



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociência – Campus do Litoral Paulista – São Vicente

RAFAEL PERES FERREIRA PEREIRA

**O USO DE MODELOS BASEADOS EM AGENTES COMO ATIVIDADE
COMPLEMENTAR À DINÂMICA PRESENCIAL NO ENSINO DE
ECOLOGIA E RELAÇÕES ALIMENTARES**

São Vicente - SP
2021

RAFAEL PERES FERREIRA PEREIRA

**O USO DE MODELOS BASEADOS EM AGENTES COMO ATIVIDADE
COMPLEMENTAR À DINÂMICA PRESENCIAL NO ENSINO DE
ECOLOGIA E RELAÇÕES ALIMENTARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Campus do Litoral Paulista - UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, modalidade Gerenciamento Costeiro.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Stucchi Vannucchi

São Vicente - SP
2022

P436u

Pereira, Rafael Peres Ferreira

O uso de modelos baseados em agentes como atividade complementar à dinâmica presencial no ensino de ecologia e relações alimentares / Rafael Peres Ferreira Pereira. -- São Vicente, 2022
27 f.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, São Vicente

Orientador: Fabio Stucchi Vannucchi

1. Educação. 2. Ecologia. 3. Lúdico. 4. Relações alimentares. 5. Netlogo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, São Vicente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

RESUMO

O ensino da biologia é fundamental para a formação básica da população ao conscientizar e instruir os indivíduos quanto aos processos biológicos, a importância deles para o planeta e o papel da humanidade nele. Devido a grande complexidades do estudo da vida, métodos didáticos expositivos podem não ser eficientes na construção do conhecimento. Nesse contexto, ferramentas, e estratégias de uso das mesmas, que incentivem participação, reflexão, sensação de pertencimento e sensação de que o conhecimento é prático e pertinente ao cotidiano são essenciais. Uma atividade lúdica que dialoga com a realidade do estudante e motive a participação do mesmo é o jogo “Onça, Capivara, Grama”, uma dinâmica presencial que explora as relações alimentares de carnívoros, herbívoros e plantas. Este trabalho apresenta um modelo baseado em agentes que, através de interface com grande apelo visual, simula a dinâmica do jogo “Onça, Capivara, Grama”. As simulações são implementadas por meio do software NetLogo, e os agentes representam as onças, capivaras e gramas, sendo que os animais simulados se locomovem, consomem e eventualmente morrem. O modelo, baseado no programa *Wolf-Sheep-predation*, é descrito por meio do protocolo ODD (do acrônimo inglês para *Overview, Design concepts, and Details* - visão geral, design de projeto e detalhes). O modelo desenvolvido neste trabalho traz a possibilidade de complementação da dinâmica presencial do jogo, permitindo que estudantes explorem parâmetros e simulações não permitidos na modalidade presencial. O avanço do entendimento e uso de modelos baseados em agentes como instrumento didático tem muito a oferecer ao ensino de biologia: são dinâmicos e se assemelham a jogos digitais que têm uma maior proximidade da realidade dos alunos atuais do que dinâmicas presenciais, sobretudo em períodos de pandemia e isolamento social, nos quais atividades remotas ganham destaque.

Descritores: Educação, Lúdico, NetLogo, Ecologia, Relações Alimentares

ABSTRACT

The teaching of biology is fundamental for the basic formation of the population by raising awareness and instructing individuals about biological processes, their importance to the planet and the role of humanity in it. Due to the great complexities of the study of life, expository methods may not be efficient in the construction of knowledge. In this context, tools and strategies that encourage participation, reflection, a sense of belonging and a feeling that knowledge is practical and relevant to everyday life are essential. A playful activity that dialogues with the student's reality and motivates participation is the game "Predador-presa Onça, Capivara, Grama", a face-to-face dynamic that explores the food relationships of carnivores, herbivores and plants. This work presents an agent-based model that, through an interface with great visual appeal, simulates the dynamics of the game "Predador-presa Onça, Capivara, Grama". The simulations are implemented using the NetLogo software, and the agents represent the jaguars, capybaras and grasses, with the simulated animals moving, consuming and eventually dying. The model, based on the Wolf-Sheep-predation program, is described using the ODD protocol (Overview, Design concepts, and Details). The model developed in this work brings the possibility of complementing the face-to-face dynamics of their counterpart, allowing students to explore parameters and simulations not allowed in face-to-face mode. The advancement in the understanding and use of agent-based models as a didactic tool has a lot to offer to biology teaching: they are dynamic and resemble digital games that are closer to the reality of current students than face-to-face dynamics, especially in periods of pandemic and social isolation, in which remote activities are highlighted.

Descriptors: Education, Playful, NetLogo, Ecology, Predation Relationship

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Ensino de Biologia | 1 |
| 1.2 Ensino de Ecologia | 2 |
| 1.3 Ensino de Relações Alimentares | 2 |
| 1.4 Jogo da Presa-Predador (Onça, Capivara, Grama) | 4 |
| 1.4.1 Estratégia geral para aplicação da ferramenta | 4 |
| 1.4.2 Grupos | 4 |
| 1.4.3 Disposição dos participantes | 5 |
| 1.4.4 Interações e movimento | 5 |
| 1.4.5 Trocas de grupo | 6 |
| 1.4.6 Pós jogo | 6 |
| 1.4.7 Onça, Capivara, Grama | 7 |
| 1.5 O Lúdico no Ensino | 7 |
| 1.6 Modelos Baseados em Agentes no Ensino | 8 |
| 1.6.1 NetLogo | 9 |
| 1.6.2 Protocolo ODD (Overview, Design Concept and Details) | 9 |
| 2. OBJETIVO | 10 |
| 3. DESCRIÇÃO DO MODELO | 10 |
| 3.1 Propósito do modelo | 10 |
| 3.2 Agentes, Variáveis de estado e escala | 11 |
| 3.3 Visão geral do processos | 11 |
| 3.3.1 Movimento | 12 |
| 3.3.2 Alimentação | 12 |
| 3.3.3 Mudança de grupo | 12 |
| 3.3.4 Morte | 13 |
| 3.4 Design conceitual | 14 |
| 3.4.1 Princípios básicos | 14 |
| 3.4.2 Aleatoriedade | 14 |
| 3.4.3 Observação | 14 |
| 3.4.4 Aprendizado | 15 |
| 3.5 Inicialização | 15 |
| 3.6 Inserção de dados | 16 |
| 3.7 Submodelos | 16 |
| 4. APLICAÇÕES DO MODELO | 16 |
| 4.1 Cenário: Ensino a distância | 16 |
| 4.2 Cenário: Ensino a presencial | 17 |
| 5. DISCUSSÃO | 17 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 19 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 Ensino de Biologia

O ensino da biologia contribui para que as pessoas compreendam os conceitos e processos biológicos atualizados, suas aplicações e importância na vida moderna cotidiana, fomentando o interesse pela área e colaborando nas tomadas de decisões ao conciliar o individual com o coletivo por compreender o papel da humanidade na biosfera (KRASILCHIK, 2004).

Para que a alfabetização biológica ocorra de maneira eficaz, são necessários quatro níveis de compreensão: (1) Nominal, reconhecimento dos termos; (2) Funcional, reconhecimento das definições; (3) Estrutural, conseguir formular explicações para os processos a partir do conhecimento adquirido somado às experiências de vida; (4) Multidimensional, a capacidade de solução de problemas integrando conhecimento de outras áreas ao conhecimento em biologia e experiência pessoal (KRASILCHIK, 2004).

Por ser uma área de enorme abrangência e complexidade em seus temas, o ensino da biologia precisa de uma gama de metodologias, ferramentas e estratégias proporcionalmente complexas (ALVES; BEGO, 2020). Para Alves et al. (2015) o ensino da biologia se dá muitas vezes de maneira unicamente expositiva, tornando o ambiente de aprendizagem com pouca ou nenhuma participação do aluno. Diante desse contexto de temas complexos surge a necessidade de ferramentas e estratégias inovadoras e complementares ao método expositivo que aumentem a interação do estudante com o tema, aumentando sua compreensão e interesse.

Ambientes onde o ensino é apenas expositivo têm como consequência estudantes com dificuldades em atingir os níveis de compreensão 3 (estrutural) e 4 (multidimensional) por não criarem situações e exercícios que estimulem o aluno a aplicar sua realidade na resolução de problemas (KRASILCHIK, 2004). Identificando essa disfunção na aprendizagem da biologia quando feita de maneira expositiva, Favoretti et al. (2020) afirmaram que é fundamental uma reestruturação do ensino, através de atividades práticas que dialoguem com os diferentes panoramas sociais dos estudantes, estimulando o interesse e senso de pertencimento ao processo e ao

tema abordado, valorizando o conhecimento e experiência de vidas prévias trazendo a realidade do aluno para perto do conhecimento a ser trabalhado.

A problemática do ensino unicamente expositivo se intensifica em áreas com maior complexidade ou com maior integração de outras áreas. Exemplos disso são a biofísica, a bioquímica e a ecologia, que integram múltiplas áreas das matemáticas, das ciências da natureza, e muitas vezes grandes impactos sociais, implicando aspectos das ciências humanas, tendo como consequência a necessidade ainda maior de alternativas para o ensino expositivo que contemple essa diversidade.

1.2 Ensino de Ecologia

A ecologia é a área das ciências biológicas que busca compreender as interações entre os seres vivos e também com os fatores abióticos ao seu redor, sejam essas relações entre o organismos e o meio, entre membros da mesma espécie ou espécies distintas. É uma área que permite o entendimento de muitas questões pertinentes do cenário atual, como mudanças climáticas, extinções em massa e comportamento de consumo (FAVORETTI; SILVA; LIMA, 2020).

A pesquisa, desenvolvimento, sistematização, ensino e divulgação da ecologia fomenta a criação da percepção de que a humanidade é uma parte de uma complexa rede de interações que envolvem todo o planeta, resgatando a ideia coesão e totalidade entre nós e os outros seres vivos e o meio físico (MOTOKANE; TRIVELATO, 1999).

1.3 Ensino de Relações Alimentares

Relações alimentares é a área da ecologia que estuda as interações e comportamentos para obtenção de energia, que se dá em todos os organismos em sua grande diversidade de formas e comportamentos e ambiente que os abrigam. Tanto os organismos quanto suas relações alimentares pode ser classificados em produtores e consumidores, em que os produtores obtêm sua energia sozinhos ; os

consumidores primários se alimentam dos produtores; os consumidores secundários se alimentam do primário e assim por diante, levando a energia do produtor primário para os outros organismos através da alimentação (ALMEIDA; LIMA; PEREIRA, 2019).

Uma questão cerne do entendimento das relações alimentares é que em qualquer variação das interações estudadas a energia diminui conforme o alimento consumido se distancia da produção primária - a energia obtida pelo consumo dele diminui (ALMEIDA; LIMA; PEREIRA, 2019).

Por seu dinamismo e diversidade de interações, o estudo das relações alimentares é uma área da biologia que pode exemplificar claramente a complexidade dos tópicos estudados pela ecologia por envolver uma ampla gama de variação de comportamentos alimentares causados pela diversidade de grupos de seres vivos e ambientes espalhados pelo globo. Além das interações e comportamentos naturais, outro importante e complexo campo de estudo são como as relações alimentares são alteradas pelo impacto das ações humanas e como as relações alimentares humanas ocorrem e são impactadas por outros grupos e pela diversidade dos ambientes e climas.

Essa complexidade pode ser de difícil compreensão quando seu ensino se dá de maneira apenas expositiva, porém quando o ensino desse tópico se dá de maneira dinâmica através de atividades que possam expressar os comportamentos e suas particularidades e reflexos através de regras de simples compreensão e execução, o abstrato se torna mais palpável ao educando.

Dentre as ferramentas expositivas de ensino temos as cadeias alimentares, ferramentas educacionais que representam de maneira simplificada, e muitas vezes visual, as relações ecológicas do tipo presa-predador entre um grupo de espécies nas quais existe um fluxo unidirecional de energia de acordo com a sequência: 1° Organismos Autotróficos classificados como produtores primários; 2° Organismos heterotróficos chamados de consumidores primários; 3° Organismos heterotróficos que consomem outros heterotróficos, esse grupo engloba todos os níveis seguintes de consumidores (ALMEIDA; LIMA; PEREIRA, 2019).

Por demonstrar de maneira simplificada e sem correlações demasiadas os poucos organismos da cadeia com outros organismos e fatores ambientais torna a

cadeia alimentar um exemplo de alternativa ao modelo de ensino abstrato e expositivo mas que não tem como limitação não contemplar totalmente a complexidade das relações alimentares na natureza.

1.4 Jogo da Presa-Predador (Onça, Capivara, Grama)

Dentre as ferramentas educacionais que demonstram as dinâmicas ecológicas, que permeiam as relações alimentares, podemos citar uma variação da clássica brincadeira de criança “pega-pega” ou “pique-pega” porém com múltiplos “pegadores” conhecida como jogo da presa-predador (FARIAS; SANTOS, 2015).

1.4.1 Estratégia geral para aplicação da ferramenta

Esse jogo pode ser abordado através de diversas estratégias. A abordagem adotada neste trabalho consiste na formação de três subgrupos que interagem entre si, simulando eventos de alimentação que respeitem as relações alimentares reais dos organismos representados pelos grupos. As interações ocorrem ao longo de rodadas de duração predeterminada, e durante o intervalo entre rodadas ocorrem mudanças nas composições dos grupos baseadas nas interações que ocorreram entre os participantes.

Ao fim do jogo o educador e os alunos participantes realizam uma análise e discussão das interações realizadas e mudanças nos grupos correlacionando com o arcabouço teórico do estudo de relações alimentares.

1.4.2 Grupos

No início da atividade, a turma de estudantes é dividida, identificada (muitas vezes através de cartões feitos pelos próprios estudantes) e quantificada em três subgrupos que representam diferentes componentes das relações alimentares mais comuns: Plantas (representando a produção primária de alimentos); Herbívoros (representando consumidores primários) e Carnívoros (representando consumidores secundários em diante).

De forma a simular o contexto real mas de maneira simplificada, as proporções dos grupos durante a divisão inicial, em relação ao total de alunos, é por volta de 1/7 do total de alunos pertencendo aos grupo carnívoros, 2/7 aos herbívoros e 4/7 às plantas (FARIAS; SANTOS, 2015). Essas proporções refletem o fato de que quantos mais distante um consumidor está do produtor primário maior a dificuldade de obter energia necessária para o crescimento populacional (ALMEIDA; LIMA; PEREIRA, 2019).

1.4.3 Disposição dos participantes

Após a divisão dos grupos, os participantes devem ser distribuídos por uma área predeterminada. Temos dois principais padrões de distribuição inicial que podem ser usados para coordenar a distribuição: Bandos - no qual os carnívoros e herbívoros começam em extremidades opostas da área e as plantas dispostas de maneira aleatória; Aleatório - em que todos os grupos são dispostos de maneira aleatória.

O cenário "Bandos" costuma ser utilizado para estimular comportamentos de cooperação entre membros do mesmo grupo facilitando o entendimento de estratégias de alimentação, fuga e perseguição utilizadas por espécies com comportamentos de grupo. Enquanto o cenário anterior foca em aspectos coletivos, o cenário "Aleatório" incentiva comportamentos individuais de alimentação, fuga e perseguição, estimulando o entendimento do comportamento solitário.

1.4.4 Interações e movimento

No jogo o toque simboliza o consumo do indivíduo tocado pelo que o tocou e o indivíduo "consumido" aguarda fora do jogo até o fim da rodada.

Os participantes do grupo dos carnívoros devem se mover pela área da atividade perseguindo os membros do grupo dos herbívoros com o objetivo de tocá-los.

Os participantes do grupo dos herbívoros devem se mover pela área indicada fugindo da perseguição dos predadores enquanto tentam tocar os membros do grupo das plantas.

Os participantes do grupo das plantas ficam imóveis por representarem organismos sésseis.

1.4.5 Trocas de grupo

As movimentações e interações se estendem por um período predeterminado de até 1 min, evitando cenários de extinção de grupos ou exaustão física dos participantes, após esse tempo o jogo e os participantes param e assim uma rodada se encerra.

Após o término da rodada as mudanças de grupo se dão com base nas interações que ocorreram na rodada: membros do grupo planta que foram tocados pelos membros do grupo dos herbívoros se tornam herbívoros; membros do grupo herbívoro tocados por membros do carnívoro se tornam carnívoros; e herbívoros e carnívoros que não tocaram ninguém se tornam plantas.

Ao final das mudanças de grupo, as proporções de membros em cada grupo em relação ao total de participantes é anotada e então uma nova rodada pode ser iniciada.

1.4.6 Pós-jogo

Após um número de rodadas condizente com o tempo disponível para a atividade, os participantes se reúnem e comparam as composições dos grupos ao longo das rodadas, e devem também dividir sua experiência com a atividade e as interações realizadas durante o jogo.

As comparações e observações então podem ser associadas pelo educador e alunos com os referenciais teóricos das relações alimentares podendo então gerar discussões sobre como as populações em diferentes níveis tróficos afetam umas às outras: existência da pressão predatória; importância das estratégias de fuga e perseguição; percepção de que grupos de organismos que possuem predadores

diminuem sua população a cada evento de predação que sofrem; organismos que têm acesso a alimento tendem a aumentar de população; organismos que não se alimentam morrem; organismos mortos servem de alimento aos decompositores que disponibilizam nutrientes para as plantas crescerem.

1.4.7 Onça, Capivara, Grama

Diversos seres vivos podem ser escolhidos para representar produtores primários, herbívoros e carnívoros no jogo (L. L. R. FREDDI, comunicação pessoal, 2021) e em alguns casos, no Brasil, são adotados organismos da flora e fauna brasileiras.

Seguindo a proposta de Farias e Santos (2015), os organismos escolhidos para representar o grupos das plantas neste trabalho são o grupo de plantas das gramíneas que LONGHI-WAGNER (2012) descreve como plantas de crescimento rápido e que são amplamente consumidas pelos herbívoros e animais generalistas. Exemplos de gramíneas são o trigo, o arroz, a cevada, o bambu, a cana-de-açúcar, sendo o grupo composto por cerca de 800 gêneros e 10.000 espécies.

A espécie selecionada para representar os herbívoros é a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), espécie de mamífero social de ampla distribuição pela América do Sul (MACDONALD et al., 2007). E, devido às suas adaptações digestivas, são herbívoros que consomem majoritariamente gramíneas em sua dieta (MOREIRA et al., 2013).

E, por fim, o representante dos carnívoros é a onça pintada (*Panthera onca*), espécie de mamífero que pertence à família dos felídeos, sendo seu terceiro maior representante, estando presente desde o México até o sul do Brasil e Argentina (SANDERSON; REDFORD; CHETKIEWICZ, 2011). A onça é um superpredador, tendo como presas regulares veados, antas, porco do mato, jacarés e capivaras (CAVALCANTI; GESE, 2010).

1.5 O Lúdico no Ensino

Ferramentas lúdicas são um conjunto de três fatores codependentes e com sobreposições, sendo eles: (1) Jogo: conjunto de regras, organização e objetivo de uma atividade; (2) Brinquedo: objeto manipulável associado ao funcionamento do jogo; (3) Brincadeira: o ator de executar o jogo e manipular o brinquedo (MIRANDA, 2013).

Quando uma ferramenta de ensino prática é proposta ela pode possuir as mesmas três características que uma atividade lúdica, demonstrando que o lúdico pode ser um método para o ensino prático. Sobre essa correlação Falkenbach descreve que:

“Os jogos, as atividades para exercitar a habilidade mental e a imaginação, as brincadeiras tipo desafios, as brincadeiras de rua, ou seja, toda a atividade lúdica agrada, entretém, prende a atenção, entusiasmo e ensina com maior eficiência, porque transmite as informações de várias formas, estimulando diversos sentidos ao mesmo tempo e sem se tornar cansativo. Em um jogo a carga informativa pode ser significativamente maior, os apelos sensoriais podem ser multiplicados e isso faz com que a atenção e o interesse do aluno sejam mantidos, promovendo a retenção da informação e facilitando a aprendizagem. Portanto, toda atividade que incorporar a ludicidade pode se tornar um recurso facilitador do processo de ensino e aprendizagem” (FALKEMBACH, 2007).

Alves e Lustosa (2015) corroboram com Falkenbach ao definir, dentro do ensino da biologia, a utilização de atividades lúdicas como ferramentas de grande valor estratégico na complementação do ensino expositivo por incentivar a argumentação, raciocínio lógico, resolução de problemas aplicando a perspectiva pessoal em um contexto de ensino da biologia promovendo um entendimento facilitado de conceitos abstratos e complexos motivando o aprendizado e interesse ao tornar ele um agente ativo da construção do próprio conhecimento.

1.6 Modelos Baseados em Agentes no Ensino

Modelos baseados em agentes (*Agent Based Models* - ABM, também conhecidos como modelos baseados em indivíduos, IBM) são objetos computacionais autônomos que interagem com o ambiente computacional onde estão inseridos. Estes objetos são constituídos por agentes, possuem variações e podem ocorrer em diversas densidades populacionais, de um a milhões. Por depender de uma programação, os ABM têm comportamento baseado em conjuntos

de regras com diferentes graus de complexidade, tendo aplicações em cenários dinâmicos, podendo ou não visar o equilíbrio, e em cenários estáticos, podendo ser usados para reconstruir interações ou projetar novos cenários (DE MARCHI; PAGE, 2014).

Ferramentas computacionais de ABM são capazes de executar modelos com grande apelo visual, sem perder a coerência e a fidedignidade das informações geradas pelas interações dos agentes. Possibilitam usos simples, como uma animação qualquer ou coleta de dados, abordando cenários e correlacionando os dados com experiências pessoais e referencial teórico (BODINE et al., 2020).

1.6.1 NetLogo

NetLogo é uma ferramenta computacional de 1999, inspirada na linguagem Logo de 1967, que possui termos característicos para os componentes do modelo, sendo os agentes chamados de *turtles* e os fragmentos de ambientes chamados *patches* (WILENSKY; TISUE, 2004). Se baseia no conceito “*low threshold and no ceiling*” em que a linguagem tem que ser simples o suficiente para que novas pessoas tenham facilidade em aprender (*low threshold*) e possua espaço e possibilidade de desenvolvimento para que usuários de alto nível e dedicação não encontrem limitações (*no ceiling*), construindo uma comunidade diversa ao redor da ferramenta (GAMMACK, 2015). A linguagem Logo e a comunidade de usuários do NetLogo continuam a crescer mantendo a mesma lógica tendo mais de duas décadas de existência, estando em sua versão 6.2.1 de 19 de outubro de 2021.

1.6.2 Protocolo ODD (*Overview, Design Concept and Details*)

Enquanto modelos unicamente matemáticos podem ser explicados de maneira eficiente por expressões matemáticas, modelos baseados em simulações não têm essa mesma praticidade. Desta forma, por inicialmente não disporem de uma metodologia padronizada de como organizar as informações, impossibilitando a replicação dos modelos, modelos baseados em agentes eram de difícil escrita por

parte de seus autores e de também difícil entendimento pelos leitores (GRIMM et al., 2020).

Apesar das particularidades e complexidades de cada modelo baseado em agentes, todos possuem características comuns, o que permite a existência de uma forma de linguagens compartilhadas. Levando essa possibilidade em conta, Grimm e colegas (2006) apresentaram para a comunidade científica a primeira versão do protocolo ODD (do acrônimo inglês para *Overview, Design concepts, and Details* - visão geral, design de projeto e detalhes), que define sete elementos divididos em três categorias, comuns aos ABM, que constituem maneiras de padronizar sua descrição para uma melhor compreensão e reprodução dos modelos (GRIMM et al., 2020).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste na elaboração de um modelo baseado em agentes, desenvolvido através da ferramenta NetLogo, para simulação da dinâmica presencial “Onça, Capivara, Grama”.

3. DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo desenvolvido neste trabalho segue o protocolo ODD para modelos baseados em agentes (GRIMM et al., 2006) sendo implementado no software NetLogo 6.21 (WILENSKY; TISUE, 2004).

3.1 Propósito do modelo

Simular a atividade didática “Onça, Capivara, Grama” em ambiente digital, onde as variáveis possam ser manipuladas a fim de demonstrar diferentes cenários, e interações alimentares e observar a passagem do tempo no modelo de maneira alternativa à atividade presencial, proporcionando uma facilitação na compreensão do tópico ao combinar as duas metodologias de abordagem da dinâmica, favorecendo a eficiência no ensino dos processos ecológicos que permeiam as relações alimentares.

3.2 Agentes, Variáveis de estado e escala

Para cada agente temos três variáveis de estado:

1- A variável *grupo*, que define a qual grupo de organismos o agente pertence. São três grupos de agentes equivalentes aos três grupos da dinâmica “Onça, Capivara, Grama”: *onça?*, *capivara?* e *grama?*, elas podem ser verdadeiras ou falsas e cada agente só tem uma delas como verdadeira e ela define a qual grupo aquele agente pertence. Esses valores representam, como na dinâmica presencial, carnívoros, herbívoros e plantas respectivamente;

2- A variável *energia* que define a longevidade de cada organismo e que diminui quando ocorre movimentação do agente e aumenta quando um agente consome outro;

3- A variável *posição*, que indica a posição do agente no espaço virtual da simulação.

As escalas dos grupos de agente vão até 250 em cada categoria, o que permite a extrapolação em cerca de dez vezes uma sala de aula de 75 alunos, que é maior que a média das salas de aula comuns, permitindo que os alunos observem cenários mais complexos do que os possíveis na dinâmica presencial.

3.3 Visão geral do processos

Quando a simulação é iniciada, um ambiente virtual é criado, formado por fragmentos chamados *patches* que vão abrigar os agentes. Esse espaço é formado por 112 x 54 *patches* sendo um mundo fechado onde ao fim dos patches existe uma barreira intransponível aos agentes.

A cada passagem de tempo (turno) dentro da simulação, os agentes do grupo grama permanecem parados sem executar ações, já os agentes dos grupos de animais vão executar uma série de ações incluindo movimentação, alimentação, mudança de grupo e morte.

3.3.1 Movimento

A cada turno os agentes do tipo onça e capivara se locomovem de maneira aleatória, podendo ser para qualquer direção em distâncias de zero até dois *patches* por turno.

3.3.2 Alimentação

A cada turno os agentes do tipo onça e capivara verificam se tem algum outro agente em contato com eles - se estão no mesmo *patch*. No caso da onça, se ela verificar que o outro agente é uma onça ou planta nada ocorre, porém se uma capivara for identificada a onça se alimenta dela aumentando sua energia. O caso dos agentes capivaras é análogo ao das onças, mas a alimentação ocorre quando a capivara entra em contato com o agente planta.

3.3.3 Mudança de grupo

Esse processo possui características especiais por ter a limitação de simular um grupo fixo de agentes do início ao fim da simulação. Assim os agentes não podem surgir ou desaparecer durante a simulação, pois os alunos da dinâmica presencial são os mesmos do início ao fim.

Para contornar essa limitação e manter a ideia de que a população que consome os alimentos vai se reproduzir e a população consumida vai passar por uma redução, a cada evento de consumo foi criado o processo de mudança de grupo, em que, através da mudança nos estados de verdadeiro e falso das variáveis de estado (*onça?*, *capivara?* e *grama?*) o agente muda de grupo, simulando a mudança de grupo que ocorre na dinâmica presencial quando um aluno toca o outro.

Quando um agente do grupo onça interage com qualquer outro agente, nenhuma mudança de grupo ocorre com o agente onça.

Quando um agente do grupo capivara interage com agente do grupo capivara ou grama nada ocorre ao agente capivara, mas caso a interação do agente capivara fosse com um agente do grupo onça o agente capivara muda sua variável *capivara?* para falso e sua variável *onça?* para verdadeiro, mudando para o grupo das onças e fazendo com que a simulação tenha agora uma onça a mais e uma capivara a menos.

Quando um agente do grupo grama interage com um agente do grupo onça nada ocorre com o agente grama, mas caso a interação do agente grama fosse com um agente do grupo capivara o agente grama muda sua variável *grama?* para falso e sua variável *capivara?* para verdadeiro, integrando agora o grupo das capivaras e fazendo com que a simulação tenha agora uma capivara a mais e uma grama a menos.

3.3.4 Morte

Por conta da mesma limitação do processo anterior a morte nessa simulação não pode ocorrer de maneira simples, na qual um agente deixa de existir, pois o número de agentes durante a simulação é fixo e determinado antes do início da simulação.

Para minimizar essa limitação no processo, os agentes passam por uma dinâmica em que ao se mover eles perdem energia e ao se alimentar eles ganham, sendo assim os que não se alimentarem o suficiente vão eventualmente chegar a zero de energia e quando isso ocorre sua variável verdadeira (seja ela *capivara?* ou *onça?*) muda para falso e sua variável *grama?* para verdadeiro, passando esse agente para o grupo das gramas.

Essa dinâmica cria um cenário onde os animais podem morrer de fome e também faz uma alusão a ideia que os corpos dos animais em decomposição associados ao solo podem servir de substrato e adubo para as gramas. Outra

importante função dessa dinâmica é criar um ciclo que pode dar à simulação estabilidade por um período de tempo determinado pela proporção inicial entre os grupos. Um detalhe acrescentado para colaborar com a estabilidade é que os agentes do tipo grama não passam pelo processo de morte para que não haja redução de agentes e nem que agentes animais surjam espontaneamente.

3.4 Design conceitual

3.4.1 Princípios básicos

A simulação presente neste trabalho tem como base modelos de predação consagrados da biblioteca do NetLogo, como o modelo Wolf-Sheep-Predation, e se distingue dos modelos já publicados pelas suas particularidades referentes às regras da dinâmica presencial que também dá base para o modelo.

3.4.2 Aleatoriedade

A fim de representar as variações aleatórias presentes na natureza, os processos possuem aspectos estocásticos e, dentre eles, temos a direção e distância dos movimentos a cada turno e a energia inicial de cada agente animal.

No primeiro caso fica representada a variedade de padrões de movimentos dos animais, o que também simula a aleatoriedade dos movimentos dos alunos que vão representar os animais na dinâmica presencial.

O segundo caso temos a variação no tempo de vida de cada animal representado, determinado pela sua energia, e, no caso, da dinâmica presencial, podemos representar as variações na energia do aluno para se movimentar durante a dinâmica.

3.4.3 Observação

As proporções da população e suas alterações podem ser observadas através do acompanhamento do ambiente principal onde os agentes estão dispostos e também em visores e gráficos à esquerda do ambiente principal. Ao todo são três maneiras de acompanhar a simulação que, acrescentados à experiência presencial da dinâmica, podem formar uma percepção multidimensional das interações simuladas.

3.4.4 Aprendizado

Ao comparar as observações feitas na simulação e as experiências dos alunos na dinâmica presencial é possível criar um entendimento da cadeia alimentar que pode ser complementado por referencial teórico formando um saber mais completo dos processos e interações ecológicas de uma cadeia alimentar simples com plantas, herbívoros e carnívoros .

3.5 Inicialização

Para iniciar o modelo é necessário definir o cenário: A (distribuição aleatória dos agentes) ou cenário B (os agentes do grupo onça começam juntos e um canto do mapa enquanto no canto oposto os agentes do grupo capivara começam juntos e os agentes do grupo grama têm distribuição aleatória).

Em seguida deve-se definir a quantidade inicial de agentes de cada grupo, com valores entre zero e 250 para cada grupo, sendo assim a simulação pode ter entre zero e 750 agentes.

Ao definir o cenário, as densidades e as proporções dos grupos, a função *Setup* pode ser ativada fazendo com que o ambiente digital seja populado de acordo com as definições escolhidas.

Em seguida é possível executar a função *Go* fazendo com que o tempo avance em um turno ou *Go ∞* , fazendo com que o tempo passe de maneira contínua turno a turno.

3.6 Inserção de dados

Atualmente o modelo não comporta inserção de dados após sua inicialização, porém versões futuras ou extensões do modelo podem vir a ter inserções de dados que simulem migrações, novas espécies na região, doenças, caça entre outras interações que ocorrem no mundo real e afetam as cadeias alimentares do local.

3.7 Submodelos

O modelo atual não possui submodelos, porém versões futuras podem se beneficiar de submodelos para a fome, saciedade, padrões complexos de perseguição e fuga, comportamento afetado pelo relevo do solo e período do dia.

4. APLICAÇÕES DO MODELO

O modelo desenvolvido neste trabalho tem como público alvo crianças de ensino fundamental, servindo como ferramenta complementar a ser usada em aulas de biologia tendo dois principais cenários de aplicação.

4.1 Cenário: Ensino a distância

Em contextos como o da pandemia do vírus SARS-CoV-2, causador da Covid-19, o ensino a distância se torna o principal veículo de aprendizado de alunos do ensino fundamental. Neste cenário atividades presenciais como o jogo predador-presa perdem espaço devido ao distanciamento social, em contrapartida os modelos baseados em agentes desenvolvidos em ambiente digital ganham espaço pois podem ser utilizados em videochamadas durante as aulas

O modelo “Onça, Capivara, Grama” deve ser apresentado e executado junto aos educandos após a exposição e construção prévia do embasamento teórico da temática das relações alimentares aos mesmos. Após a execução do modelo ele deve ser discutido e correlacionado aos temas previamente apresentados aos educandos, incentivando os mesmos a propor e solucionar problemas oriundos das discussões.

4.2 Cenário: Ensino a presencial

Em contexto onde o distanciamento social não se faz necessário temos o ensino presencial como principal veículo de aprendizado dos alunos do ensino fundamental . Neste cenário, atividades presenciais têm grande valor no processo de aprendizado e não devem de forma alguma ser descartadas.

O modelo “Onça, Capivara, Grama” deve ser apresentado e executado em conjunto ao jogo predador-presa (Onça, Capivara, Grama) junto aos educandos após a exposição e construção prévia do embasamento teórico da temática das relações alimentares aos mesmos. Após a execução do modelo ele deve ser discutido e correlacionado aos temas previamente apresentados aos educandos, incentivando os mesmos a propor e solucionar problemas oriundos das discussões.

Esse segundo cenário permite discussões muito mais variadas e complexas que o cenário dois, pois as semelhanças e diferenças do modelo baseado em agentes e sua contraparte presencial fomentam discussões de diferenças de composição dos grupos organismos e sobre os comportamentos de perseguição e caça das crianças, agentes programados e os organismos simulados.

5. DISCUSSÃO

É perceptível como as temáticas que giram em torno de interações se encaixam de maneira eficiente com atividades educativas que exploram essas interações criando regras e objetivos que representam as interações. A atividade presencial “Onça, Capivara e Grama” e o modelo baseado em agentes homônimo,

desenvolvido neste trabalho, buscam executar essa visão ao implementar dinâmicas que espelham as interações alimentares das onças e capivaras.

As principais limitações na dinâmica presencial são: o pequeno número de participantes pode impactar nas dinâmicas populacionais - o impacto das flutuações que vão ocorrer devido às mudanças de grupos durante a dinâmica tende a ser maior em grupos menores; e a falta de entrada e saída de indivíduos durante a dinâmica. Essas limitações podem afetar a percepção de vários efeitos que influenciam na cadeia alimentar no mundo real como outros animais, ação humana, taxas de reprodução e mortalidade, doenças e eventos migratórios.

No modelo baseado em agentes a limitação amostral da dinâmica presencial pode ser resolvida adicionando agentes na inicialização da simulação, porém a situação do sistema fechado se repete no modelo por ter como proposta refletir a dinâmica presencial. Abertura do sistema para um número variável de agentes pode acrescentar muito a sua complexidade e realismo, porém causaria distanciamento da experiência da dinâmica presencial, dificultando a correlação dos conhecimentos adquiridos pelas duas metodologias.

O avanço do entendimento e uso de ABM como instrumento didático tem muito a oferecer ao ensino de biologia, que facilmente pode se tornar abstrato e maçante. Os ABM são dinâmicos e se assemelham a jogos digitais que têm uma maior proximidade da realidade dos alunos atuais do que dinâmicas presenciais, sobretudo em períodos de pandemia e isolamento social, nos quais atividades remotas ganham destaque.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. A. DE; LIMA, G. DA S.; PEREIRA, B. L. A. DES/FIANDO DIÁLOGOS SOBRE O CONCEITO DE CADEIA ALIMENTAR EM UMA AULA DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL. **ENSAIO PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (BELO HORIZONTE)**, v. 21, 25 NOV. 2019.

ALVES, R. M. M.; DE ARAUJO, M. S. M.; LUSTOSA, M. S. **O JOGO PEDAGÓGICO NO ENSINO DE BIOLOGIA: UMA ABORDAGEM EM SALA DE AULA**. IN: 12º CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. CURITIBA: 2015.

ALVES, M.; BEGO, A. M. A Celeuma em Torno da Temática do Planejamento Didático-Pedagógico: Definição e Caracterização de seus Elementos Constituintes. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 71–96, 26 out. 2020.

BODINE, E. N. ET AL. AGENT-BASED MODELING AND SIMULATION IN MATHEMATICS AND BIOLOGY EDUCATION. **BULLETIN OF MATHEMATICAL BIOLOGY**, v. 82, n. 8, p. 101, 28 JUL. 2020.

CAVALCANTI, S. M. C.; GESE, E. M. KILL RATES AND PREDATION PATTERNS OF JAGUARS (PANTHERA ONCA) IN THE SOUTHERN PANTANAL, BRAZIL. **JOURNAL OF MAMMALOGY**, v. 91, n. 3, p. 722–736, 16 JUN. 2010.

DE MARCHI, S.; PAGE, S. E. AGENT-BASED MODELS. **ANNUAL REVIEW OF POLITICAL SCIENCE**, v. 17, n. 1, p. 1–20, 2014.

FALKEMBACH, G. A. M. O LÚDICO E OS JOGOS EDUCACIONAIS. **MÍDIAS NA EDUCAÇÃO**, p. 8, 2007.

FARIAS, N. D. S.; SANTOS, R. S. **O LÚDICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS PARA A 6ª SÉRIE DO ENSINO FUNDAMENTAL**. TCC-SANTO ANTONIO DO TAUÁ: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA, 2015.

FAVORETTI, V.; SILVA, V. V.; LIMA, R. A. O ENSINO DE ECOLOGIA: UMA ANÁLISE DE SUA ABORDAGEM EM ESCOLAS DE ENSINO MÉDIO ENTRE 2008-2018. **ACTIO: DOCÊNCIA EM CIÊNCIAS**, v. 5, n. 1, p. 1–18, 9 ABR. 2020.

GAMMACK, D. USING NETLOGO AS A TOOL TO ENCOURAGE SCIENTIFIC THINKING ACROSS DISCIPLINES. **JOURNAL OF TEACHING AND LEARNING WITH TECHNOLOGY**, p. 22–39, 30 JUN. 2015.

GRIMM, V. ET AL. A STANDARD PROTOCOL FOR DESCRIBING INDIVIDUAL-BASED AND AGENT-BASED MODELS. **ECOLOGICAL MODELING**, v. 198, n. 1, p. 115–126, 15 SET. 2006.

GRIMM, V. ET AL. THE ODD PROTOCOL FOR DESCRIBING AGENT-BASED AND OTHER SIMULATION MODELS: A SECOND UPDATE TO IMPROVE CLARITY, REPLICATION, AND STRUCTURAL REALISM. **JOURNAL OF ARTIFICIAL SOCIETIES AND SOCIAL SIMULATION**, v. 23, n. 2, p. 7, 2020.

KRASILCHIK, M. **PRÁTICA DE ENSINO DE BIOLOGIA**. 4. ED. SÃO PAULO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2004. v. 1

LONGHI-WAGNER, H. M. POACEAE: AN OVERVIEW WITH REFERENCE TO BRAZIL. **RODRIGUÉSIA**, v. 63, n. 1, p. 089–100, MAR. 2012.

MACDONALD, D. ET AL. SOCIAL ORGANIZATION AND RESOURCE USE IN CAPYBARAS AND MARAS. **RODENT SOCIETIES, AN ECOLOGICAL AND EVOLUTIONARY PERSPECTIVE**, p. 393–402, 1 JAN. 2007.

MIRANDA, S. DE. **OFICINA DE LUDICIDADE NA ESCOLA**. 1. ED. CAMPINAS: PAPIRUS, 2013. v. 1

MOREIRA, J. R. ET AL. TAXONOMY, NATURAL HISTORY AND DISTRIBUTION OF THE CAPYBARA. IN: MOREIRA, J. R. ET AL. (EDS.). . **CAPYBARA: BIOLOGY, USE AND CONSERVATION OF AN EXCEPTIONAL NEOTROPICAL SPECIES**. NEW YORK, NY: SPRINGER, 2013. p. 3–37.

MOTOKANE, M. T.; TRIVELATO, S. L. F. **REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE ECOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**. II. **ANAIS...** IN: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. 1999.

SANDERSON, E. W.; REDFORD, K. H.; CHETKIEWICZ, C.-L. B. PLANNING TO SAVE A SPECIES: THE JAGUAR AS A MODEL. **CONSERVATION IN PRACTICE**, v. 16, n. 1, p. 58–72, 5 OUT. 2011.

WILENSKY, U.; TISUE, S. **NetLogo: A SIMPLE ENVIRONMENT FOR MODELING COMPLEXITY**. IN INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPLEX SYSTEMS. 2004.

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
APRESENTAÇÃO REMOTA

Discente: RAFAEL PERES FERREIRA PEREIRA

Título: "O uso de modelos baseados em agentes como atividade complementar à dinâmica presencial no ensino de ecologia de comunidades e cadeias alimentares."

Orientador: Prof. Dr. Fabio Stucchi Vannucchi

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/ Gerenciamento Costeiro

| COMISSÃO EXAMINADORA | CONCEITO |
|-------------------------------------|----------|
| Prof. Dr. Fabio Stucchi Vannucchi | Aprovado |
| Profa. Dra. Maíra Batistoni e Silva | Aprovado |

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que o discente **Rafael Peres Ferreira Pereira** obteve o seguinte conceito:

APROVADO

REPROVADO

São Vicente, 24 de janeiro de 2022.



Prof. Dr. Fabio Stucchi Vannucchi
(Orientador)



Profa. Dra. Maíra Batistoni e Silva