

Proposta de Jogo Educacional para o Ensino de Sistemática Filogenética

Helano M. B. F. Portela* Derek R. Martins† Fandson S. Morais‡ José W. P. Luz§

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Departamento de Ciência da Computação, Brasil

RESUMO

A abordagem essencialista no ensino da biologia, onde o conceito é passado de forma simplificada, é um problema notável da educação atual. Isso faz com que os alunos não consigam estabelecer relações entre os conceitos estudados, o que dificulta o entendimento e, conseqüentemente, a aprendizagem do estudante. A Sistemática Filogenética é um método que classifica como as espécies evoluíram ao longo do tempo e é de suma importância para entender a biologia como um todo. A introdução dos jogos eletrônicos na educação pode potencializar e criar condições que favoreçam um aprendizado mais envolvente e significativo, portanto, positivo, modificando o modo como os professores estão habituados a ensinar e os alunos a aprender. Phylogenesis é uma proposta de jogo educativo para servir como ferramenta de auxílio no ensino da biologia, mais especificamente em fundamentos de evolução e sistemática filogenética. Este trabalho apresenta a descrição do design do jogo, a história do jogo, cenário, enredo, temática, desafio principal e desafios secundários. Gameplay, como funciona a mecânica do jogo. Descrição dos personagens e a metodologia usada para idealização das espécies que interagem com o personagem com base nos conceitos biológicos e os fenômenos naturais ou artificiais que as geraram. Por fim, são apresentados os resultados parciais e lições aprendidas no decorrer das etapas realizadas.

Palavras-chave: Educação, Jogos Digitais, Biologia, Filogenética.

1 INTRODUÇÃO

Um problema facilmente verificável no ensino de Biologia é a sua abordagem essencialista, que em grande parte é conflitante com o que é aceito pela comunidade científica. O essencialismo, nessa situação, com conotação memorialística e destituída de abordagem histórica, tendo por objetivo passar o conhecimento de forma simplificada, o que faz com que os alunos não consigam estabelecer relações entre os conceitos estudados, dificultando o entendimento e, conseqüentemente, a aprendizagem do estudante. Assim o ensino de biologia vem se baseando em um paradigma da simplificação e a criação de macetes para memorizar conceitos fragmentados para os vestibulares [8] [15].

Segundo Stephen [17] a biologia evolutiva é uma larga abordagem, bem desenvolvida para a interpretação da diversidade biológica. Parte desse campo estuda como a seleção natural produz a adaptação e a outra parte estuda o que a genealogia e as filogenias nos dizem sobre as relações biológicas. De acordo com a evolução gera-se uma árvore ramificada que descreve as relações entre espécies. A Sistemática Filogenética tenta desvendar a estrutura dessa árvore, a partir do modo que essa relação ocorreu e como ela interferiu na nossa interpretação biológica desses organismos,

*e-mail: helano38@gmail.com

†e-mail: derek.ribeiro@gmail.com

‡e-mail: fandsoncx@hotmail.com

§e-mail: josewilkerluz@ifma.edu.br

o seu ensino é imprescindível para a formação do senso crítico em relação aos conhecimentos adquiridos, utilizando a evolução como uma linha de raciocínio que permite um melhor entendimento da Biologia, visto que, para Bernardi apud Amorim [2], a evolução é a única teoria científica da diversidade biológica. Porém, Amorim [2] relata que seus alunos possuíam algumas dificuldades de entender a construção de matrizes de caracteres, utilizadas para inferir cladogramas.

Para Vieira [6], “A informação adquiriu importância econômica e a revolução tecnológica é um dos fatores fundamentais para as transformações sociais, culturais, políticas e econômicas da atualidade.” Na busca por novas abordagens para o processo de ensino aprendizagem, um meio útil para o ensino das mais diversas áreas é o uso de informática na educação. Para Losso e Sartori [11], a educação foi diretamente atingida por avalanches tecnológicas e teve que se adaptar e se atualizar. Vieira [6] diz que mesmo com as dificuldades enfrentadas no uso de informática na educação no Brasil, a decisão política de implantação da informática no processo educacional é um marco importante para promoção de uma cultura tecnológica entre alunos, educadores e toda a comunidade escolar.

Oliveira Ludwig e Finco [14] relata que, as TICs na escola têm um papel importante na aprendizagem, pois podem auxiliar na prática pedagógica e auxiliar no desenvolvimento de habilidades motoras e cognitivas dos educandos, porém, ressaltam que para evitar a banalização do uso do computador, o planejamento pedagógico deve ser bem estruturado, oferecendo aos educandos uma tarefa ativa e permitindo-lhes o despertar de novos objetivos. Silva, Lazzarotto e Tessari [9] apresentam em seu trabalho, algumas dificuldades dos alunos, decorrentes do uso de informática na educação, como dificuldades em seguir instruções, entre outros, e supõem que essas dispersões são causadas pela diversidade de tarefas realizadas simultaneamente pelos alunos, como exemplo dado pelos autores, verificar e-mail, consultar notas, ler notícias, conversar com os colegas entre tantos outros.

Há características nos jogos que podem auxiliar no processo de ensino aprendizagem. Nesse contexto, consideram-se os jogos digitais educativos como TICs e podem ser usados nas mais diversas áreas do conhecimento. Visando benefícios proporcionados por jogos na educação, este projeto tem por objetivo desenvolver um jogo educacional para auxiliar no entendimento de conceitos básicos de Sistemática Filogenética, estudar o processo de construção de cladogramas através de matrizes de caracteres e contornar alguns problemas decorrentes do uso de informática na educação

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico discutiremos fundamentos importantes de jogos educacionais, biologia e sistemática filogenética, além de trabalhos relacionados.

2.1 Sistemática Filogenética

Amorim [2] divide a Biologia em duas grandes áreas, a Biologia Geral e a Comparada. Segundo o autor, a Biologia Geral explica os processos biológicos, tentando descrever algum deles da forma mais precisa possível. Já a Biologia Comparada analisa características de espécies diferentes, buscando semelhanças e diferenças entre elas, e um de seus grandes objetivos é compreender a teoria da

evolução, visto que a essa é a teoria mais aceita para explicar a diversidade biológica. Guimarães [8] afirma que o pensamento essencialista é simplificador, visto que tal pensamento nega a continuidade entre os seres vivos, representada pelo seu material genético e pela história evolutiva, e por ignorar o papel das interações entre os seres vivos e meio físico na origem da biodiversidade.

Para Rodrigues, Justina e Meglhioratti [12], no contexto de aulas do Ensino Médio, muitas vezes, há o pensamento essencialista nas aulas de Biologia, nas quais não se articulam os aspectos evolutivos com o estudo das estruturas e processos biológicos. Conforme Guimarães [8] o ensino de Biologia vem se baseando em um paradigma de simplificação e criação de técnicas e macetes para memorizar conceitos fragmentados para os vestibulares. [Rodrigues, Justina e Meglhioratti [12], atribuem este fato ao caráter estritamente memorístico que acompanha estas áreas de conhecimento em livros didáticos e na concepção de professores e estudantes, onde essa realidade que deve ser combatida, pois os estudos de Zoologia e Botânica permitem evidenciar a diversidade dos seres vivos, sendo a Sistemática a base para compreender a diversidade e a organização biológica.

Para Guimarães [8], a Sistemática Filogenética permite o entendimento das relações entre os organismos, através de características que em conjunto determinam uma espécie, ou seja, permite identificar uma série de características consistentes que fazem com que um grupo seja válido à luz da teoria evolutiva. No seu trabalho, Guimarães [8] elucidou a metáfora da Árvore Filogenética de Darwin, encontrada no livro *Origem das Espécies*, onde representa a biodiversidade, demonstrando as relações de parentesco entre espécies e seu aumento numérico ao longo do tempo. Guimarães [8] conclui a importância desse tipo de representação na biologia, que pode ser usado como ferramenta para melhor entendimento da biodiversidade. No contexto educacional, seria interessante fazer com que os alunos também entendam como ocorre o processo de construção das Árvores Filogenéticas.

2.2 Jogos na Educação

O uso da informática na educação tem se tornado cada vez mais frequente. Dentre os ramos da informática encontram-se os jogos eletrônicos voltados para a educação. Os jogos em geral, dispõem ferramentas valiosas para potencializar aprendizagem em diversas áreas do conhecimento. No mundo, o mercado de jogos eletrônicos, segundo uma pesquisa da Newzoo, cresce em média 9% ao ano, no Brasil esse mercado tem crescido de 25% a 30% ao ano, sendo um número muito expressivo, principalmente se compararmos os últimos 3 anos, crescendo em média 160%, como explica o diretor geral da Sony Computer Brasil.

Os Jogos criam experiências significativas, e podem impactar de forma positiva na experiência educacional dos indivíduos, pois eles fornecem um contexto para a construção de um sentido mais amplo durante a interação. Tanto nas escolas como em outros ambientes, os jogos digitais potencializam a participação e a motivação dos indivíduos no processo de ensino aprendizagem [7].

Os jogos educacionais possuem muitas vantagens, algumas delas são listadas por Martins e Guimarães [13], como: a adequação às limitações físicas naturais dos usuários, o enriquecimento e manipulação das informações, o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico, o poder de usar o conhecimento adquirido para manipular o ambiente virtual, a possibilidade de o usuário manipular informações através de experiências próximas do real. Para Costa e Ribeiro [5], no ambiente virtual é possível criar a ilusão de mundo que na realidade não existe, através da representação tridimensional para o usuário, têm potencial para propiciar um ambiente de educação como um processo de exploração, descoberta, observação e construção de uma nova visão do conhecimento, oferecendo ao aprendiz a oportunidade de melhor compreensão do objeto de estudo. Além disso, essa tecnologia tem

potencial de colaborar no processo cognitivo do aprendiz, proporcionando não apenas a teoria, mas também a experimentação prática do conteúdo em questão.

Porém, seu uso ainda recebe certa resistência por parte de instituições e professores, conforme abordam Hilderbrand [4] e Martins e Guimarães [13], onde, pelo lado das instituições, a dificuldade está na característica instrucional do processo de ensino aprendizagem em vigor e, pelo lado dos professores, a dificuldade está na resistência que possuem e o preconceito que observam com os jogos, principalmente, com os jogos digitais e em função de suas características lúdicas, de entretenimento e por serem considerados como sendo atividade desvinculada da realidade, além de serem restritas a poucas instituições de ensino. Em uma análise ampla, nota-se que isso ocorre devido à disparidade entre o estado da arte dessas tecnologias e o tempo necessário de amadurecimento para ser implantada de maneira efetiva, ou seja, disponibilizada de maneira fácil e com custo acessível.

2.3 Trabalhos Relacionados

O trabalho de Souza [16] discorre sobre Calangos, um jogo educacional voltado para o ensino de ecologia e evolução. O cenário no qual o jogo Calangos se passa é o das dunas do rio São Francisco, região com clima quente, localizado no semiárido baiano. O principal objetivo do jogador é controlar um ou uma colônia de lagartos, com o desafio de lutar por sua sobrevivência, obedecendo às características da espécie em um ambiente hostil, chegando à idade adulta e garantindo a reprodução, vivenciando todos os fatores aos quais estão submetidos, tais como: clima, disponibilidade de alimentos e predadores.

Na implementação foram utilizados a linguagem de programação C++ e o motor de jogos Panda 3D, para suporte às funcionalidades básicas de um jogo 3D, como renderização e controle de eventos entre outras. O jogo Phylogenesis se diferencia pelo fato de ser um jogo 2D, e abordar outro tópico dentro da Biologia, a Sistemática Filogenética.

3 PHYLOGENESIS

Este tópico apresenta o caminho escolhido para se chegar ao fim proposto pela pesquisa. Durante a elaboração do trabalho, foram levantadas algumas metodologias para desenvolvimento de jogos digitais, entre elas podemos citar Vianna [18] e Albuquerque e Fialho [1].

3.1 Conceito do Jogo

Phylogenesis é um jogo que busca transmitir conceitos de biologia e evolução das espécies, a partir da contextualização desses conceitos no ambiente do jogo. O foco principal está na representação dos eventos determinantes para o processo de especiação (mudanças em um grupo que caracterizam uma nova espécie) e da disseminação da biodiversidade, como os animais se transformam ao decorrer do tempo. Na maioria das vezes o personagem principal é colocado na posição de predador, evidenciando para o jogador, por exemplo, como as características dos animais influenciam no processo de seleção natural. Têm gráficos em duas dimensões (2D) e sua jogabilidade se assemelha a clássicos como Mário, mas também envolve raciocínio.

3.2 Plataforma

O jogo se dirige a jovens estudantes do ensino médio e até mesmo alunos dos primeiros períodos de graduação em ciências biológicas. O jogo está sendo desenvolvido inicialmente para desktop, e terá como próxima etapa, a adaptação para dispositivos móveis.

3.3 Narrativa

O personagem principal, Cláudio, é um jovem de 17 anos, mora com sua família na Serra dos Alpes (Nome Fictício), uma região

de planaltos, no nordeste do Brasil. Seu pai, Doutor Ítalo, um biólogo muito famoso, desapareceu misteriosamente enquanto coletava informações de espécies nativas da fauna brasileira, para que fossem classificadas. A motivação para que Cláudio realize os objetivos propostos no jogo, é o desaparecimento do seu pai.

3.4 O ambiente do Jogo

O ambiente do jogo é baseado na fusão dos aspectos ambientais e climáticos do Brasil e os exemplos de evolução citados na literatura como o das mariposas de Manchester [10]. Neste exemplo usamos uma cidade fictícia com a existência de árvores e vegetação rasteira, além disso, solo rochoso; nas áreas urbanizadas existe uma fábrica e todos os aspectos de uma vida urbana moderada, semelhante as cidades de médio porte existentes no Brasil. Foi desenvolvido o mapa das duas primeiras fases, que abordaram os conceitos de cladogênese e especiação, o conjunto das duas são responsáveis por transmitir esses conceitos, a segunda fase complementa a primeira.

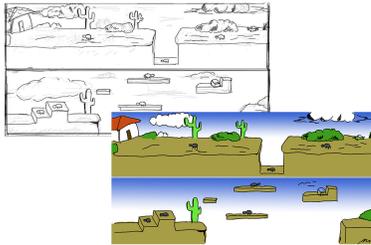


Figura 1: Protótipo do cenário da primeira fase .

3.5 Personagens

3.5.1 Principal

Cláudio, tem como objetivo central encontrar seu pai, para isso terá que explorar ambientes, podendo capturar e derrotar espécies encontradas através de ações simples, estando na maioria das vezes na posição de predador.

3.5.2 Espécies

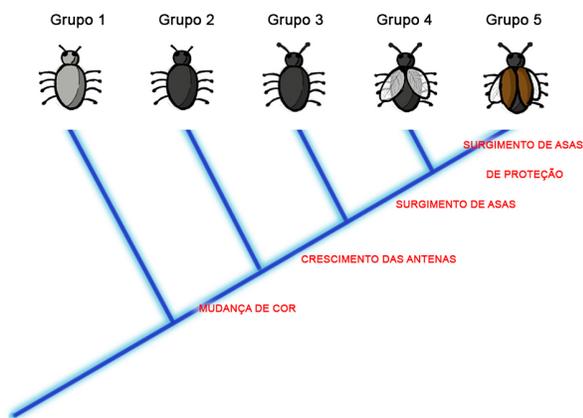


Figura 2: Cladograma dos Grupos.

As espécies e suas interações com o personagem principal são fundamentais para a transmissão dos conceitos. Foram formulados cinco grupos a serem trabalhados na etapa inicial. Todas as características fenotípicas foram pensadas para corresponderem às interações do personagem no decorrer do jogo, com fundamentação

em fenômenos bem conhecidos no ensino de biologia. Como por exemplo, a mudança de cor que define a diferença entre o grupo 1 e o grupo 2 mostrados na figura 2, baseado no fenômeno das mariposas de Manchester [10]. Todas as diferenças encontradas no cladograma (representação gráfica do grau de parentesco entre as espécies, considerando a ancestralidade) da figura 2, são explicadas pela relação de predação entre o personagem e as espécies e, a partir dessas diferenças, serão repassados conceitos como apomorfia, plesiomorfia que definem relações de parentesco entre grupos a partir dos caracteres semelhantes e diferentes.

3.6 Jogabilidade

Existem dois Objetivos Principais: responder perguntas encontradas nos pergaminhos dispostos no decorrer da fase, e chegar ao final da fase com uma determinada quantidade de espécies capturadas.

Para conseguir cumprir o primeiro objetivo, o jogador terá restrições e os pergaminhos que estão na fase, contêm dicas e conceitos. A cada pergaminho capturado o jogador terá uma quantidade somada a sua barra de conhecimento, que simboliza o nível de conhecimento do player. As perguntas, que também podem ser encontradas nos pergaminhos, só podem ser respondidas com um determinado nível mínimo da barra de conhecimento preenchido e existirão três níveis de perguntas, sendo elas de múltipla escolha. Quando o player for tocado por alguma das espécies, ele perderá uma quantidade da sua barra de conhecimento.

Para capturar o animal, o player terá algumas possibilidades. Exemplo: na primeira, na segunda e na terceira fase, ele captura as espécies com as próprias mãos, a partir do comando do player; já na quinta fase, terá que saltar em cima do animal para capturá-lo. Essas mudanças na mecânica de captura são compatíveis com o comportamento e características dos animais.

3.7 Interface, controle e mecânica.

Quanto à interface e o controle, usamos como base os jogos de plataformas consagradas, podendo ser controlados a partir do teclado e do joystick na versão para PC, ao desenvolver o design, optamos por um adaptável aos dispositivos (touch Screen), onde os comandos serão implementados como botões na tela e todas as transmissões de informações serão feitas diretamente através da tela, sem a necessidade de botões de atalho. O menu é simplificado, com opções de reinício de fase, mapa do jogo, ajuda, e sair. O jogo ficará suspenso enquanto o menu estiver aberto.

3.8 Game Flow

No início do jogo, Cláudio está em seu quarto, nesse momento é apresentada a descrição do personagem e a introdução no contexto da história. Itens gráficos indicam como controlar o personagem até fora do quarto. Na cena seguinte, no corredor, ocorre um diálogo entre Cláudio e sua mãe, onde ela demonstra sua tristeza e preocupação com a ausência do seu marido. Em seguida Cláudio entra no laboratório de seu pai, nesse momento é apresentado tudo que se sabe sobre o desaparecimento, detalhes do laboratório e uma imagem do cladograma representado na figura 2, junto com isso um texto que relata o trabalho do biólogo e pistas do que Cláudio deve fazer para tentar encontrá-lo.

Em seguida será apresentado um mapa, onde estão representadas as áreas das fases, cada fase se passa em uma cidade diferente, nas cidades 1 e 2 existem exemplares do grupo 4. As duas cidades são separadas por um rio, assim Cláudio vai iniciar o jogo na cidade 1, capturando exemplares do grupo 4. O personagem deverá colher os pergaminhos e responder as perguntas, os primeiros pergaminhos que Cláudio encontrar darão informações do que ele deve fazer para passar de fase, ele deverá ter uma quantidade mínima de pergaminhos para poder responder as perguntas e capturar os animais. O mesmo ocorre na segunda fase, com exceção de algumas instruções iniciais que não estarão nos pergaminhos.

3.9 Aspectos Educacionais

Ao final da segunda fase, será apresentada uma relação das espécies capturadas por Cláudio na primeira e segunda fase e como a ação dele como predador foi determinante para a mudança da característica fenotípica daquele grupo, que juntamente com a separação geográfica dos exemplares (cladogênese) ocorreu uma especiação. As fases seguintes compartilham do mesmo princípio, mas à medida que Cláudio passar de fase e a quantidade de grupos explorados por ele for maior, outros conceitos como apomorfia, plesiomorfia, simpliomorfia, sinapomorfia e reversão, vão ser transmitidos para o jogador. As respostas das perguntas feitas para o jogador através dos pergaminhos, serão armazenadas, podendo ser usadas para diagnóstico pelo professor.

4 DISCUSSÕES

Um dos desafios encontrados foi a adaptação do conteúdo da disciplina a uma narrativa e mecânica atraentes, capazes de envolver o estudante. O uso de um contexto emotivo foi usado para a construção da narrativa, que relatou o desaparecimento e o perfil do pai do personagem, servindo para introduzir a biologia no contexto do jogo. O processo de desenvolvimento da mecânica e do fluxo do jogo se deu de forma mais complexa, devido a subjetividade do fenômeno que se desejava explicar. Porém, uma solução encontrada foi o uso de exemplos descritos em livros didáticos, pois geralmente são mais simples e com poucas variáveis envolvidas. Dessa forma, substituindo oportunamente o indivíduo contido nesses exemplos, pelo personagem principal, conseguimos inserir o jogador no contexto.

O jogo está em fase de desenvolvimento, o Software Unity 3D com a linguagem C#, estão sendo utilizadas para a construção. A escolha dessa ferramenta se deu pelo fato de possibilitar um desenvolvimento mais ágil e com uma grande quantidade de material de apoio existente. Após a fase de desenvolvimento iniciaremos as avaliações do jogo, que se darão da seguinte forma: definição de termo de consentimento, questionário pré-teste, onde devemos coletar informações do indivíduo que possam influenciar na sua interação com o jogo, tais como, características pessoais, experiências anteriores com tecnologia e conhecimento sobre o assunto.

Após a utilização do jogo, ainda na fase de avaliação, será aplicada uma entrevista pós-teste, para coletar informações sobre opinião e aprendizado dos participantes. Durante a avaliação, os alunos receberão instruções sobre as tarefas a serem realizadas. Os avaliadores deverão cronometrar o tempo necessário que o indivíduo levará para executar a tarefa. O ambiente de teste será um laboratório de informática. Antes da aplicação, será realizado um teste-piloto, para diagnosticar possíveis problemas e verificar se o planejamento foi eficiente. E, na aplicação, os avaliadores deverão garantir que todos os participantes tenham recebido as mesmas instruções [3].

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma proposta de jogo educacional com a temática voltada para as ciências biológicas, biodiversidade e evolução das espécies, com a finalidade de tornar o ensino desses tópicos mais efetivo e atrativo. A construção de um jogo, em particular um jogo educacional, é um trabalho árduo, no entanto muito motivador. Trabalhar com gamificação de um contexto científico envolve um alto grau de complexidade. Além disso, deve-se considerar o fato de que é o primeiro contato da equipe com a criação de jogos, o que torna esse trabalho ainda mais desafiador.

O uso do GDD (Game Design Document) foi essencial para a etapa de design. Atualmente o jogo realiza a movimentação do personagem, inteligência de movimentação dos animais, interação do personagem com os pergaminhos, isso implementado em um protótipo da primeira fase. Para tornar a utilização do jogo viável, é

necessário completar alguns aspectos de pontuação, implementação da arte final, sonorização e adicionar as funções de interface com o usuário no HUD. A partir daí será feita a avaliação da primeira fase do jogo e, dessa forma, o resultado poderá indicar falhas que podem ser evitadas na implementação das próximas fases.

REFERÊNCIAS

- [1] R. Albuquerque and F. Fialho. Concepção de jogos eletrônicos educativos: Proposta de processo baseado em dilemas. *VIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, 8, 2009.
- [2] D. Amorim. *Fundamentos da sistemática filogenética*. Holos, 2002.
- [3] S. D. J. Barbosa. *Interação humano-computador*, volume 384. Elsevier, 2010.
- [4] R. S. Contreras, J. L. Eguía, H. R. Hildebrand, et al. Aprendizagem baseada em jogos digitais entrevistas com professores que utilizam jogos digitais em suas práticas educativas. 2013.
- [5] R. M. Costa and M. W. Ribeiro. Aplicações de realidade virtual e aumentada. *Porto Alegre: SBC*, 2009.
- [6] M. de Freitas Vieira. 25 anos de informática na educação brasileira: avanços e retrocessos. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, volume 1, pages 1596–1599, 2011.
- [7] M. L. Fardo. A gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. *RENOTE*, 11(1), 2013.
- [8] M. A. Guimarães. Cladogramas e evolução no ensino de biologia. 233f. Master's thesis, Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência)-Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2005.
- [9] R. T. Júlia M. C. da Silva, Lissandra L. Lazzarotto. O ensino de informática básica para as gerações x, y e z. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, volume 1, pages 1398–1401, 2011.
- [10] S. Linhares and F. Gewandzsnajder. *Biologia hoje*. São Paulo. Ed. Ática, 2003.
- [11] C. R. C. Losso and A. Sartori. Novas configurações da comunicação na sociedade mediada pelas tic e os reflexos nos ecossistemas educativos. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, volume 1, pages 1572–1575, 2011.
- [12] F. A. M. Marciel Elio Rodrigues, Lourdes Aparecida Della Justina. O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(2), 2011.
- [13] V. F. Martins and M. Guimarães. Desafios para o uso de realidade virtual e aumentada de maneira efetiva no ensino. In *Anais do Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação*, pages 100–109, 2012.
- [14] A. M. Oliveira, L. Ludwig, and M. D. Finco. Proposta pedagógica do uso das tics como recurso interdisciplinar. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, volume 1, pages 1334–1341, 2011.
- [15] C. M. D. Santos and B. Klassa. Despersonalizando o ensino de evolução: ênfase nos conceitos através da sistemática filogenética. *Educação: Teoria e Prática*, 22(40):62–80, 2012.
- [16] A. Souza, C. Bezerra Segundo, T. Lima, A. Apolinário Junior, and A. Loula. Calangos: O desenvolvimento de um jogo educacional para o ensino de ecologia e evolução. *Anais da X Escola Regional de Computação Bahia-Alagoas-Sergipe*, 2010.
- [17] S. C. Stearns and R. F. Hoekstra. *Evolução: uma introdução*, volume 379. Atheneu, 2003.
- [18] Y. Vianna, M. Vianna, B. Medina, and S. Tanaka. Gamification inc.: como reinventar empresas a partir de jogos, 2013.