

Modelo de Simulação Computacional para o estudo sobre Cadeia Alimentar

Computer Simulation Model for the study of the Food Chain

Modelo de Simulación por Computador para el estudio de la Cadena Alimentaria

Recebido: 11/09/2022 | Revisado: 21/09/2022 | Aceitado: 22/09/2022 | Publicado: 29/09/2022

Mônica Martins da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3394-0061>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: monicamartins_br@hotmail.com

José Luiz de Souza Pio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5864-8983>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: josepio@icomp.ufam.edu.br

Resumo

Este trabalho apresenta a aplicação de um modelo de simulação computacional para minimizar as dificuldades dos professores em mostrar as ações naturais que ocorrem na cadeia alimentar que dificultam o processo de ensino e aprendizagem. O uso de modelos de simulações computacionais no ensino de Ecologia para o ensino fundamental mostra-se uma ferramenta inovadora, promovendo a aproximação entre alunos e seu objeto de conhecimento. O objetivo foi criar uma estratégia de ensino utilizando cenários virtuais com o intuito de estimular a habilidade para construção de conceitos da temática cadeia alimentar. Para descrever a dinâmica dos sistemas biológicos desenvolveu-se um programa de simulação computacional com base no modelo presa-predador de Lotka-Volterra. A coleta de dados foi realizada qualitativamente mediante a análise das respostas de experimentos e situações virtuais. A abordagem pedagógica é desenvolvida com base no construtivismo de Jean Piaget. Sob esta ótica, o modelo de simulação se apresenta como um instrumento de apoio ao ensino de Ecologia, auxiliando na aprendizagem de novos conceitos. O local de estudo foi uma escola municipal de Ensino Fundamental, com alunos do 6º ano, da cidade de Manaus/AM. Com base nos resultados obtidos, percebeu-se que a simulação contribui para a construção do conhecimento e fornece um bom suporte para o aprendizado.

Palavras-chave: Ensino de Ecologia; Cadeia alimentar; Simulação.

Abstract

This work presents the application of a computer simulation model to minimize the teachers, difficulties in showing the natural actions that occur in the food chain that hinder the teaching and learning process. The use of computer simulation models in the teaching of Ecology for elementary education proves to be an innovative tool, promoting the approximation between students and their object of knowledge. The objective was to create a teaching strategy using virtual scenarios in order to stimulate the ability to build concepts of the food chain theme. To describe the dynamics of biological systems, a computer simulation program was developed based on the prey-predator model of Lotka-Volterra. Data collection was performed qualitatively through the analysis of responses from experiments and virtual situations. The pedagogical approach is developed based on Jean Piaget's constructivism. From this point of view, the simulation model presents itself as an instrument to support the teaching of Ecology, helping in the learning of new concepts. The place of study was a municipal elementary school, with 6th grade students, in the city of Manaus/Am. Based on the results obtained, it was noticed that the simulation contributes to the construction of knowledge and provides a good support for learning.

Keywords: Teaching Ecology; Food chain; Simulation.

Resumen

Este trabajo presenta aplicación de un modelo de simulación por computadora para minimizar las dificultades de los docentes para mostrar las acciones naturales que ocurren en la cadena alimenticia que dificultan el proceso de enseñanza y aprendizaje. El uso de modelos de simulación por computadora en la enseñanza de la Ecología para la educación primaria demuestra ser una herramienta innovadora, favoreciendo la aproximación entre los estudiantes e su objeto de conocimiento. El objetivo fue crear una estrategia didáctica utilizando escenarios virtuales con el fin de estimular la capacidad de construcción de conceptos del tema cadena alimentaria. Para describir la dinámica de los sistemas biológicos, se desarrolló un programa de simulación por computadora basado en el modelo presa-depredador de Lotka-Volterra. La recolección de datos se realizó cualitativamente a través del análisis de respuestas de experimentos y situaciones virtuales. El enfoque pedagógico se desarrolla a partir del constructivismo de Jean Piaget. Desde este punto de vista, el modelo de simulación se presenta como un instrumento de apoyo a la enseñanza de la Ecología, ayudando en el aprendizaje de nuevos conceptos. El lugar de estudio fue una escuela primaria

municipal, con alumnos de 6° grado, en la ciudad de Manaus/Am. Con base en los resultados obtenidos, se percibió que la simulación contribuye a la construcción del conocimiento y proporciona un buen soporte para el aprendizaje.

Palabras clave: Enseñanza de la Ecología; Cadena alimentaria; Simulación.

1. Introdução

A cadeia alimentar é uma maneira de expressar as relações alimentares entre os diversos organismos de um ecossistema. Caracteriza-se como um processo de troca, responsável por sustentar e equilibrar o ecossistema, em que cada ser vivo consegue obter os nutrientes necessários para sua sobrevivência (Bizzo, 2013 e Ricklefs, 2015). Sempre que ocorrer algum desequilíbrio na cadeia alimentar, como a redução de uma espécie, haverá um desequilíbrio do ecossistema como um todo. Compreender as dinâmicas que envolvem as relações alimentares entre os seres vivos é uma etapa importante no ensino de Ecologia.

Embora relevante, os conceitos são geralmente apresentados nos últimos anos do ensino fundamental sem destacar a sua importância para a manutenção da vida e para o equilíbrio ecológico entre as populações (Bizzo, 2013; Ferreira, 2014; Aguiar *et al.*, 2014; Petrosino *et al.*, 2018). Os conceitos envolvidos são dificilmente compreendidos e impactam diretamente na construção dos aspectos relacionados às sensações e às percepções. Descrever, por exemplo, como a extinção de uma determinada população leva a diminuição de indivíduos que se alimentam dela e ao consequente aumento do número de organismos que serviam de alimento para ela, envolve considerável grau de dificuldade, devido, principalmente, ao problema de se construir relações com a realidade e a inviabilidade de acompanhamento e visualização dos fenômenos na natureza. (Ferreira, 2014 e Ricklefs, 2015).

O objetivo deste trabalho foi criar uma estratégia de ensino utilizando cenários virtuais com o intuito de estimular a habilidade para construção de conceitos da temática cadeia alimentar. A estratégia de ensino está associada à criação de um modelo de simulação computacional da cadeia alimentar e ao desenvolvimento de atividades exploratórias que visam integrar à simulação ao processo de ensino e aprendizagem, aliando conteúdo e objetivo, de maneira a propiciar ao aluno o desenvolvimento de habilidades para construção de conceitos sobre a cadeia alimentar.

A simulação computacional permite que os alunos experimentem ideias e dominem conceitos para aplicá-los e compreendê-los em situações reais (Paz *et al.*, 2006 e Bergan-Roller *et al.*, 2017). Para suprir a falta de atividades práticas em ecologia, (Alves *et al.*, 2014), desenvolveram uma ferramenta tecnológica para o estudo do controle biológico, simulando a relação entre pragas, predadores e plantas. O uso de modelos executados em computadores para simulação de eventos ecológicos tem sido uma alternativa para a investigação das relações predatórias no ambiente natural e desequilíbrios nos ecossistemas. O modelo de simulação utilizando neste trabalho foi desenvolvido com base no modelo presa-predador de Lotka-Volterra.

O modelo de Lotka-Volterra tem um papel muito importante no estudo de sistemas ecológicos, pois foi o primeiro modelo proposto para tentar compreender como duas espécies estão relacionadas na dinâmica entre presas e predadores (Sobrinho, 2015). Este modelo descreve a dinâmica dos sistemas biológicos, especialmente quando duas espécies interagem como presas e predadores, sem considerar competição entre indivíduos da mesma espécie.

A estratégia de ensino possibilita o desenvolvimento de práticas, planos e metodologias para o uso em sala de aula favorecendo a compreensão de como ocorre a construção do conhecimento científico do aluno do ensino fundamental pelo uso de simulações. Para Morais e Reis (2022), métodos alternativos de ensino e avaliação tendem, portanto, a promover o aumento do envolvimento dos estudantes, além de proporcionar, ao professor, um meio de avaliação simultâneo e contínuo. A utilização de ferramentas para simulações são muito úteis, pois ajudam o aluno compreender modelos científicos da natureza dando a possibilidade de reproduzir experimentos caros ou perigosos, situações de alta complexidade ou fictícias (Salles e Melo, 2017).

A pesquisa se apropria de um modelo de ensino baseado em simulação computacional na perspectiva construtivista, para compreender a maneira como os alunos do 6º ano do ensino fundamental se relacionam como conhecimento ecológico. Um papel mais ativo dos estudantes durante as aulas é importante não apenas pela possibilidade de despertar maior interesse, mas também por poder proporcionar melhores resultados quanto a sua aprendizagem (Sousa *et al.*, 2015).

2. Metodologia

O presente trabalho, que trata de maneira geral, de uma sequência estruturada de atividades necessárias para a construção do conhecimento, aplicação e avaliação das atividades medidas por simulação computacional. Trata-se de um estudo de caso, descritivo, exploratório e bibliográfico, no qual se tem como problemática, a saber, sobre a construção do conhecimento através de simulação computacional no ambiente escolar. Supõe-se que, ao utilizar as metodologias ativas em sala de aula, é possível tornar as aulas mais atrativas e dinâmicas, envolvendo os alunos no processo de aprendizagem.

Portanto, foi adotado como modalidade de pesquisa o estudo de caso, contemplando as fases de planejamento, concepção, aplicação, análise e avaliação de um modelo de ensino, o qual tem como ferramenta didática tecnológica uma simulação computacional guiada por um roteiro de atividades. De acordo com Yin (2005), o estudo de caso é adequado quando se pretende realizar uma investigação empírica que permite o estudo de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

Optou-se por desenvolver um modelo de simulação computacional da cadeia alimentar para auxiliar na construção de conceitos ecológicos. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em todas as competências gerais para as disciplinas do Ensino Fundamental apresenta o desenvolvimento e utilização das tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas práticas sociais e escolares, bem como a compreensão dessas tecnologias, visando a construção de conhecimentos (Brasil, 2018).

Para aplicações experimentais com o uso do modelo, construímos um roteiro de atividades com base nos estudos de Piaget, o autor destaca que o sujeito responde a estímulos externos agindo sobre eles para construir e organizar o seu próprio conhecimento, de forma elaborada. Para Piaget (1896), conhecer não consiste, com efeito, em copiar o real, mas em agir sobre ele e transformá-lo, de maneira a compreendê-lo em função dos sistemas de transformação aos quais estão ligadas estas ações.

2.1 Desenvolvimento do Modelo de Simulação Computacional

A simulação computacional foi desenvolvida com o ambiente *NetLogo*, específico para o desenvolvimento de modelos que representam fenômenos naturais e sociais baseadas múltiplos agentes. O ambiente disponibiliza ferramentas bem sofisticadas para a edição de formas, caracterização do comportamento dos agentes, descrição da dinâmica do sistema, comunicação em rede e interfaces gráficas. O *NetLogo* é um ambiente multiplataforma escrito na linguagem de programação Java. Para o desenvolvimento do modelo utiliza-se a linguagem de programação provida pelo *NetLogo*, uma variação do Logo para apoiar execução simultânea e modelagem multiagentes (Camargo *et al.*, 2014).

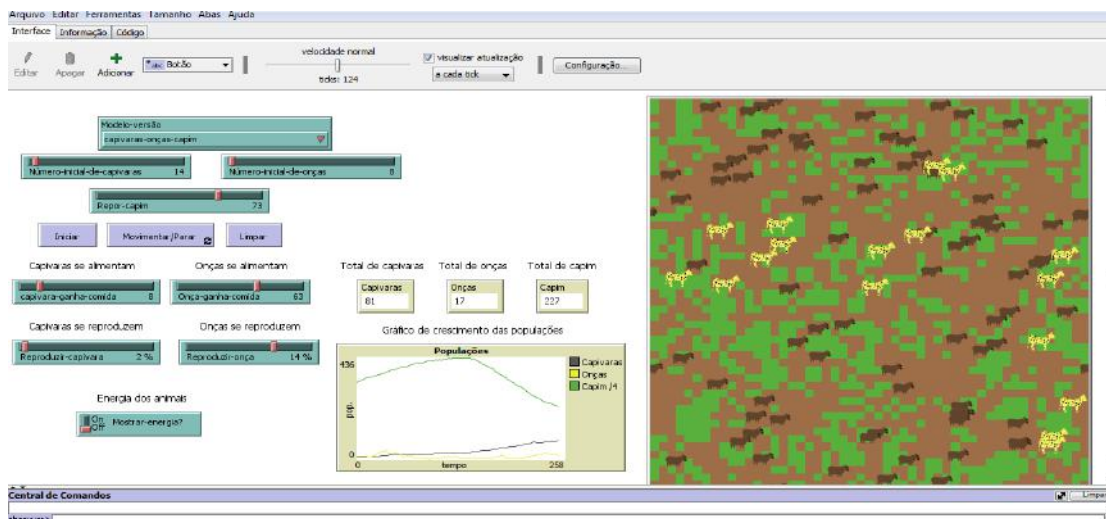
Uma grande vantagem do *NetLogo* é que ele permite a autoria de novos modelos ou a modificação de modelos existentes. Isso viabilizou a utilização do modelo presa-predador já existente no ambiente para a adequação do modelo desenvolvido, tomando como base os conceitos relacionados à cadeia alimentar que frequentemente ilustra os livros didáticos de ciências e biologia. A dinâmica do sistema foi descrita por meio da interação entre duas espécies que habitam um determinado espaço ecológico: a onça-pintada, que é o maior felino sul-americano e está no topo da cadeia alimentar, e a capivara, animal herbívoro que tem como predador a onça-pintada (Bizzo, 2013).

Todos os parâmetros e constantes (como as taxas de vida e morte das espécies) do modelo são caracterizados. Para

ambas as espécies (os agentes do modelo) são atribuídas parcelas de energia, oriundas do capim para as capivaras e das próprias capivaras para as onças, de tal forma que quando a energia for reduzida a zero as espécies poderão morrer. A predação ocorre quando uma onça encontra uma capivara. Esse processo é inserido no modelo pela definição de uma taxa de predação e pela caracterização da eficiência da predação. Também foram criados alguns procedimentos que possibilitam a reprodução das espécies permitindo a tanto a reposição das espécies como a do capim no ambiente.

O usuário começa a simulação em um ecossistema inicial e conforme o desenrolar da simulação, as espécies vão se relacionando numa dinâmica de consumidor-recurso. O usuário interage com o modelo controlando o que ocorre no ambiente através dos botões de comando e botões para mudar os números iniciais de espécies no cenário. Os resultados são apresentados em animações da movimentação das espécies. Na interface gráfica da simulação (Figura 1) também é possível controlar a velocidade dos movimentos dos agentes para uma melhor visualização

Figura 1: Interface do modelo de simulação com os animais no ambiente.



Fonte: Autoria própria (2022).

A simulação da cadeia alimentar apresenta uma interface gráfica amigável, como mostra a imagem acima, o usuário pode ajustar diversos parâmetros da simulação, o número inicial de predadores e o número inicial de presas. Os resultados são apresentados em animações da movimentação das espécies em gráficos de evolução. Conforme Luiz (2020), a adaptação de novas práticas tecnológicas de ensino visa melhorar a qualidade, explorando a aplicação de imagens, movimentos, músicas e artes, moldando um universo imaginário transposto sobre a realidade que será trabalhada no conteúdo em sala de aula.

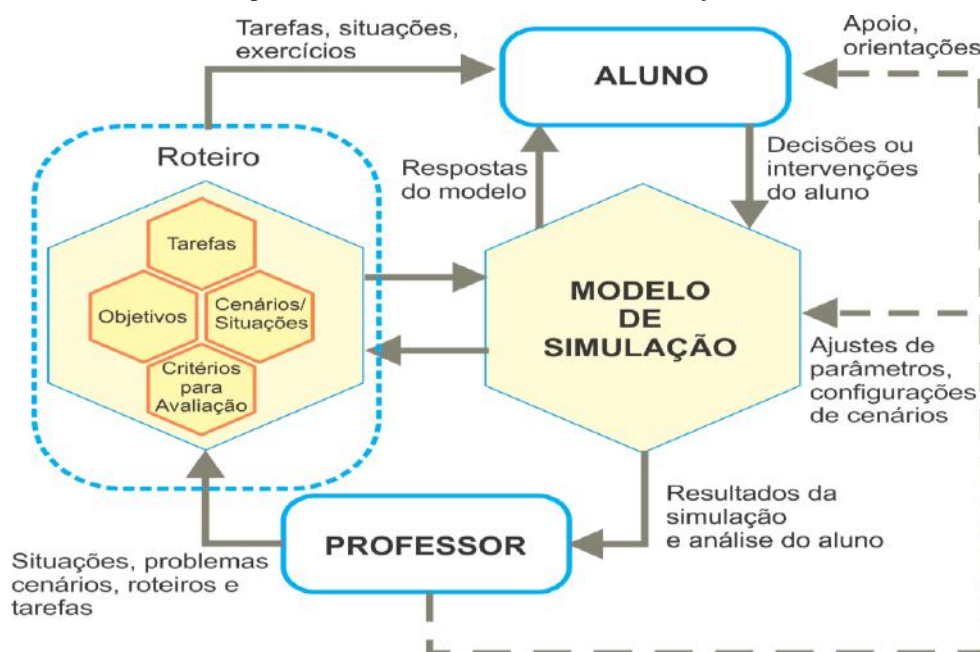
2.2 Caracterização da Estratégia de Ensino

A estratégia desenvolvida está fundamentada em um modelo de ensino que usa como base a simulação computacional. Um modelo de ensino é uma estrutura funcional que agrega um programa que prevê os objetivos, situações de aprendizagem, atividades a realizar e os critérios de avaliações com o modelo de simulação. Esse conjunto de atividades e situações é organizado em estratégias logicamente consistentes com um conjunto de pressupostos sobre o modo por meio do qual os alunos interagem com a simulação, convenientemente dispostas em forma de um roteiro.

Durante a elaboração do roteiro de atividades, buscou-se organizar as atividades privilegiando o eixo temático Vida e evolução, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) prevê que este eixo temático engloba o estudo de tudo que se relaciona

com seres vivos, suas características, necessidades e interações entre os seres vivos (Brasil, 2018). Depois de definidas as tarefas e feito o planejamento geral de um tema ou tópico de ensino, o professor cria o cenário. O modo de trabalho na sala de aula, a forma como é negociada com os alunos a resolução das tarefas, os papéis assumidos pelo professor e pelos alunos, tudo isso vai ter uma influência enorme nas aprendizagens que irão ter lugar. Selecionando boas tarefas, o professor dá um passo importante para criar efetivas oportunidades de construção de conhecimento. A arquitetura geral do modelo de ensino está ilustrada na Figura 2 mostrada a seguir.

Figura 2: Arquitetura do modelo de ensino baseado em simulação. As setas traçadas representam interações indiretas entre o professor, estudante e o modelo de simulação



Fonte: Autoria própria (2022).

O roteiro é estruturado no formato de uma sequência didática pelo professor. Os objetivos são traçados para cada atividade proposta, visando maior entendimento e desenvolvimento de habilidades por parte do estudante e para que se dê efetivamente a assimilação dos conceitos propostos no decorrer do processo de interação entre o estudante e o modelo de simulação. Na concepção dos objetivos, o professor deverá descrever todos os recursos instrucionais necessários, inclusive a indicação de material complementar a atividade, como o uso de gráficos ou tabelas com dados sobre as espécies e o ambiente. De acordo com Santos *et al.*, (2018), a orientação efetiva do processo de ensino e aprendizagem depende da sistematização do trabalho do professor, por meio da seleção de métodos de ensino e estratégias didáticas de acordo com os conteúdos de aprendizagem.

Por meio da construção do cenário é que o professor orienta a direção dos conteúdos e conceitos a serem desenvolvidos, visando, principalmente, o desenvolvimento de habilidades específicas pelo estudante, convenientemente definidas nos objetivos. A construção dos cenários também viabiliza uma forma de interação do professor com o estudante por meio de ações que favoreçam a motivação, questionamentos e a proposição de problemas. No caso da cadeia alimentar, o professor pode definir cenários, por exemplo, onde o número de predadores seja maior que o número de presas e instigar os estudantes a verificar como essa configuração afeta os conceitos relacionados à cadeia alimentar naquele espaço simulado. A

definição de um conjunto de tarefas que propiciem diversos desafios aos estudantes faz com eles se tornem receptores ativos e atuantes, que respondem com suas ações o que lhe são proposto e produzindo conhecimentos.

Os roteiros e as atividades e situações propostas podem estar organizadas em uma sequência didática onde o professor cria atividades que favoreçam o envolvimento do aluno em situações problemáticas, nas quais ele deve fazer anotações, prever consequências e tomar decisões. O estabelecimento desses caminhos proporciona ao professor um maior controle do processo e aos estudantes uma orientação mais eficaz que vá ao encontro dos objetivos propostos.

Para analisar os resultados, o professor pode estabelecer uma avaliação em função do objetivo das atividades propostas. Selecionar uma situação conflitante que possa ser considerada um fator importante para que ocorra a aprendizagem, forneça os dados que o professor busca sobre a atividade, ao comprovar os resultados do processo, evidencia ou não o atendimento das finalidades do modelo de ensino.

2.3 Aplicações Experimentais.

A experimentação foi realizada com uma turma do sexto ano do ensino fundamental, do turno matutino de uma unidade escolar pública da cidade de Manaus-AM. A aplicação foi realizada com 17 e alunos na faixa etária entre 11 e 12 anos. Antes da aplicação das atividades, realizou-se uma conversa com a equipe pedagógica e com a professora regente de turma para que todos pudessem se inteirar do processo. O foco deste estudo foi verificar a evolução conceitual sobre conteúdos de cadeia alimentar por meio da simulação. Assim, com base no modelo de ensino proposto, desenvolveu-se uma estratégia de ensino estruturada na sequência didática mostrada no Quadro 1.

Quadro 1: Quadro de atividades.

Roteiro de Atividades
Tema: Cadeia alimentar
Objetivo: Conhecer os elementos básicos da cadeia alimentar. Compreender a relação entre os seres vivos e a dependência entre os níveis tróficos nas cadeias alimentares.
Recursos Instrucionais: Roteiro de atividades e simulação computacional.
1. Etapa: No botão Modelo versão , escolha a versão Capivaras-onças-capim clicando na setinha vermelha ao lado. Toque no botão Iniciar e depois em Movimentar/parar . Observe, clique no botão Movimentar/parar novamente, e responda:
1. Observando o comportamento dos seres vivos no ambiente simulado, explique o que representa para você o cenário e as espécies vivendo no mesmo ambiente.
2. O que aconteceu com a população de capivaras e capim quando reduziu o número de onças no ambiente de simulação?
3. Indique o papel ou função de cada ser vivo que você observa no modelo virtual.
Análise de resultados: Desenvolvimento das atividades propostas.

Fonte: Autoria própria (2022).

A coleta de dados para a análise do uso da simulação computacional se deu por meio de questões abertas sobre o tema abordado no roteiro de atividades acima. As atividades foram realizadas no centro de mídias da escola participante, os alunos participantes estavam regularmente matriculados e frequentando as aulas de ciências no turno matutino, realizamos uma aula de ambientação com o modelo de simulação e após eles já estarem familiarizados com modelo realizamos as atividades do roteiro, cada aluno recebeu um roteiro com as instruções para que pudessem manipular os botões do modelo e a atividade a ser realizada.

A coleta de dados para a análise da percepção dos alunos em relação à cadeia alimentar se deu após a aplicação das atividades com o modelo de simulação. Foram distribuídos questionários com questões objetivas para a avaliação sobre a

percepção dos alunos em relação à ferramenta tecnológica. Para a análise das respostas extraídas do roteiro de atividades e dos questionários, utilizou-se a análise de conteúdo, seguindo as orientações de Bardin (2011), que afirma ser um conjunto de instrumentos metodológicos que se aplica a discursos extremamente diversificados.

Utilizamos os conceitos retirados de livros didáticos, que são nossas expectativas de respostas para servi de parâmetro, criamos três categorias de respostas e organizamos em gráficos para uma melhor organização, visualização e compressão. As respostas que apresentaram mais informações se aproximando dos conceitos científicos foram categorizadas como “adequadas”, as que citaram informações científicas mas de maneira incompleta foram categorizadas como “parcialmente adequadas” e as respostas que se distanciaram muito ou não apresentaram informações científicas foram categorizadas como “inadequadas”.

3. Resultados e Discussão

Para análise do uso da simulação computacional, foi solicitado que os alunos realizassem as atividades apresentadas no roteiro. Para analisar as respostas dos alunos, buscamos como expectativas de respostas conceitos científicos para compararmos com o conteúdo das respostas dos alunos e realizar a classificação em categorias. Nesse sentido, foram criadas três categorias: “repostas adequadas”, “respostas parcialmente adequadas” e “respostas inadequadas”. A título de organização, foram escolhidas as respostas que pudessem conter os núcleos de palavras mais próximas com os conceitos científicos que utilizamos como parâmetros a fim de representar cada categoria (Quadro 2).

Quadro 2: Questões trabalhadas com os alunos e expectativas de respostas.

QUESTÕES	EXPECTATIVAS DE RESPOSTAS
1. Observando o comportamento dos seres vivos no ambiente simulado, explique o que representa para você o cenário e as espécies vivendo no mesmo ambiente.	“Cadeia alimentar é quando os organismos compartilham relações alimentares dentro de um ecossistema, podendo ser reunidos em uma unidade funcional” (Ricklefs, 2015, p.).
2. O que aconteceu com a população de capivaras e capim quando reduziu o número de onças no ambiente de simulação?	“A estabilidade de um ecossistema depende justamente da manutenção de algumas relações entre os níveis tróficos. Por exemplo, a quantidade de alimento disponível em um nível trófico determina certas possibilidades nos níveis tróficos que dependem diretamente dele” (Bizzo, 2013, p.230).
3. Indique o papel ou função de cada ser vivo que você observa no modelo virtual.	“Produtores são organismos que produzem matéria orgânica a outros seres vivos, são produtores de energia dos ecossistemas, por produzirem seu próprio alimento são chamados de autótrofos. Consumidores primários são os seres vivos que se alimentam diretamente dos produtores e consumidores secundários são predadores dos consumidores primários” (Bizzo, 2013, p.227).

Fonte: Autoria própria (2022).

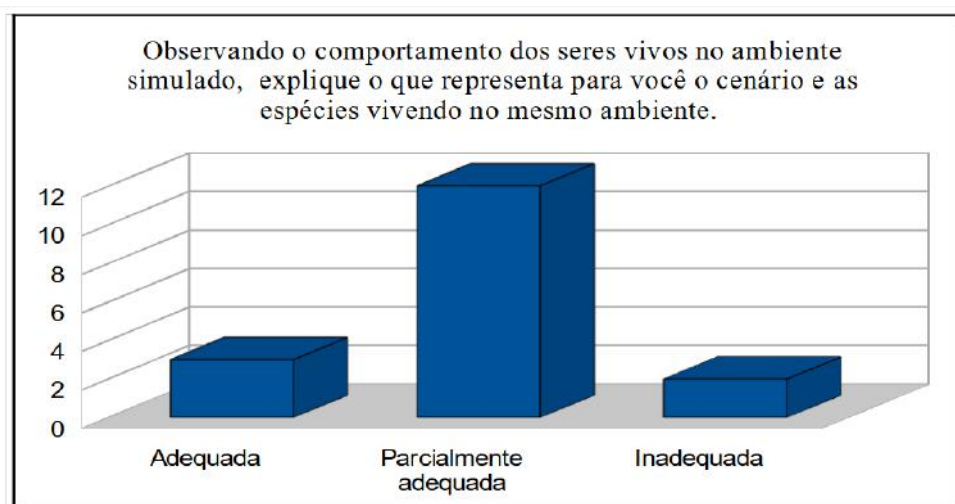
Na primeira questão “Observando o comportamento dos seres vivos no ambiente simulado, explique o que representa para você o cenário e as espécies vivendo no mesmo ambiente”. A intenção foi verificar se o aluno em contato com o objeto de conhecimento, através da simulação, saberia descrever que a dinâmica que ocorria entre as populações no meio virtual se trava de uma cadeia alimentar. Para isso usamos como parâmetro a expectativa de resposta: “Cadeia alimentar é quando os organismos compartilham relações alimentares dentro de um ecossistema, podendo ser reunidos em uma unidade funcional” (Ricklefs, 2015.)

Por meio da observação dos dados, identifica-se três respostas categorizadas como “adequadas” para essa questão, por se aproximarem do conceito científico. Nessa categoria, os alunos foram capazes de relatar a existência da relação de consumo, de caça e caçador, citando quem é presa e quem é predador, enfatizando a importância da relação para o ambiente, como se demonstra na resposta do aluno 3: **“a onça caça a capivara para comer e poder sobreviver e a capivara se alimenta do capim e essa relação é importante para manutenção do ambiente”**. Desse modo, pode-se perceber que os alunos formularam frases contendo informações relevantes sobre o modelo conceitual, apontaram que um animal precisa do outro para sobreviver, sendo essa relação importante ao equilíbrio do ecossistema. Essas informações vão ao encontro do que expõe Bizzo (2013), quando afirma que a estabilidade de um ecossistema depende da manutenção de algumas relações entre os níveis tróficos.

Na categoria das respostas “parcialmente adequadas” estão aquelas afirmações que conseguiram descrever a relação de consumo entre a onça e capivara, porém não relataram a relação de consumo entre a capivara e o capim, sendo assim observamos 12 alunos dentro dessa categoria. Como se verifica na afirmação do aluno 7: **“a onça come a capivara”**.

Por fim, identificamos duas respostas classificadas como “inadequadas”, por conter afirmações vagas sobre a relação presa-predador como mostra a resposta do aluno 17: **“é que a onça e ou mais importante ou mais feroz do que o outro”**. Aqui a informação dada pelo aluno é vaga e confusa, ele mencionou a onça pelo fato de ser feroz e não citou a relação que ela tem com outras espécies. De acordo com Vinholi Júnior (2017), o aluno fez referência ao significado cultural e não ecológico. De acordo com os estudos de Piaget (1996), o aluno precisa modificar suas estruturas cognitivas prévias pra adaptar os novos estímulos. As respostas foram organizadas no Gráfico 1.

Gráfico 1: Respostas da primeira questão.



Fonte: Autoria própria (2022).

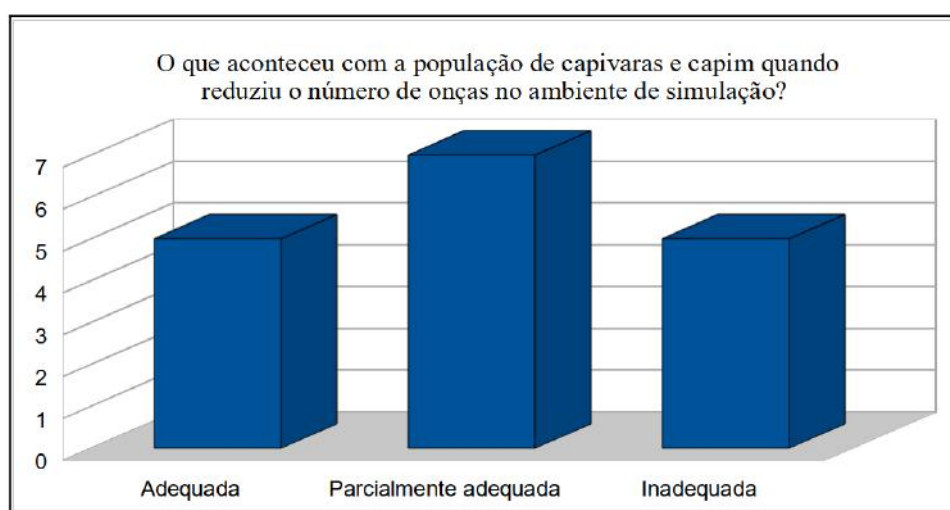
Na segunda questão “O que aconteceu com a população de capivaras e capim quando reduziu o número de onças no ambiente de simulação”, a intenção foi verificar se no contato com os seres vivos da cadeia alimentar virtual, os alunos citariam a importância das relações entre os seres vivos para a sobrevivência dos mesmos. Usamos como parâmetro a expectativa de resposta: “A estabilidade de um ecossistema depende justamente da manutenção de algumas relações entre os níveis tróficos. Por exemplo, a quantidade de alimento disponível em um nível trófico determina certas possibilidades nos níveis tróficos que dependem diretamente dele” (Bizzo, 2013, p.230).

A seguir, é possível visualizar que 5 alunos formularam respostas adequadas, pois citaram o papel ou função de cada ser vivo visualizado no modelo de cadeia alimentar. O aluno 4 indicou corretamente a relação entre as espécies, **“a onça é o predador e a capivara a presa e quando onças diminuíram as capivaras aumentaram e o capim também, só que as capivaras comeram todo o capim”**. O contato com a simulação computacional possibilitou aos alunos o contato virtual com a relação presa-predador, o que os levou a visualizar as capivaras alcançando toda a área verde e consumindo todo o capim. Petrosino *et al* (2018), argumentam que esses modelos são usados para mostrar o fenômeno sem ferir o meio ambiente e simular o que vai acontecer. Segundo Piaget (1996), o aluno através do construtivismo em contato com os objetos constrói o conhecimento.

Por sua vez foram incluídas na categoria de respostas “parcialmente adequadas”, aquelas que citaram corretamente o aumento na população de capivaras, no entanto, não tiveram a indicação do termo dado a estas relações, como podemos notar na resposta do aluno 3: **“aumentou a quantidade de capivaras e de capim”**.

Por fim, 5 alunos deram respostas consideradas inadequadas, por se distanciarem do conceito científico, como mostra a resposta do aluno 6 **“não teve mais perigo”**. Aqui o aluno faz referência ao perigo que a onça representa para a capivara e não cita o aumento e redução das espécies no ambiente, de acordo com o estudo de Vinholi Júnior (2017), novamente o aluno cita um significado cultural e não ecológico. De acordo com Piaget (1996), as estruturas cognitivas prévias precisam ser mudadas para adaptar os novos estímulos. As respostas estão para a questão estão distribuídas no Gráfico 2.

Gráfico 2: Respostas da segunda questão.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na terceira questão pretendeu-se averiguar os conhecimentos sobre o “Papel e função de cada ser vivo na cadeia alimentar”. A expectativa de resposta foi a afirmação: “Produtores são organismos que produzem matéria orgânica a outros seres vivos, são produtores de energia dos ecossistemas, por produzirem seu próprio alimento são chamados de autótrofos. Consumidores primários são os seres vivos que se alimentam diretamente dos produtores e consumidores secundários são predadores dos consumidores primários” (Bizzo, 2013, p.227).

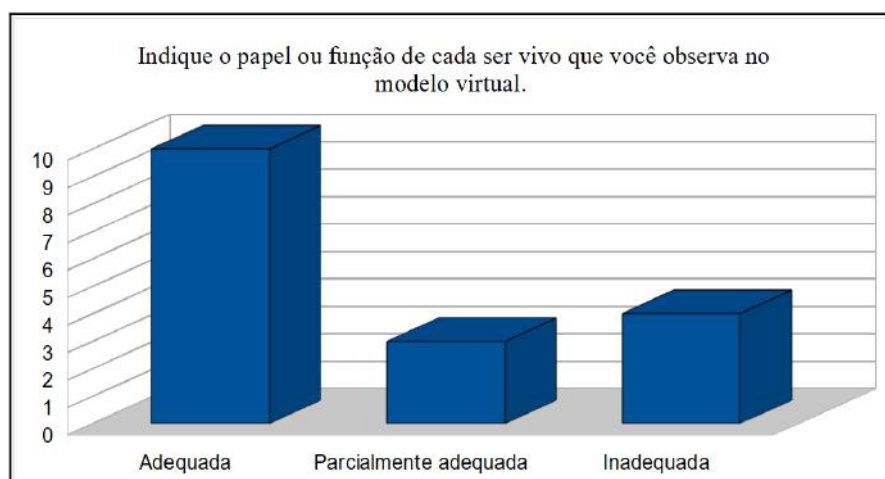
Das respostas que apresentaram conhecimentos prévios de acordo com as afirmações de Bizzo (2013), classificadas na categoria de respostas adequadas identificamos dez e destacamos as respostas: A16: **“A planta se alimenta do sol e sua função é produzir alimento pra capivara, a capivara consome a planta para obter energia, a onça come a capivara e**

quando eles morrem são comidos pelos decompositores”. A14: “**Onça é um consumidor secundário, eu acho que ela come a capivara, a capivara é consumidor primário e come a planta e a planta se alimenta dos raios solares**”.

Por sua vez, foram incluídas na categoria de respostas parcialmente adequadas, aquelas que trouxeram corretamente o nome do ser vivo condizente com o seu papel ou função na cadeia alimentar, no entanto, não tiveram a indicação de todos os níveis tróficos como mostra a resposta: A9: “**Capivara é consumidor primário e a onça é consumidor secundário e se alimenta da capivara**”.

Quatro alunos apresentaram conhecimentos prévios inadequados com o conteúdo de ensino, como mostra a resposta do aluno: A15: “**A onça é feroz e pode atacar alguém, a capivara come folhas e a planta é pra ser molhada**”. As categorias para a terceira questão estão representadas no Gráfico 3. De acordo com o estudo de Vinholi Júnior (2017), quando o aluno cita a onça por ser feroz e planta por precisar ser molhada, ele menciona significados culturais. De acordo com os estudos de Piaget (1996), o aluno precisaria modificar as estruturas cognitivas que possui para ocorrer a adaptação dos novos estímulos e conseqüentemente acontecer a assimilação.

Gráfico 3: Respostas da terceira questão.



Fonte: Autoria própria (2022).

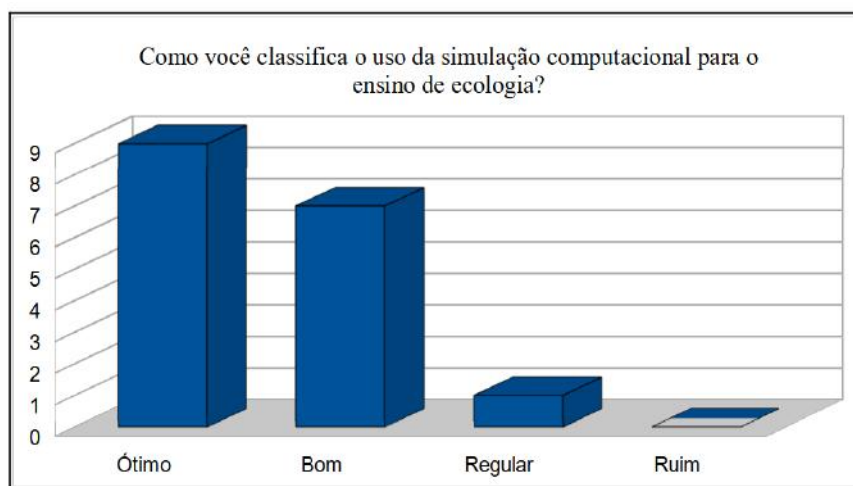
Para a terceira questão, chamamos a atenção para a ausência de inter-relação entre os seres vivos observados na questão, constatamos que os alunos apresentaram grande dificuldade para determinar o papel e função de cada animal. Trazzi e Oliveira (2016), salientam que, devido a sua complexidade, são encontradas grandes lacunas entre as formas cotidianas de pensar dos alunos e esses conceitos. Para Vinholi Júnior (2017), as dificuldades apresentadas pelos alunos sugere que os mesmos não relacionam forma e função de animais carnívoros e herbívoros às suas dietas. Aqui notamos que de acordo com os estudos de Piaget (1896), os alunos precisam modificar os seus esquemas mentais existentes para que consigam assimilar e acomodar um novo conhecimento.

3.1 Avaliação da percepção dos estudantes em relação à simulação computacional da cadeia alimentar

Buscamos verificar se os alunos gostaram de utilizar a simulação computacional nas aulas de ciências, para isso aplicamos um questionário com duas questões objetivas. Os dados coletados nos mostra que as atividades foram satisfatórias,

pois não teve nenhuma classificação insatisfatória, o gráfico 4 mostra que o uso desta ferramenta contribuiu para a compreensão do conteúdo.

Gráfico 4: Respostas quanto ao uso da simulação.

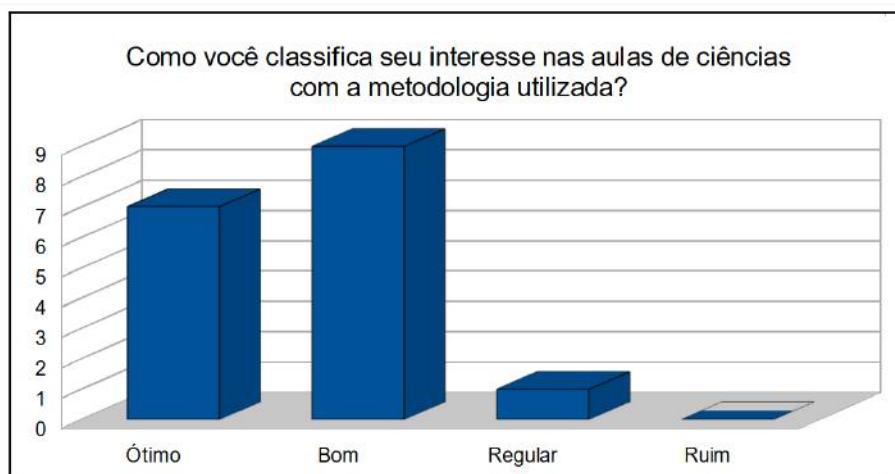


Fonte: Autoria própria (2022).

Percebe-se que a utilização da simulação computacional, seguida de uma didática construtivista, pode ser uma ferramenta capaz de auxiliar o aluno a construir conceitos, pois o conjunto de situações e representações simbólicas oferecidas por esse recurso é amplo. A utilização de simulações é muito útil, pois ajuda o aluno a compreender modelos científicos da natureza e situações de alta complexidade. De acordo com Piaget (1996), o aluno em contato com o constrói o conhecimento. P

Por fim, buscou-se avaliar a opinião dos alunos sobre o interesse nas aulas de ciências com o uso de ferramentas tecnológicas. O Gráfico 5 mostra o interesse dos alunos nas aulas mediadas por tecnologias, 7 alunos classificaram seus interesses como ótimo, 9 alunos como bom e apenas 1 aluno classificou como regular e mais uma vez não identificamos nenhuma classificação ruim.

Gráfico 5: Respostas quanto ao interesse nas aulas com o uso da simulação.



Fonte: Autoria própria (2022).

O resultado indicando regular representado por 1 aluno na primeira questão e na segunda questão, não foi considerado negativo, devido às dificuldades encontradas durante a realização da atividade, como: dificuldades de alguns alunos em manusear o computador e problemas técnicos que faziam com que o computador desligasse com frequência.

Os resultados obtidos através do questionário de avaliação vão ao encontro do olhar Piagetiano, uma vez que o aprendizado que envolve a construção do conhecimento se origina do aperfeiçoamento das funções sensório-motoras do indivíduo e a simulação de um evento permite ao aluno interagir com o fenômeno físico de forma indireta, manipulando variáveis, testando e interagindo com as representações de conceitos, propiciando a construção do conhecimento.

4. Considerações Finais

O ensino de ciências requer de forma contínua uma relação entre a teoria e a prática, com o objetivo de buscar uma interação entre o conhecimento científico que se aborda em sala de aula e a realidade vivida pelo próprio aluno.

Neste trabalho desenvolveu-se uma estratégia de ensino que favorece ao aluno a habilidade para o desenvolvimento de conceitos ecológicos em um ambiente virtual de um modelo de simulação computacional. A descrição da dinâmica do sistema biológico foi desenvolvida em um programa de simulação computacional com base no modelo presa-predador de Lotka-Volterra. O desenvolvimento pedagógico estruturou-se na aplicação de estratégias operacionais que atuaram como um meio de conexão das ações desenvolvidas pelos alunos com as situações sugeridas pela estratégia desenvolvida na simulação.

Os resultados obtidos destacam a importância do uso dos modelos de simulação no ensino de Ecologia e mostraram a viabilidade de uma abordagem que favorece a aprendizagem e a interação dos alunos adaptáveis ao ensino das ciências naturais. Destaca-se, ainda, que a estratégia de ensino desenvolvida favorece a criação, pelo professor, de práticas pedagógicas voltadas para a compreensão dos fenômenos naturais com maior controle do processo e orientação direcionada aos objetivos propostos.

O potencial dessa abordagem reside na capacidade de promover uma aprendizagem mais aprofundada a partir das situações reais vividas em um ambiente simulado. A aprendizagem é favorecida pela experiência adquirida por meio das ações ou intervenções que o aluno faz no ambiente simulado e pela análise sobre o que se observou.

A contribuição do estudo para a comunidade científica se destaca especialmente no que refere ao uso da simulação computacional para resolver dificuldades de observação de fenômenos que ocorrem no ambiente natural e que o aluno não consegue visualizar por se tratar de fenômenos que possam ocorrer, por exemplo, em ambiente de floresta ou com animais que possam apresentar risco, ou até mesmo simular eventos de predação e extinção de espécies sem ferir o meio ambiente, visando sempre favorecer a aprendizagem dos alunos.

Por fim, sugere-se a expansão das estratégias propostas neste trabalho, utilizando este estudo como base para elaboração de metodologias de ensino e aprendizagem baseadas na ferramenta utilizada. Deste modo, faz-se necessário a realização de nova pesquisa a partir do desenvolvimento de simulações computacionais para trabalhar conceitos ecológicos, podendo ampliar a cadeia alimentar para uma teia alimentar aumentando as possibilidades de interação dos animais no ambiente. Sugere-se também ampliar a aplicação para outras séries do ensino básico.

Referências

- Aguiar, L. H. *et al.* (2014). Sistema para simulação da evolução de camuflagem em seres vivos. *Tecnologias em projeção*, Brasília, 6(1), 35-47.
- Alves, G. *et al.* ControlHarvest: (2014). Ensino de ecologia por meio de gamificação do controle biológico. In: *CBI. Anais. Dourado*, 342-351.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. (3. reimp.). Lisboa: Edições,v.70.
- Bergan-Roller, H. E. *et al.* (2017). Discovering Cellular Respiration with Computational Modeling and Simulations. *Course Source*, 4, 1-8.

Bizzo, N. (2013). *Novas Bases da Biologia*. Ática.

Brasil. (2018). Base Nacional Comum Curricular. Ministério da Educação. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>

Camargo, A. *et al.* (2014). Comparação entre o modelo baseado em equações e o modelo baseado em agentes: uma abordagem sobre a dinâmica presa-predador no NetLogo. *Revista Junior de Iniciação Científica em Ciências Exatas e Engenharia*. (1).15.

Ferreira, A. S. (2014). *Interação predador presa, uma análise comparativa e experimental utilizando os lagartos de uma área de caatinga como modelo*. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

Luiz, S. S. F. (2020). Alfabetização na pandemia: *realidades e desafios*.

Morais, R. A., e Reis, D. A. (2022). Recursos digitais como instrumentos didáticos: utilização do Mentimeter para uma aula interativa. *Research, Society and Development*. 11 (11).

Paz, A. M. *et al.* (2006). Modelos e modelizações no ensino: um estudo da cadeia alimentar. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 8 (2) 133-146.

Petrosino, A. J. *et al.* (2018). Using Collaborative Agent-Based Computer Modeling to Explore Tri-Trophic Cascades with Elementary School Science Students. *Creative Education*, 9, 615-624.

Piaget, J. (1996). *Biologia e conhecimento*. (2ª Ed.). Vozes.

Piaget, J. (1896). *Psicologia e pedagogia*. Forense Universitária.

Ricklefs, R. E. (2015). *A economia da natureza*. Guanabara Koogan.

Sales, R. G.; & Mello, I. C. (2017). Os Ambientes Virtuais de Aprendizagem: Contribuições para o Ensino de Ciências. *Flovet*, 1 (9), 17-30.

Santos, J. L. G. *et al.* (2018). Estratégias Didáticas no Processo de Ensino-Aprendizagem.

Sobrinho, A. S & Oliveira *et al.* (2015). Mathematical Modeling and Stability of Predator-Prey Systems. arXiv preprint arXiv: 1504.06244.

Sousa, J. M. *et al.* (2015). Desenvolvendo práticas investigativas no Ensino Médio: o uso de um Objeto de Aprendizagem no estudo da Força de Lorentz. *Caderno Brasileiro de Física*, 32, 918-1006.

Trazzi, P. S. S.; & Oliveira, I. M. (2016). O processo de apropriação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular por alunos em aulas de Biologia. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, 18, (1), 85-106.

Vinholi Júnior, A. J. V. (2017). Diagnóstico dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre ecologia: interfaces com a teoria da aprendizagem significativa. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review*, 7(1), 25-38.

Yin, R. K. (2005). *O estudo de caso – planejamento e métodos*. (2ª ed.): Bookman