XXV, n. 1, p. 27-40, março 1995. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/Ulis/cgi-bin/ulis.pl?database=&lin=1&futf8=1&ll=1&gp=&look=default&sc1=1&sc2=1&nl=1&req=2&au=Fourez,%20G%C3%A9rard>> Acesso em: 19 set 2017.

GOBARA, S.T. *et al.* **O ensino de Ciências sob o enfoque da Educação Ambiental**. Caderno de Ensino de Física. Florianópolis, v.9, n.2: p.171-182, ago. 1992. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7495/6875>> Acesso em: 19 ago 2017.

GONZALEZ, A.C; SILVA, B; BARBOSA. F; CARNIATTO, I. **Avaliação das crenças e atitudes dos estudantes de ciências biológicas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) sobre os temas Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)**. Anais do I Seminário Internacional de (CTS). 28-30 de abril de 2009. Cascavel: UNIOESTE. Disponível em: <http://cac.php.unioeste.br/eventos/ctsa/tr_completo/011.pdf> Acesso em: nov. 2017.

HEINICH, R., MOLEND, M., RUSSELL, J. D., & SMALDINO, S. E. **Instructional media and technologies for learning**. New Jersey: Merrill Prentice Hall. 2002.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens**. São Paulo: Perspectiva, 2008.

ISBISTER, K; FLANAGAN, M; HASH, C. **Designing games for learning: insights from rom conversations with designers**. Remember and Reflect. Atlanta. 2010.

JUUL, J. A. **Clash between Game and Narrative**. DAC Conference, Bergen, Norway, 1998.

KIRRIEMUIR, J., & MCFARLANE, A. E. **Literature review in games and learning report**. Bristol: Nesta Futurelab, 2003.

MAGERKURTH, M.; MEMISOGLU, T.; ENGELKE, N.A. STREITZ. **Towards the next generation of tabletop gaming experiences**. Graphics Interface 2004 (GI'04). London, Ontario, Canadá: A K Peters, maio, p. 73-80, 2004.

MAGNO, C.M.V: **Ludicidade e CTS no ensino de Ciências na Educação Básica de Ribeirinhos na Amazônia**. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências X ENPEC. Águas de Lindóia-SP, 24-27 nov 2015.

MALONE, T. **Guidelines for designing educational computer programs Childhood Education**. n. 59, p. 241- 247, 1983.

MALUF, A.C.M. **A importância das atividades lúdicas na educação infantil**. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.profala.com/arteducesp178.htm>> Acesso em: 10/11/2017.

MATHIAS, N.G.; AMARAL, C.L.C. **Utilização de um jogo pedagógico para discussão das relações entre ciência/tecnologia/sociedade no ensino de química**. Experiências em Ensino de Ciências. v. 5, n. 2, p. 107-120, 2010.

MELO, N.S. **Os limites imanentes ao conceito de meio ambiente como bem de uso comum do povo**. Tese de mestrado. Unversidade de Caxias do sul. Programa de Pós Graduação em Direito. Caxias do Sul, 2007.

Ministério da Educação. **Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade Diretoria de Educação Integral, Direitos Humanos e Cidadania**. Coordenação-Geral de Educação Ambiental Proposta de Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Capítulo III, 2002.

NEVES, L.O.R. **O Lúdico nas interfaces das relações educativas**. Disponível em: <www.def.unir.br/.../2847texto6.1_o_ludico_nas_interfaces_das_relacoes_educativas.pdf> Acesso em: 19 ago 2017.

PASSERINO, L. M. **Avaliação de jogos educativos computadorizados**. Disponível em <<http://www.c5.cl/tise98/html/trabajos/jogosed/index.htm>> Acesso em: 12/08/17.

PCN 1998. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais** pág. 89 1998.

PCN 1998. **Ciências naturais terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental ciências naturais** 1998.

PEDROZA, R. L. S. **Aprendizagem e subjetividade: uma construção a partir do brincar**. Revista do Departamento de Psicologia. Niterói: UFF. v. 17, n. 2, p. 61-76, jul/dez. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rdpsi/v17n2/v17n2a06.pdf>> Acesso em: 18/09/2017.

PINHO, R.O **Lúdico no processo de aprendizagem**. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/o-ludico-no-processo-de-aprendizagem/21258/>> Acesso em: 19 ago 2017.

RICARDO, C.E. **Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar**. Ciência & Ensino, v. 1, n. especial, nov. 2007. Disponível em: <<http://prc.ifsp.edu.br:3535/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/160/113>> Acesso em: 10/10/2017.

PRENSKY, M. **Digital Natives, Digital Immigrants**. MCB University Press, v. 9 n. 5, 2001. Disponível em: <<https://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>> Acesso em: 10/10/2017.

PROTOPSALTIS A.; PANNESE L; PAPPA D.; HETZNER S. **Serious Games and Formal and Informal Learning**. Disponível em: <<http://elearningpapers.eu/en/article/Serious-Games-and-Formal-and-Informal-Learning>> Acesso em:10/10/2017.

SANTOS, W.L.P. **Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica**. Ciência & Ensino, v. 1, n. especial, p. 1-12, 2007.

SANTOS, W. L. P. **O ensino de química para formar o cidadão: principais características e condições para sua implantação na escola secundária brasileira**. Dissertação de Mestrado. Campinas: UNICAMP, 1992.

SANTOS, W. L. P. **Educação ambiental por meio de tema CTSA: Relato e análise de experiência em sala de aula**. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ), Curitiba, 2008.

SANTOS, W.L.P; MÓL, G.S.; DIB, S.M.F; MATSUNAGA, R.T; SANTOS, S.M.O; CASTRO, E.N.F; SILVA, G.S; FARIAS, S.B. **Química Cidadã**. 2ª ed., São Paulo: Editora AJS, 2013.

SILVA, R.H; CENSI R.D; **Multiculturalismo e Educação Ambiental reflexões acerca da construção de uma nova postura ética dos seres humanos**. Revista Contexto & Educação. Ed. Unijuí, ano 30, n. 97, set/dez. 2015.

SHUDAYAFAT, E. A.; MOLDOVEANU, F.; MOLDOVEANU, A.; GRADINARU, A.; DASCALU, M.I. **3D Game-Like Virtual Environment for Chemistry Learning**. Universitat Politecnica Bucuresti. Scientific, Bulletin Séries C, v. 77, n. 1, p. 15-26, 2015.

SCHAVERIEN.L. **Teacher Education in Generating Virtual Classroom: a web delivered context for developing learning theories.** International Journal of Science Education. v. 25, p. 5. 2003.

s/a. Disponível em: <<http://museum.mit.edu/150/25>> Acesso em: 15/01/2018.

s/a. Disponível em: <<http://www.museumofplay.org/about/icheg/video-game-history/timeline>> Acesso em: 15/01/2018.

s/a. Disponível em: <https://www.arcademuseum.com/game_detail.php?game_id=7059> Acesso em: 15/01/2018.

s/a. Newzoo. Disponível em: <<https://newzoo.com/insights/articles/global-games-market-reaches-99-6-billion-2016-mobile-generating-37/>> Acesso em: 8/10/2017.

s/a. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/video-game-e-jogos/1950-a-historia-do-fps-.htm>> Acesso em: 10/10/2017.

s/a. Disponível em: <<http://agenciafirma.com.br/mercado-de-games-no-brasil/>> Acesso em: 08/10/2017.

ROLOFF E.M. **A importância do lúdico em sala de aula de aula.** Semana de Letras e Escrita Criativa. Disponível em: <<http://ebooks.pucrs.br/edipucrs/anais/Xsemanadeletras/comunicacoes/Eleana-Margarete-Roloff.pdf>> Acesso em: 6/11/2017.

ULICSAK, M. WRIGHT, M. **Games in Education: serious games.** Bristol: Futurelab Literature Review. 2010.

VON WANGENHEIM, C.G., Shull, F. **To Game or Not to Game?** IEEE Computer Society. v. 26, n. 2, p. 92-94. 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A: QUESTÕES PROPOSTAS NOS AMBIENTES DO JOGO

Ambiente Natural:

1) Observe o ambiente natural a sua frente e responda: qual a origem dos sais que estão dissolvidos na água do lago?

- A) Já estavam na água desde sua origem.
- B) Foram trazidos diretamente pelas chuvas.
- C) Vieram do solo, arrastados pelas chuvas.**

2) O movimento contínuo de precipitação e evaporação da água, que você está observando, recebe o nome de:

- A) Chuva.
- B) Ciclo da água.**
- C) Ciclo do solo.
- D) Evaporação.

3) A água doce que você observa a sua frente:

- A) Sempre esteve no local.
- B) Tem origem exclusivamente da chuva.
- C) Tem origem dos aquíferos subterrâneos alimentados pelas chuvas.**

4) Ao caminhar por este ambiente você está observando rochas cuja composição predominante é o granito. Observando sua aparência, você poderia classificá-las como:

- A) Homogêneas.
- B) Heterogêneas.**
- C) Mistura homogênea.

5) Observe a fogueira que está a sua frente. Ela é constituída principalmente de $\text{CO}_2(\text{g})$, $\text{CO}(\text{g})$ e $\text{C}(\text{s})$. A fumaça emitida por ela pode ser classificada como:

- A) Solução.
- B) Colóide.**
- C) Agregado.

6) A água do lago que você observou possui NaCl dissolvido. Esse sal é considerado:

- A) Soluto.**
- B) Solvente.

7) A concentração de NaCl na água do lago (ou rio) é de 33g/L. Essa concentração permite a sobrevivência da maioria dos peixes de água doce?

- A) Sim.**
- B) Não.

8) O ar que você está respirando ao caminhar pelo ambiente é considerado:

- A) Solução.
- B) Solução saturada.
- C) Mistura.
- D) Mistura heterogênea.
- E) Duas alternativas estão corretas.**

9) Observe o líquido fervendo no recipiente a sua frente e responda: Qual o comportamento da pressão de vapor do líquido?

- A) Quando há aquecimento, a pressão de vapor aumenta.**
- B) Quando há aquecimento, a pressão de vapor diminui.
- C) A pressão de vapor não se altera com a temperatura.

Existe um recipiente com água fervente no ponto mais alto da montanha. Vá até ele e responda a pergunta formulada.

10) Você está a 300 metros de altitude. Nessa altitude, a pressão de vapor:

- A) Aumenta.
- B) Diminui.**
- C) Não se altera.

11) Os peixes de água salgada, que existem nesta praia, não perdem água corporal para o oceano porque:

A) A água do mar é menos concentrada em sais do que a água corporal dos peixes.

B) Eles possuem um mecanismo interno que regula a pressão osmótica.

C) A osmose ocorre de forma reversa.

12) Este carro enferrujado a beira do oceano é composto basicamente de ferro e constitui um poluente. Ele levará centenas de anos para se decompor. A reação entre o ferro e o oxigênio do ar pode ser considerada uma reação de:

A) Redução.

B) Simples troca.

C) Dupla troca.

D) Oxidação.

E) Duas estão corretas.

Ambiente Cidade:

1) A estrutura que decora o topo da fonte da praça é o Fulereo C₆₀, a terceira mais estável forma alotrópica do carbono. Sobre ela pode-se afirmar:

A) Possui hidrogênio ligado ao carbono na molécula.

B) Entre as várias áreas de aplicação dos Fulerenos estão a eletrônica, a medicina e os foguetes.

C) Existem poucos e controversos estudos sobre a toxicidade dos Fulerenos, se compararmos com estudos sobre sua aplicabilidade.

D) Duas estão corretas.

E) Todas estão corretas.

2) A maior parte da poluição da água no ambiente urbano ocorre principalmente:

A) Devido às chuvas que carregam os poluentes, os quais compõem naturalmente o ar.

B) Pela interação humana com o meio ambiente.

C) Ocorre naturalmente no ciclo da água.

3) Algumas ações humanas no ambiente urbano interferiram na qualidade da água do rio que você está observando. Que ações inadequadas você pode identificar?

A) Ocupação das margens dos rios, pavimentação próxima às margens e descarte de resíduos tóxicos.

B) Dejetos lançados no rio, ocupação das margens e descarte de resíduos tóxicos.

C) Pavimentação próxima às margens, ocupação próxima a margem e dejetos lançados no rio.

D) Duas estão corretas.

4) Você está observando 4 materiais: madeira, metal, plástico, pneu e vidro, os quais foram descartados no rio que fica ao lado dessas casas. Qual é aproximadamente o tempo de decomposição desses materiais?

A) 13 anos, 100 anos, 100 anos, indeterminado, Indeterminado.

B) Indeterminado, indeterminado, 100 anos, 13 anos, 100 anos.

C) 100 anos, Indeterminado, 13 anos, 100 anos, Indeterminado.

5) A urbanização que você está observando ao percorrer esse caminho tem algumas consequências, entre elas:

A) Estrangulamento (construção) das seções de escoamento dos rios.

B) Impermeabilização do solo.

C) Chuva ácida.

D) a, b, e c estão corretas.

E) somente a e c.

F) Somente a e b.

6) Você está observando frascos de detergente. Sobre o impacto dos detergentes no ambiente, podemos afirmar:

A) Os íons fosfato em sua composição causam eutrofização, diminuindo a quantidade de oxigênio na água, causando a morte de peixes.

B) Os detergentes não oferecem riscos ao ambiente, pois são em sua maioria biodegradáveis.

C) Os detergentes biodegradáveis se degradam em poucas horas, não oferecendo riscos ao ambiente.

D) Duas estão corretas.

7) Sobre o processo que ocorreria se esse detergente fosse biodegradável:

- A) A biodegradação pode ser influenciada pela temperatura e acidez da água.
- B) Ao final do processo podem restar dióxido de carbono e água.
- C) A biodegradabilidade desse frasco não é importante para a avaliação do impacto ambiental causado.
- D) Materiais biodegradáveis não causam impacto ao meio ambiente.

E) Duas estão corretas.

8) As flores que você está observando possuem pétalas coloridas. Sobre essas cores podemos dizer:

- A) As cores têm origem em substâncias orgânicas presentes nas pétalas.
- B) Substâncias inorgânicas dão origem as cores nas pétalas.
- C) Se fizermos extratos dessas pétalas, podemos usá-las como indicador de pH.

D) Duas estão corretas.

E) Todas estão corretas.

9) Este carro possui em seu escapamento um catalizador. Sobre ele, podemos dizer:

- A) O catalizador transforma os gases poluentes em gases menos nocivos ao ambiente.
- B) Carros a gasolina utilizam os metais paládio e ródio, enquanto que carros a álcool utilizam paládio e molibdênio.
- C) Os catalizadores dos automóveis tem eficiência de 100%.
- D) Pode ocorrer na superfície dos catalizadores $C_7H_{16(g)} + 11O_2(g) > (7CO_2(g) + 8H_2O(g))$

E) Duas estão corretas.

F) Três estão corretas.

10) Essa praia é rica em areias monazíticas. Sobre essa areia, podemos dizer:

- A) Essas areias são ricas em minerais que contém substâncias radioativas.
- B) O tório é um dos elementos mais comuns nas areias monazíticas.
- C) A radiação presente nessas areias é em média 100 vezes maior do que a tolerada para exposição de seres humanos.
- D) Duas estão corretas.

E) Todas estão corretas.

11) Você está observando o descarte de esgoto da cidade diretamente na água do mar. Sobre esse descarte podemos dizer:

A) Se houvesse tratamento desse esgoto, antes de ser despejado no mar, os gastos com saúde pública diminuiriam.

B) A água do mar dispersa os poluentes, não a riscos à população.

C) Os poluentes não oferecem riscos quando dispersos no mar, pois o mar é muito grande.

D) Duas estão corretas.

12) A energia elétrica da cidade vem de fontes que estão fora da ilha e é trazida através de cabos marinhos. Sobre as fontes de energia podemos dizer:

A) As fontes de energia nunca oferecem riscos a sociedade e ao meio ambiente.

B) As usinas Hidrelétricas não causam impactos ambientais.

C) As usinas termelétrica e termonuclear utilizam o mesmo combustível: O carvão mineral.

D) A usina hidroelétrica não contribui para o efeito estufa.

13) Este carro é movido a Etanol e seu motor não está bem regulado. Sobre a possível reação de queima do combustível, podemos dizer:

A) A reação de queima do etanol é: $C_2H_5OH(l) + 2O_2(g) \rightarrow 2CO(g) + 3H_2O(l)$

B) A reação de queima do etanol é: $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$

C) A combustão é considerada completa.

D) A combustão é considerada incompleta.

E) A e D estão corretas.

F) B e C estão corretas.

Ambiente Indústria:

1) A indústria armazenou esses tonéis que contem resíduos com baixa radioatividade usados no processo industrial. Sobre seu armazenamento:

A) Está correto, pois tonéis metálicos conseguem reter 100% das radiações ionizantes.

B) Está correto, pois basta sinalizar o resíduo.

C) Está errado, pois radiação ionizante (gama) não é retida por tonéis metálicos com 2 mm de espessura.

D) Duas estão corretas.

2) Você está observando uma indústria. Sobre a sua localização, responda:

A) É adequada, pois está perto do ambiente urbano.

B) É adequada, pois está próximo ao rio, facilitando o descarte de dejetos.

C) Inadequado, pois está perto do ambiente urbano e do natural.

3) Existe um laboratório nessa indústria. Sobre sua facilidade de acesso em caso de acidente responda:

A) Está bem localizado não oferecendo dificuldades para evacuar em caso de acidente.

B) Está mal localizado, pois as caixas dificultam a evacuação.

C) Está bem localizado, pois as caixas podem ser removidas facilmente.

D) Duas estão corretas.

4) Você está observando o aquecimento de 3 compostos nos Erlenmeyers: água, álcool e acetona. Qual sequência correta dessas substâncias da mais volátil para a menos volátil?

A) Água, álcool, acetona.

B) Acetona, água, álcool.

C) Álcool, água, acetona.

D) Acetona, álcool, água.

E) Água, acetona, álcool.

5) Se você adicionar NaCl, que está dentro de um dos tubos de ensaio na mesa a direita, ao erlenmeyer que contém água em ebulição ocorre:

A) O aumento da pressão de vapor da água.

B) A diminuição da pressão de vapor da água.

C) Acelera a ebulição.

D) Retarda a ebulição.

E) Nada é alterado.

F) Duas estão corretas.

6) Esses tonéis contêm óleo, gasolina e álcool combustível. Do ponto de vista ambiental, a utilização do álcool como combustível em indústrias é:

A) Desvantajoso, pois produz maior quantidade de monóxido de carbono do que a gasolina.

B) Vantajoso, pois produz uma quantidade menor de CO do que a gasolina.

C) Desvantajoso, pois a gasolina é considerada um combustível ecológico.

D) Vantajoso, pois produz apenas CO₂ e água.

7) Os efluentes que estão sendo despejados nesse reservatório, para que não ofereçam riscos à saúde humana, devem ser tratados. Esse tratamento inclui:

A) Adição de ácido, adição de soda e filtração.

B) Gradeamento, decantação e flotação.

C) Reatores anaeróbicos, filtros de percolação.

D) Microfiltração, precipitação, adsorção por carvão.

E) Duas estão corretas.

F) Três estão corretas.

8) Existem várias consequências do descarte de dejetos industriais na água. Entre elas:

A) A extinção de várias espécies de peixes.

B) Redução do oxigênio disponível na água.

C) Não existem consequências, pois os poluentes são diluídos ao longo do trajeto do rio.

D) Duas estão corretas.

9) Este tanque contendo ácido nítrico foi deixado aberto. Sobre os problemas que isso pode causar:

A) O ácido nítrico não oferece riscos ao ambiente.

B) O ácido nítrico evapora rapidamente, não deixando resíduos tóxicos.

C) O ácido pode causar danos irreparáveis ao ambiente e a saúde das pessoas.

D) Duas estão corretas.

10) Se um dos 3 erlenmeyers, que estão sob aquecimento, contiver água e você adicionar duas colheres de açúcar, o que ocorrerá com a temperatura de ebulição da água?

- A) **Aumenta.**
- B) Diminui.
- C) Não se altera.

11) Observe a nuvem de fumaça escura que está acima do ambiente industrial. Sua causa pode ser:

- A) Tem origem na atividade humana.
- B) **Tem origem na atividade industrial.**
- C) Provem dos gases liberados pela decomposição de animais no oceano.
- D) Duas estão corretas.

12) Sobre o gás natural armazenado nesses reservatórios esféricos, podemos afirmar:

- A) É uma fonte de energia abundante.
- B) Com a descoberta do pré sal, as reservas brasileiras aumentaram.
- C) Além de seu utilizado nessa indústria pode ser usado como combustível em automóveis.
- D) É considerado uma fonte não poluente de energia.

E) Três estão corretas.

13) Esses reservatórios esféricos armazenam gás natural que é usado como fonte de energia. Sobre essa fonte, é correto afirmar:

- A) Substituiu a Biomassa (lenha) com o avanço da tecnologia.
- B) São mais energéticos (produzem mais calor) que a lenha.
- C) Muitas vezes esse tipo de combustível é responsabilizado pelo aquecimento global.
- D) Gera problemas ambientais.
- E) Duas estão corretas.
- F) três estão corretas.

G) Todas estão corretas.

Farol:

1) Dois desses cientistas divergiram quanto à estrutura espacial da molécula de cloreto de hexamino-cobalto(III), travando uma batalha que contribuiu para desenvolvimento da química de coordenação. Quais foram esses cientistas?

- A) Lavoysier e Mendeleev.
- B) Werner e Marie Currie.
- C) Linus Pauling e Jørgensem.
- D) Werner e Jørgensem.**
- E) Linus Pauling e Werner.

2) Um dos cientistas dessa sala foi o responsável por disseminar uma cultura que prega a ingestão de doses diárias de vitamina C. Esse cientista foi:

- A) Avogadro.
- B) Marie Currie.
- C) Linus Pauling.**
- D) Lavoysier.

3) Um dos cientistas dessa sala iniciou os estudos de um fenômeno que ocorre com partículas subatômicas, que Marie e Pierre Currie utilizaram posteriormente em suas pesquisas. Esse cientista foi:

- A) Gay-Lussac.
- B) Proust.
- C) Carnot.
- D) Röntgen.**

4) Um dos cientistas dessa sala derrubou definitivamente a teoria da geração espontânea de Aristóteles, usando uma vidraria chamada pescoço de cisne. Esse cientista foi:

- A) Röntgen.
- B) Gay-Lussac.
- C) Proust.
- D) Pasteur**

5) Um desses dois cientistas deu seu nome a uma associação beneficente que atua na área de saúde. Esse cientista foi:

A) Becquerel.

B) Cezar Lattes.

6) Um desses cientistas foi contemporâneo de Marie e Pierre Currie. Esse cientista foi:

A) Becquerel.

B) Cezar Lattes.

7) Um desses cientistas aplicou a química na indústria, especialmente na produção de cimento, amônia, aço e cerâmica. Esse cientista foi:

A) Le Chatelier.

B) Dalton.

C) Rutherford.

D) Berzelius.

8) Um desses cientistas, no primeiro volume da sua obra "New system of chemical philosophy" (Novo sistema de filosofia química), apresentou as bases de uma nova teoria. Esse cientista foi:

A) Berzelius.

B) Dalton.

C) Rutherford.

D) Le Chatelier.

APÊNDICE B: MANUAL DO JOGO

INTRODUÇÃO

O jogo *Chemistry Raiders* foi desenvolvido como parte integrante das atividades necessárias para a obtenção do grau de mestre em formação científica educacional e tecnológica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Desenvolvedores: Haroldo Luis Ribas, Henrique Ariel Panichek Ribeiro.

Orientadora: Prof^a Dr^a Fabiana Roberta Gonsalves e Silva Hussein.

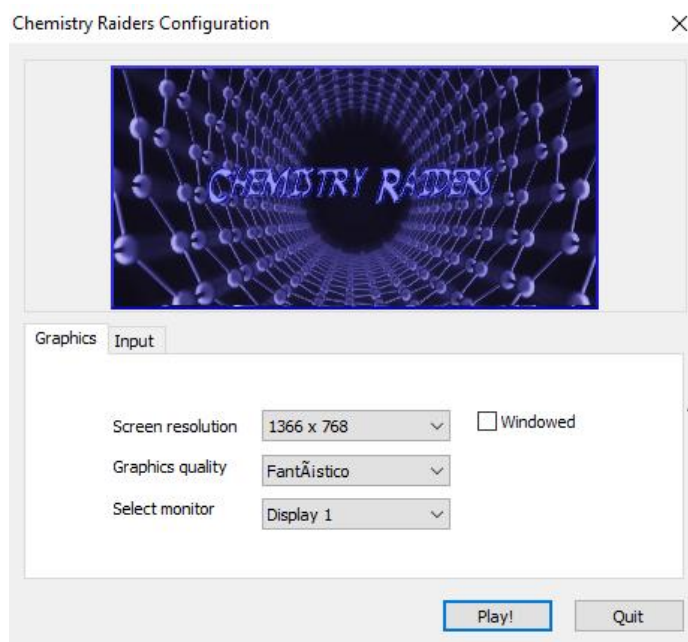
1. INSTALAÇÃO E EXECUÇÃO

O jogo é composto por três arquivos: um manual de instruções em pdf, um arquivo *chemistryraiders.exe* e uma pasta de arquivos *chemistryraiders_data*. Caso você queira mover o jogo de um lugar para outro, é obrigatório mover tanto o arquivo *chemistryraiders.exe* quanto a pasta.

1.1 Execução

Para executar o jogo, você deve abrir o arquivo *chemistryraiders.exe*. Uma tela de configurações iniciais deverá aparecer.

Figura 1. Tela de configuração



Fonte: o autor, 2018.

Assim que terminar as configurações, clique no botão *Play!* e o jogo irá iniciar.

1.1.1 Screen resolution

Esta opção permite que você mude a resolução do jogo junto com o formato da tela. O jogo dá suporte aos seguintes formatos de tela: 4:3, 5:4, 16:10 e 16:9. As resoluções suportadas dependerão da capacidade gráfica do computador. Caso você decida marcar a opção *windowed*, o jogo irá abrir em uma janela separada. Se essa opção ficar desmarcada, ele irá abrir no modo tela cheia.

1.1.2 Graphics quality

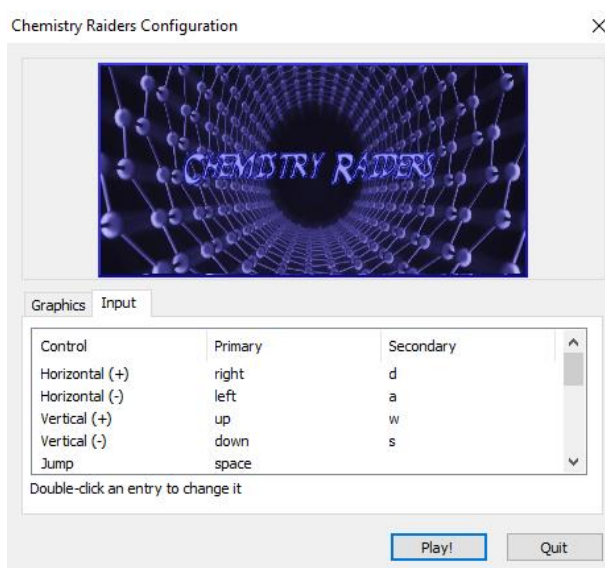
Essa opção permite que você mude a qualidade dos gráficos do jogo. São seis opções: *Muito rápido*, *Rápido*, *Simples*, *Bom*, *Bonito* e *Fantástico*. Quanto menores forem as qualidades gráficas, mais rápido o jogo será executado. É recomendável selecionar a opção “muito rápido” para computadores com uma capacidade de processamento muito baixa.

1.1.3 Select monitor

Essa opção é utilizada quando você está usando dois ou mais monitores no mesmo computador. Ela serve para decidir em qual dos monitores o jogo irá aparecer.

1.1.4 Input

Figura 2. Tela de controles do jogo



Fonte: o autor, 2018.

Ao lado da aba *Graphics*, que é a aba inicial da janela, existe uma aba *Input*. Essa aba serve para alterar os controles do jogo. Para fazer isso, é só escolher uma das teclas dentro dessa aba e dar um clique duplo, seguido da tecla que você queira usar no lugar. É recomendado usar esse menu apenas se você já tiver jogado o jogo anteriormente.

2. HISTÓRIA/DESCRIÇÃO DO JOGO

2.1 Classificação

O jogo *Chemistry Raiders* é um jogo educacional 3D em primeira pessoa do tipo *Open Map (mapa aberto)*, classificado como *Serious game*, ou seja, sua finalidade é exclusivamente educativa.

2.2 História

O jogo *Chemistry Raiders* é ambientado em uma ilha, em algum lugar do Oceano Atlântico que sofreu danos ambientais. A parte natural da ilha foi evacuada em função dos danos ocorridos, restando apenas poucos animais, a parte urbana da ilha ainda é habitada, mas possui restrição de circulação em função da poluição atmosférica. Na indústria restaram poucos funcionários que trabalham em ambiente interno devido ao alto grau de poluentes no ar.

O jogador é um explorador com formação em química que chegou à ilha para verificar a extensão dos danos e relatar sua experiência a seus colegas que ficaram no continente.

Ele se depara com diversas situações problema, tenta resolvê-las, seu espírito aventureiro e ambientalista vem à tona. Seu objetivo é resolver as questões propostas aprendendo com elas. Mostrando seu lado ambientalista o jogador resolve coletar todos os lixos que encontra pelo caminho em todos os ambientes da ilha. Coletando os lixos, ele ganha pontos extras.

Se sua tarefa de responder as questões propostas e coletar os lixos atingir 1.500 pontos ele ganha uma taça de bronze e demonstra que tem um bom conhecimento das questões que envolvem os problemas enfrentados pela ilha.

Se ele atingir 3.000 pontos ele ganha uma taça de prata demonstrando que ele tem um ótimo conhecimento das questões-problema enfrentadas pela ilha e se ele atingir 4.500 pontos ele ganha uma taça de ouro demonstrando que ele é um expert em química e questões ambientais.

Ao completar sua jornada pela ilha de *ChemGea* ou a qualquer momento do jogo ele pode decidir retornar ao barco pulando sobre ele. Nesse momento é exibido um resumo de todas as suas ações e pontuações na ilha.

3. CONTROLES

Os controles do jogo são mostrados quando é pressionada a tecla F1.

Figura 3. Menu de controles



Fonte: o autor, 2018

3.1 Navegação

O jogador pode navegar pelos menus do jogo usando apenas o mouse.

3.2 Jogabilidade

Por padrão, o jogo possui os seguintes controles:

- A) *Movimentação*: as teclas W, A, S, D ou as flechas do teclado movem o personagem. Apertar a tecla SHIFT enquanto se move para frente ou para os lados faz com que o personagem corra. Adicionalmente, é possível pular usando a barra de espaço;
- B) *Câmera*: ao mover o mouse é possível mudar a direção do personagem e olhar para outros lugares. Para uma melhor experiência é necessário o uso do teclado juntamente com o mouse;

- C) *Interação*: é possível interagir com alguns objetos do jogo (ou pegá-los). Se, ao passar o cursor por cima de um objeto quando próximo a ele, o objeto começar a brilhar, isso significa que ele é interativo. Basta clicar com o botão esquerdo em cima de um desses objetos para interagir com ele. No caso de um objeto que possa ser carregado, é necessário segurar o botão pelo tempo que você queira carregá-lo;
- D) *Interface*: para obter ajuda durante o jogo, com a intenção de se lembrar dos comandos, basta apertar a tecla F1. A tecla F2 pode ser usada para abrir um mini mapa que poder ajudar na localização das perguntas a serem respondidas;
- E) *Pausa*: se quiser pausar o jogo, basta aperta a tecla ESC. Quando quiser fechar o menu de pausa, apertar a tecla ESC novamente. Se o cursor do mouse descentralizar após fechar esse menu ou por qualquer outra razão, basta clicar com o botão esquerdo que ele irá novamente para o centro da tela.

4. MENUS

4.1 Principal

O menu principal contem quatro botões:

- a) *Iniciar jogo*: clicar nesse botão abre a tela de carregamento. Esperar até que o jogo inicie. Isso pode levar alguns minutos;
- b) *Créditos*: ao clicar nesse botão, o jogador é levado até a tela de créditos do jogo, que contém informações sobre o seu desenvolvimento;
- c) *Opções*: esse botão abre o menu de opções, onde é possível modificar algumas configurações do jogo. Mais informações sobre esse menu abaixo na sessão 4.2.*Opções*;
- d) *Sair do jogo*: clicar nesse botão para fechar o jogo.

4.2 Opções

Ao clicar no botão *Opções* do menu principal, o jogador será direcionado para uma tela contendo três botões e uma barra de controle.

- *Barra de controle de volume*: para alterar o volume do jogo, utilizar o mouse para controlar a barra. Quanto mais para a esquerda estiver o círculo da barra, mais baixo será o volume de todos os elementos;

- *Tela cheia*: o botão de tela cheia controla se o jogo será jogado no modo tela cheia ou em uma janela. Clicar nesse botão alterna entre esses dois modos;
- *Seleção de resoluções*: ao lado do botão de *Tela cheia*, existe outro botão que permite alterar a resolução do jogo. Para saber as resoluções suportadas, ver a sessão 1.1.1. *screen resolution* do manual;
- *Voltar ao menu principal*: esse botão leva ao menu principal do jogo.

4.3 Pausa

O menu de pausa contém apenas dois botões: Menu principal e Sair do jogo. O primeiro leva novamente ao menu principal do jogo enquanto o segundo fecha o jogo.

ATENÇÃO: se o jogador selecionar qualquer uma dessas opções, perde todo o progresso feito.

4.4 Outros menus

Na tela de créditos e na tela final do jogo, existe um botão que ao ser clicado leva ao menu principal. Adicionalmente, ainda na tela final, há um botão que permite reiniciar o jogo rapidamente.

5. MECÂNICA DO JOGO

5.1 Objetivos

O objetivo do jogo é adquirir pontos e explorar a ilha. Os dois métodos para adquirir pontos são: respondendo perguntas e coletando os lixos espalhados pela ilha.

5.2 Interação

Com o botão esquerdo do mouse o jogador pode interagir com vários objetos, incluindo lixos, perguntas e portas. Ao interagir com uma alternativa de cada pergunta, o jogador responde e ele é informado se a resposta estava errada ou correta e, no caso da resposta errada, qual é a resposta correta.

Lixos podem ser carregados mantendo o botão esquerdo apertado. Alguns objetos que não são lixos também podem ser carregados. As portas se abrem quando interagidas, porém portões abrem automaticamente.

5.3 Perguntas

As perguntas estão localizadas em diversos locais da ilha e são divididas por ambiente. Quando um jogador se aproxima de uma pergunta ela aparece, emitindo um som para alertar o jogador.

Quando um jogador interage com uma alternativa de uma pergunta, ele a responde. Ao responder existem duas possibilidades. A primeira é que o jogador acertou a pergunta. Nesse caso, ele obtém 100 pontos e uma mensagem de acerto aparece nela. Caso ele erre a pergunta, ele não obtém nenhum ponto e uma mensagem de erro aparece, dizendo qual era a alternativa correta.

5.4 Lixos

Os lixos estão jogados nos ambientes e devem ser descartados pelo jogador. Ele deve carregá-los até um grupo de lixeiras mais próximo e jogar o lixo na lixeira de cor adequada (metal, vidro, plástico, papel, orgânico ou caçamba, para lixos grandes demais para serem descartados em uma lixeira). Caso o jogador acerte a cor, ele recebe alguns pontos extras, que variam de um lixo para o outro.

Alguns objetos carregáveis não são lixos, dependendo do lugar e da função daquele objeto. Cabe ao jogador deduzir quais devem ser descartados e quais não. Adicionalmente, caso o jogador descarte todos os lixos de um ambiente, ele recebe 100 pontos bônus.

5.5 Mudança de ambiente

Entre ambientes existe um portão fechado que impede o jogador de avançar sem ter o requerimento mínimo de pontos para aquele ambiente. O jogador não consegue avançar entre ambientes sem passar por esses portões. Quando a quantidade de pontos requerida é obtida, o portão abre automaticamente. Para saber as pontuações necessárias para cada ambiente, consulte a seção 7.1. *Ambientes do manual*.

5.6 Água

Ao entrar em um lago, rio ou oceano, o jogador é afetado pelos efeitos da água. Ela reduz drasticamente a velocidade do jogador e aplica um efeito visual na tela. Adicionalmente, nenhum som pode ser ouvido debaixo da água.

5.7 Finalização

O jogador pode, a qualquer momento, finalizar o jogo. Para fazer isso, basta ele voltar para a doca inicial, onde ele começou o jogo, e pular no barco adjacente. Se fizer isso, o jogador será transportado para uma tela analisando o seu desempenho. Nessa tela também existe um botão para voltar ao menu principal ou jogar novamente.

6 HUD (*Heads-up display*)

Heads-up display é um termo utilizado para descrever a interface que aparece na tela durante o jogo.

6.1 Barra de lixo

No canto superior esquerdo da tela, existe uma barra de progresso que informa, utilizando percentagem, a quantidade de lixos descartada pelo jogador apenas no ambiente atual. Quando o jogador muda de ambiente, a barra de lixo se altera, refletindo a quantidade de lixos do ambiente para o qual ele foi. No farol, a barra de lixos é desabilitada, pois não há lixos no local.

6.2 Pontuação

No canto superior direito, existe uma janela que mostra a pontuação atual do jogador. As maneiras de obter pontos são descritas nos tópicos 5.3. *Perguntas* e 5.4. *Lixos do manual*. Adicionalmente, logo abaixo da pontuação, aparece a quantidade de perguntas a serem respondidas e lixos a serem descartados no ambiente atual.

6.3 Ajuda

Se o jogador não conhece os controles do jogo, ele pode visualizá-los na interface de ajuda. Ela aparece no canto inferior esquerdo quando o botão F1 do teclado é clicado.

6.4 Mapa

Ao clicar no botão F2 do teclado, aparece no canto direito da tela um mapa do ambiente atual. Esse mapa mostra a localização das perguntas daquela fase, porém não informa a posição do jogador, mantendo a necessidade de exploração. No farol o mapa é desabilitado.

6.5 Troféus

À medida que o jogador avança no jogo e obtêm pontos, um troféu aparece no canto inferior direito da tela. O tipo de troféu depende da pontuação: 1500 pontos equivalem a um troféu de bronze, 3000 a um troféu de prata e 4500 a um troféu de ouro.

7. A ILHA

7.1 Ambientes

A ilha é dividida entre três ambientes principais: o ambiente natural, o ambiente cidade e o ambiente indústria. O jogador inicia o jogo no ambiente natural e, conforme obtêm pontos, pode avançar para os outros ambientes.

Ambiente natural: o ambiente natural é o local onde o jogador inicia. Como consequência, não é necessário nenhum ponto para acessá-lo. Ele é composto primariamente de objetos naturais com poucas construções humanas.

Ambiente cidade: o ambiente cidade possui uma pequena cidade e pode ser acessado com 500 pontos. Nessa cidade tem alguns prédios e uma pequena praça rodeada por algumas casas. É o ambiente com a maior quantidade de lixos do jogo.

Ambiente indústria: a indústria é o último ambiente do jogo e, como consequência, possui as perguntas mais difíceis também. É necessário 1.000 pontos para acessar a indústria. Ela é um ambiente menor comparado aos outros, mas possui uma grande quantidade de elementos no mesmo lugar.

7.2 Farol

O farol é uma área bônus do jogo que pode ser acessado da cidade. Ele não possui nenhum lixo, mas possui quadros de vários cientistas. O jogador pode interagir com os quadros para ler a biografia desses cientistas. Adicionalmente, existem algumas perguntas no farol sobre os cientistas mostrados nos quadros.

7.3 Oceano

A ilha é coberta por um oceano que, apesar de não possuir nenhum elemento interativo, possui elementos decorativos. O jogador pode optar por explorar o oceano caso assim deseje.

8. INFORMAÇÕES TÉCNICAS

8.1 Tipo de jogo

Este jogo se enquadra nas seguintes categorias: jogo de mundo aberto, jogo em primeira pessoa, educativo e jogo de ciência. Do ponto de vista educacional, ele também é classificado como *serious game*.

Mundo aberto: Um jogo em mundo aberto possui um mapa grande que pode ser explorado pelo jogador, não existindo uma sequência de fases a serem percorridas. Embora nesse jogo existam partes da ilha bloqueadas, necessitando uma determinada pontuação, o jogador ainda tem a liberdade de adquirir essa pontuação da maneira que achar melhor.

Primeira pessoa: um jogo em primeira pessoa possui a câmera nos olhos do jogador.

Educativo: um jogo educativo é um jogo cuja função principal é abordar um determinado conteúdo com o intuito de ensinar o jogador.

Ciência: um jogo de ciência é aquele que aborda e utiliza assuntos científicos.

8.2 Pontuação total

A seguir, apresenta-se a lista da distribuída da pontuação ao longo do jogo, separado por ambiente e método de aquisição:

8.2.1 Ambiente natural

Perguntas: 12 perguntas totalizando 1200 pontos.

Lixos: 23 lixos totalizando 385 pontos (285 pontos base + 100 pontos bônus por coleta completa).

Total: 1585 pontos totais (1200 perguntas + 385 lixos).

8.2.2 Ambiente cidade

Perguntas: 13 perguntas totalizando 1300 pontos.

Lixos: 93 lixos totalizando 1120 pontos (1020 pontos base + 100 pontos bônus por coleta completa).

Total: 2420 pontos totais (1300 perguntas + 1120 lixos).

8.2.3 Ambiente indústria

Perguntas: 13 perguntas totalizando 1300 pontos.

Lixos: 53 lixos totalizando 680 pontos (580 pontos base + 100 pontos bônus por coleta completa).

Total: 1980 pontos totais (1300 perguntas + 680 lixos).

8.2.4 Farol

8 perguntas totalizando 800 pontos.

8.2.5 Ilha completa

Perguntas: 46 perguntas totalizando 4600 pontos.

Lixos: 169 lixos totalizando 2185 pontos (1885 pontos base + 300 pontos bônus por coleta completa em cada ambiente).

Total: 6785 pontos totais (4600 perguntas + 2185 lixos).

8.3 Easter eggs

Easter egg é um termo que significa segredos e referências colocados, escondidos ou não, em uma obra. A princípio este termo foi criado para obras literárias e visuais, mas posteriormente se estendeu para o mundo de jogos. Nesse jogo existem alguns *easter eggs* escondidos, tanto fáceis quando difíceis de achar.

9. CRÉDITOS

Desenvolvimento do jogo: Haroldo Luis Ribas, Henrique Ariel Panichek Ribeiro.

Com orientação de: Fabiana Roberta Gonçalves e Silva Hussein.

Agradecimentos: Sofia Chu, Prof. Dr. Marcos Brown Gonçalves.

Desenvolvido com: Unity3D, Blender, WavePad Audio Editing Software.

Livro usado como referência: Química Cidadã, v. 2, 2013 (Livro do professor).

Todos os elementos desse jogo foram obtidos dos seguintes sites: Archive3D, CG Trader, Free3D, FreePik, PSDgraphics, Sharelcon, TurboSquid, Unity Asset Store.

Todos os elementos utilizados foram disponibilizados gratuitamente e todos os direitos autorais dos mesmos pertencem a seus respectivos desenvolvedores.

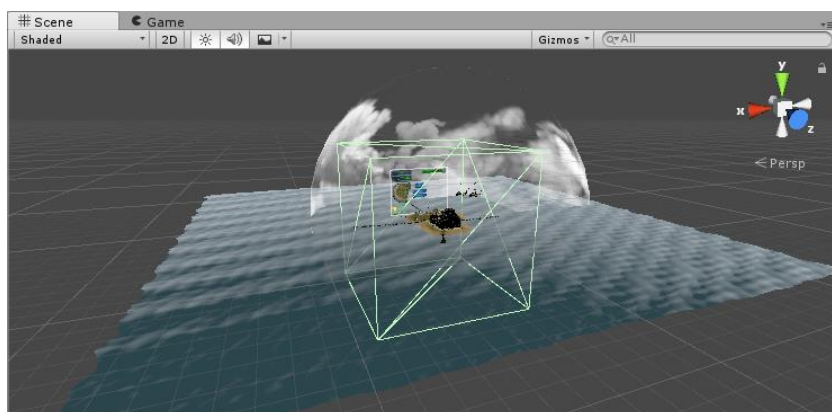
APÊNDICE C: IMAGENS DO AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO DO JOGO

Visão panorâmica do jogo



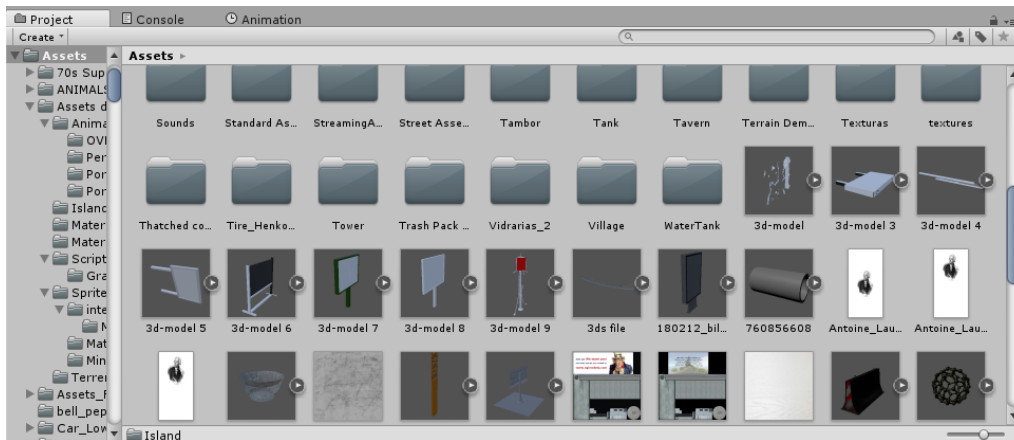
Fonte: o autor, 2018.

Visão panorâmica jogo

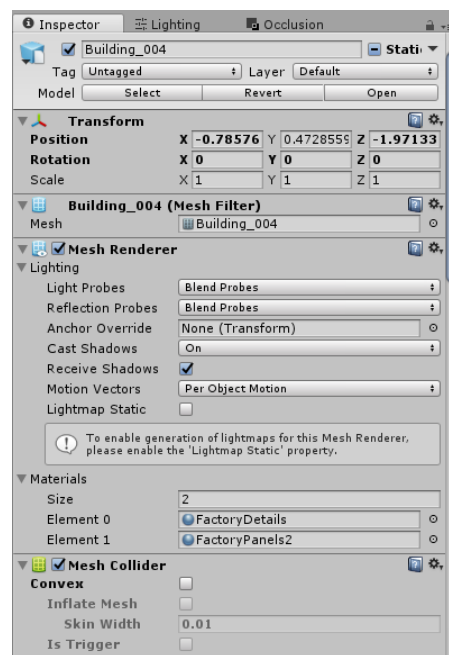


Fonte: o autor, 2018.

Console dos elementos gráficos

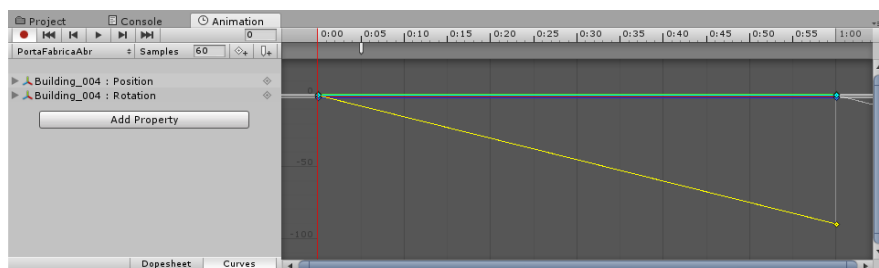


Inspetor dos elementos

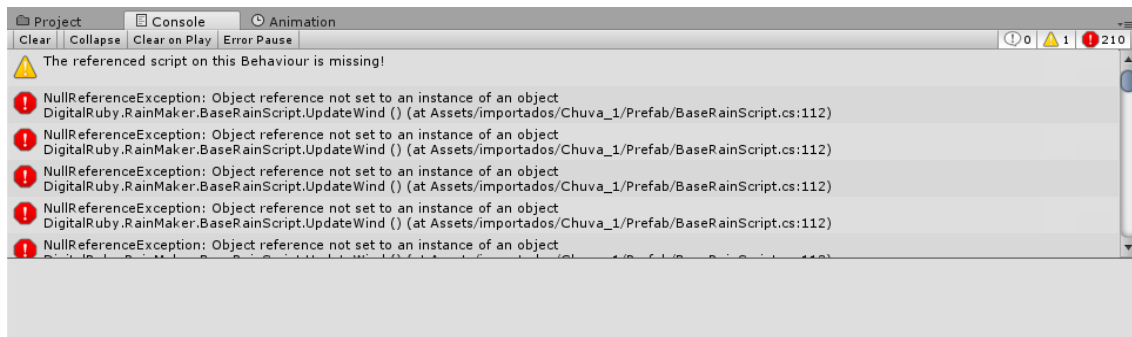


Hierarquia de elementos

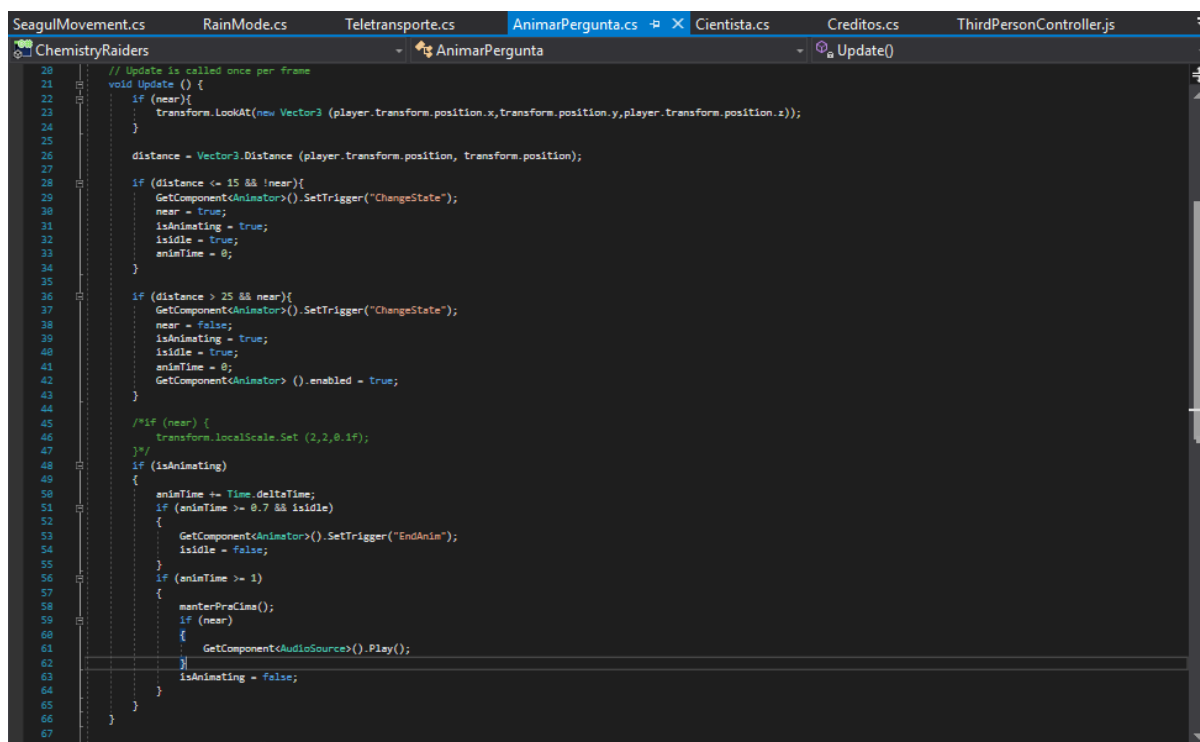
Menu que controla as animações



Console que mostra erros de programação / compilação



Interface de programação em linguagem C# (sharp)

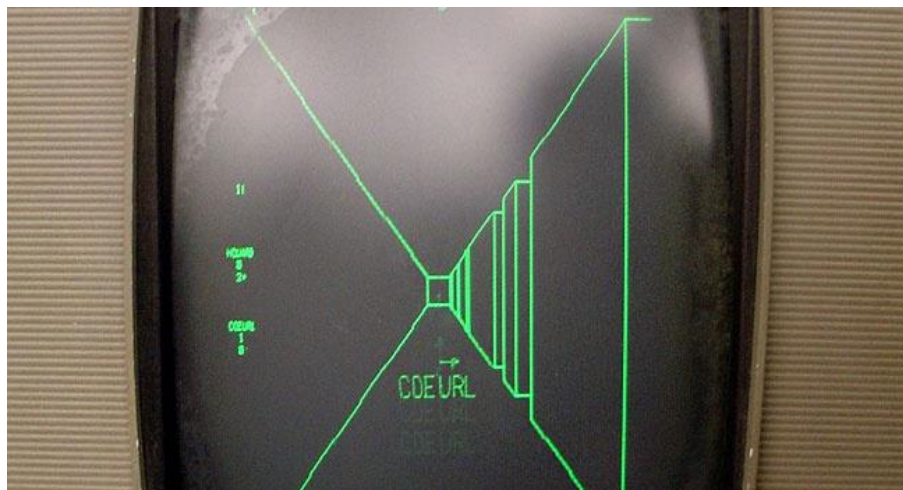




Visão geral do ambiente da *engine* de programação

ANEXOS

ANEXO 1. Maze primeiro jogo 3D



ANEXO 2. Tabela 2.2 da dissertação do Prof. Wildson Santos

TABELA II.2 - Porcentuais das categorias do tema V -
Especificação dos tópicos químicos fundamentais

CATEGORIAS	(%)
1. Propriedades das substâncias e dos materiais.	100
2. Constituição da matéria.	92
3. Transformações químicas.	92
4. Aspectos cinéticos das transformações químicas.	75
5. Aspectos energéticos das transformações químicas.	75
6. Química do carbono.	75
7. Aspectos quantitativos das transformações químicas.	67
8. Aspecto dinâmico das transformações químicas.	58
9. Soluções.	50
10. Ligações químicas.	50
11. Funções químicas inorgânicas.	42
12. Energia nuclear e radioatividade.	33
13. Classificação periódica dos elementos químicos.	25
10. Estudo dos gases.	8

ANEXO 3. Tabela 3.3 da dissertação do Prof. Wildson Santos

CATEGORIAS	(%)
1. Desenvolver a capacidade de participar e tomar decisão criticamente.	92
2. Compreender os processos químicos relacionados com a vida cotidiana.	83
3. Avaliar as implicações sociais decorrentes das aplicações tecnológicas da química.	75
4. Formar o cidadão em geral e não o especialista.	75
5. Ter uma visão do processo de construção do conhecimento científico.	75
6. Ter uma compreensão da realidade social em que está inserido, para que possa transformá-la.	58
7. Desenvolver a habilidade de buscar e interpretar informações.	50
8. Desenvolver o raciocínio lógico.	33
9. Ter um conhecimento mínimo relacionado à tecnologia química.	25
10. Propiciar a formação plena do indivíduo.	17

ANEXO 4. Tabela 4.4 da dissertação do Prof. Wildson Santos

128

TABELA IV.4 - Nove aspectos da abordagem de CTS⁵

Aspectos de CTS	Esclarecimento
1. Natureza da Ciência.	1. Ciência é uma busca de conhecimentos dentro de uma perspectiva social.
2. Natureza da Tecnologia.	2. Tecnologia envolve o uso do conhecimento científico e de outros conhecimentos para resolver problemas práticos. A humanidade sempre teve tecnologia.
3. Natureza da Sociedade.	3. A sociedade é uma instituição humana na qual ocorrem mudanças científicas e tecnológicas.
4. Efeito da Ciência sobre a Tecnologia.	4. A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.
5. Efeito da Tecnologia sobre a sociedade.	5. A tecnologia disponível a um grupo humano influencia grandemente o estilo de vida do grupo.
6. Efeito da Sociedade sobre a Ciência.	6. Através de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.
7. Efeito da Ciência sobre a sociedade.	7. Os desenvolvimentos de teorias científicas podem influenciar o pensamento das pessoas e as soluções de problemas.
8. Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia.	8. Pressões dos órgãos públicos e de empresas privadas podem influenciar a direção da solução do problema e, em consequência, promover mudanças tecnológicas.
9. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência.	9. A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.