

SIMULAÇÃO TERRITORIAL E EDUCAÇÃO AGROECOLÓGICA NO CERRADO: A ARQUITETURA PEDAGÓGICA DO PROJETO RESERVA ARARAS

Hélio Craveiro Pessoa Júnior¹.

¹Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal.

<http://lattes.cnpq.br/1415349950533370>

RESUMO: Este trabalho apresenta e analisa o Reserva Araras, uma simulação educacional desenvolvida em Google Apps Script para apoiar a educação agroecológica nos anos iniciais do Ensino Fundamental. O projeto está disponível no repositório público [ReservaAraras/Game](#), que reúne código-fonte, documentação e testes. A pesquisa é aplicada, qualitativa, descritiva e exploratória, baseada na análise documental, na inspeção do código e nos testes automatizados. O jogo representa um território com 48 parcelas, quatro destinadas à proteção hídrica, e orçamento limitado para o manejo. Em cada rodada, o estudante formula uma pergunta e uma hipótese, realiza uma intervenção, compara indicadores e registra sua explicação e o próximo teste. A análise identificou coerência entre as regras implementadas e esse percurso investigativo, mas também limitações de segurança, funcionamento e avaliação. A proposta permite discutir escolhas relacionadas à produção, à conservação, à água e ao orçamento, com mediação docente. Sua aplicação-piloto depende de correções técnicas e cuidados com os dados dos participantes. A contribuição para a aprendizagem e a adequação das relações ambientais representadas ainda precisam ser avaliadas em estudos específicos.

PALAVRAS-CHAVE: Agroecologia. Simulação territorial. Educação agroambiental.

TERRITORIAL SIMULATION AND AGROECOLOGICAL EDUCATION IN THE CERRADO: THE PEDAGOGICAL ARCHITECTURE OF THE RESERVA ARARAS PROJECT

ABSTRACT: This paper presents and analyzes Reserva Araras, an educational simulation developed with Google Apps Script to support agroecological education in the early years of elementary school. The project is available in the public [ReservaAraras/Game](#) repository, which contains source code, documentation, and tests. This applied, qualitative, descriptive, and exploratory study draws on document analysis, code inspection, and automated tests. The game represents a territory with 48 land tiles, four designated for water protection, and a limited management budget. In each round, students formulate a question and a hypothesis, perform one intervention, compare indicators, and record their explanation and next test. The analysis identified coherence between the implemented rules and this inquiry process, alongside limitations in security, operation, and evaluation. With teacher guidance, the simulation allows students to discuss choices involving production, conservation, water,

and budget constraints. A school pilot requires technical corrections and measures to protect participant data. Its contribution to learning and the adequacy of the environmental relationships represented still require further assessment.

KEYWORDS: Agroecology. Territorial simulation. Agro-environmental education.

INTRODUÇÃO

Conciliar a produção agropecuária com a conservação do Cerrado exige relacionar biodiversidade, água, uso do solo, custos e participação social. O bioma reúne grande diversidade biológica, mas sofre pressões associadas à conversão da vegetação nativa e à intensificação do uso da terra (KLINK; MACHADO, 2005). A proteção dessa vegetação, prevista na Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), também permite discutir responsabilidades e limites do manejo.

A agroecologia articula processos ecológicos, sociais e econômicos, valorizando diversidade, sinergias, resiliência, construção conjunta de conhecimentos e governança responsável (FAO, 2018). A biodiversidade participa da ciclagem de nutrientes e da regulação hídrica nos agroecossistemas (ALTIERI, 1999). Os sistemas agroflorestais exemplificam essa articulação ao combinar atividades produtivas com benefícios para o carbono, o solo, a biodiversidade e a água (JOSE, 2009).

Na escola, o desafio é abordar essas relações sem tratar produção e preservação como escolhas sempre incompatíveis nem reduzir a sustentabilidade a um número. Os sistemas socioecológicos envolvem recursos, atores, regras e interações em diferentes escalas (OSTROM, 2009). Sua compreensão exige relacionar decisões locais às consequências para a paisagem.

A aprendizagem por investigação favorece esse trabalho ao articular perguntas, hipóteses, análise de dados, conclusões e discussão (PEDASTE et al., 2015). Jogos e simulações podem apoiar a exploração de alternativas (BARAB; DEDE, 2007), desde que o professor oriente a interpretação dos resultados e dos limites do modelo. A proposta se aproxima da investigação, da argumentação e da responsabilidade valorizadas pela Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018).

O Reserva Araras representa um território dividido em parcelas, no qual os estudantes experimentam ações de manejo com orçamento limitado. As escolhas produzem efeitos distintos, convidando os grupos a comparar resultados e justificar prioridades.

Pergunta-se, portanto, como essa simulação pode apoiar a compreensão das relações entre produção, conservação, água, orçamento e tomada de decisão. O estudo examina suas funções e possibilidades pedagógicas, sem atribuir aos resultados valor de previsão ambiental, certificação ou recomendação de manejo.

OBJETIVO

Apresentar e analisar a organização pedagógica e técnica do Reserva Araras, considerando as relações entre território, manejo, proteção da água, orçamento e caderno de investigação.

De forma específica, busca-se descrever o papel das parcelas na realização e na observação das intervenções; comparar os efeitos das estratégias de manejo; discutir o uso dos indicadores na elaboração de argumentos; examinar a regra de uma intervenção por rodada; e propor uma aplicação-piloto supervisionada. Também se procura distinguir o que já foi verificado no funcionamento do código daquilo que ainda depende de avaliação com estudantes ou de estudos ambientais.

METODOLOGIA

A pesquisa é aplicada, qualitativa, descritiva e exploratória, com apoio de dados quantitativos sobre as regras da simulação. O estudo de caso tecnológico dialoga com a pesquisa baseada em design, que aproxima o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem da análise dos princípios que os orientam (WANG; HANNAFIN, 2005).

Foram examinados os relatórios técnico e de arquitetura, os arquivos da aplicação, os serviços de cálculo e armazenamento, as figuras conceituais e os testes automatizados. A análise compreendeu quatro etapas: identificação dos componentes ativos; levantamento de regras, custos, fórmulas e registros; exame da relação entre ação, validação, cálculo e documentação da atividade; e conferência da correspondência entre documentação, código e testes.

As funções disponíveis aos estudantes foram diferenciadas dos módulos auxiliares e das possibilidades de desenvolvimento futuro. Essa distinção evita atribuir ao jogo recursos que ainda não fazem parte da experiência de uso. Os aspectos técnicos foram examinados conforme sua contribuição para a atividade pedagógica e para a proteção dos dados.

Consideraram-se quatro dimensões: presença das regras no código, funcionamento da aplicação publicada, contribuição para a aprendizagem e correspondência das relações ambientais com situações reais. Apenas a primeira foi examinada por inspeção e testes locais. As demais requerem testes na aplicação, estudos com participantes e comparação com dados ambientais. Não houve atividades com estudantes nem coleta de dados pessoais nesta etapa.

O relatório registra que, em 25 de agosto de 2026, o comando `npm run verify` aprovou os 27 testes então existentes e as verificações do relatório e das referências. Esse resultado não substitui testes no navegador, na comunicação com Google Sheets e Drive ou em sala de aula.

Para uma etapa posterior, propõe-se um piloto com duas sessões de 50 minutos e grupos de três a cinco estudantes. A primeira envolveria leitura do mapa, definição do problema e hipótese; a segunda, intervenção, comparação e discussão das explicações. O professor ajustaria a atividade ao ano escolar e às condições de leitura. Sua realização

depende das correções técnicas e dos cuidados com os dados apresentados adiante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Eixo 1 – As decisões sobre as parcelas e seus efeitos no território

O mapa tem uma grade de 8×6 , totalizando 48 parcelas. Cada uma permite localizar a intervenção, enquanto os indicadores mostram seus efeitos no território inteiro. Essa organização relaciona a decisão local às mudanças na paisagem.

Quatro parcelas de proteção hídrica não podem ser removidas. A regra permite discutir nascentes, planejamento e responsabilidade com a água diante de interesses concorrentes. Trata-se de uma simplificação didática, que não reproduz a configuração espacial nem as exigências legais de uma propriedade real.

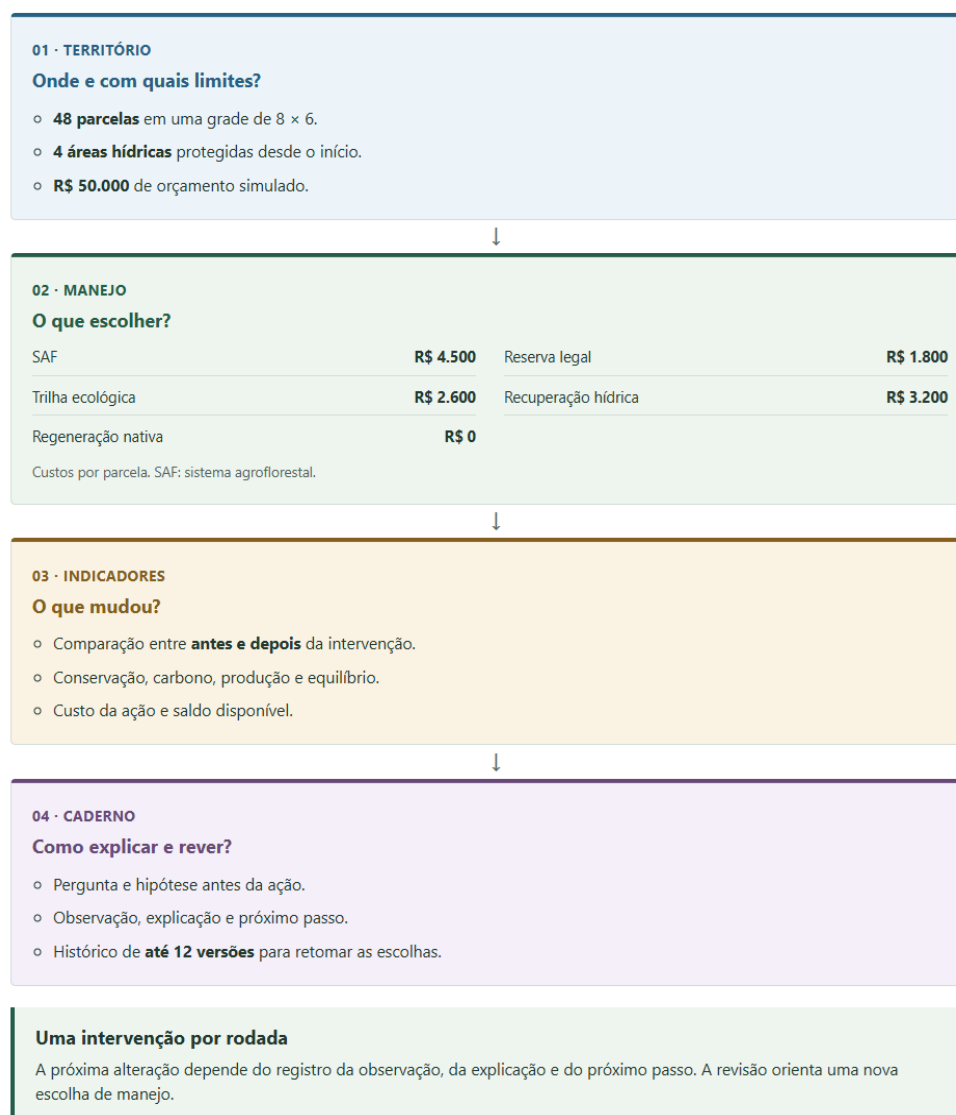
O orçamento inicial de R\$ 50.000, em valores simulados, exige definir prioridades. O mapa reúne o local da intervenção, os limites ambientais e os recursos disponíveis; os indicadores e o histórico permitem acompanhar as escolhas.

A Figura 1 sintetiza as relações entre território, manejo, indicadores e caderno de investigação, incluindo as regras de cálculo e a mediação docente.

Figura 1: Organização conceitual do projeto Reserva Araras

Como as partes do jogo se relacionam

Leia da esquerda para a direita. Em telas menores, acompanhe os blocos de cima para baixo.



Como os indicadores são calculados

Nas fórmulas, os nomes dos usos indicam a quantidade de parcelas de cada tipo. Carbono e produção são apresentados em unidades didáticas internas.

Conservação (%)

$$100 \times (\text{nativas} + \text{reservas} + \text{água}) \div 48$$

Proporção de parcelas consideradas conservadas pelo modelo.

Carbono

$$120 + 18 \times \text{reservas} + 7 \times \text{SAF}$$

Valor de referência acrescido das contribuições de reserva e SAF.

Produção

$$12 \times \text{SAF} + 5 \times \text{trilhas}$$

Não representa quantidade de alimentos nem renda real.

Equilíbrio

$$0,8 \times \text{conservação} + \text{até 20 pontos de SAF}$$

São 2 pontos por SAF. O resultado final é limitado a 100.

Avaliação conjunta: 40% conservação + 25% carbono + 15% produção + 20% equilíbrio. Antes da combinação, carbono e produção são ajustados às escalas de referência de 300 e 240. Essa avaliação é diferente do indicador de equilíbrio.

Mediação do professor

Ajuda a formular perguntas, comparar estratégias, justificar escolhas e reconhecer o que o modelo não representa. Os indicadores servem à discussão, não à atribuição de notas.

Suporte do sistema

O servidor verifica as regras e recalcula os indicadores. O Google Sheets guarda usuários, sessões, atividades e registros de operações. A conferência das versões e a proteção dos dados ainda exigem melhorias.

Fonte: elaborada pelo autor (2026).

Nessa organização, a comparação dos indicadores ajuda a explicar o resultado e a planejar uma nova intervenção. Durante o uso previsto do jogo, o servidor verifica se a ação respeita os limites territoriais e as etapas da investigação. Essa verificação sustenta a sequência da atividade, embora ainda existam limitações na conferência dos dados enviados pelo navegador, discutidas no Eixo 4.

O funcionamento principal utiliza cinco arquivos de interface, responsáveis pela página, pelos estilos, pela entrada do usuário, pela cena e pelas ações no navegador. Os serviços do servidor cuidam da identificação dos usuários, dos cálculos da simulação, dos recursos visuais e do registro das atividades. Os dados ficam no Google Sheets, em quatro abas: Players, Sessions, Saves e Audit, destinadas, respectivamente, aos usuários, às sessões, às atividades salvas e aos registros de operações. Essa estrutura facilita a identificação de onde cada informação é tratada.

Eixo 2 – Escolhas de manejo: produção, conservação, água e orçamento

As opções disponíveis são sistema agroflorestal (SAF), reserva legal, trilha ecológica, recuperação hídrica e regeneração nativa. A integração lavoura-pecuária-floresta existe em um serviço auxiliar, mas não pode ser selecionada no mapa.

Cada alternativa relaciona produção e conservação de uma maneira. O SAF combina usos produtivos e cobertura vegetal; a reserva amplia a proteção e o carbono; a trilha associa uso educativo e paisagem; e a recuperação hídrica enfatiza a água. Seus custos e efeitos permitem discutir a adequação das escolhas à pergunta do grupo.

Na simulação, o SAF aumenta produção e carbono, reduz o saldo e diminui ligeiramente a proporção considerada conservada. A reserva apresenta outra relação entre custo e carbono. A trilha acrescenta menos à produção e altera o equilíbrio calculado. A recuperação hídrica mantém a proporção conservada, mas consome recursos. A comparação evidencia diferentes prioridades.

A conservação corresponde à proporção de parcelas nativas, de reserva e de água. O carbono parte de 120 unidades, acrescidas de 18 por reserva e 7 por SAF. A produção soma 12 por SAF e 5 por trilha. O equilíbrio combina 80% do valor de conservação com uma contribuição do SAF limitada a 20 pontos.

Há também uma avaliação conjunta: após ajustar as escalas de carbono e produção, o sistema atribui pesos de 40% à conservação, 25% ao carbono, 15% à produção e 20% ao equilíbrio. Explicitar esses pesos permite discutir como as fórmulas influenciam a avaliação, sem substituir os indicadores separados nem a justificativa da decisão.

Os cálculos são simplificações didáticas, sem calibração para propriedades rurais. Não substituem inventários ecológicos, análises de solo ou avaliações econômicas. O indicador de produção não mede a quantidade ou a qualidade nutricional dos alimentos. Esses limites precisam acompanhar a discussão sobre diversidade, água e funções ecológicas.

Eixo 3 – O uso dos indicadores na investigação e na argumentação

A Figura 2 apresenta sete etapas da atividade, relacionando as ações do estudante às verificações e aos registros do jogo.

Figura 2: Etapas da investigação, da entrada no jogo à revisão

O estudante registra uma previsão, altera uma parcela e compara os resultados. A explicação e a proposta do próximo teste completam a rodada.

Etapa	O que o estudante faz	Como o jogo acompanha
1	Entrar no jogo Acessa sua conta com a orientação do professor.	Confere a identificação do usuário e cria ou retoma uma sessão de acesso, com validade de 12 horas.
2	Conhecer o mapa Observa as parcelas, as áreas hídricas, as ferramentas e o orçamento.	Na situação inicial, apresenta 48 parcelas, quatro áreas hídricas protegidas e R\$ 50.000 de orçamento simulado.
3	Formular a pergunta e a hipótese Define o que pretende investigar e registra o resultado que espera observar.	Oferece campos para a pergunta e a hipótese. Exige o registro da previsão antes da intervenção.
4	Realizar uma intervenção Escolhe uma parcela e uma ação de manejo para testar a hipótese.	Verifica a sessão, a ferramenta, o orçamento, a proteção da água e as pendências da rodada. Registra a situação anterior para comparação.
5	Observar os resultados Compara os indicadores de antes e depois da ação e registra o que mudou.	Recalcula conservação, carbono, produção e equilíbrio, além de atualizar o saldo disponível.
6	Explicar a escolha e o resultado Relaciona a intervenção aos indicadores e verifica se o resultado corresponde à hipótese.	Mantém o espaço para a explicação. A interpretação cabe ao estudante, com a mediação do professor.
7	Revisar e salvar a atividade Propõe o próximo teste e salva a atividade para retomá-la depois.	Ao concluir a comparação, registra uma versão no histórico, limitado a 12 versões. O salvamento guarda a atividade vinculada ao usuário.

Quando a próxima intervenção é liberada?

Depois do preenchimento de **observação, explicação e próximo passo**. Salvar a atividade não substitui esses registros.

Retorno ao ciclo: rever a hipótese → escolher uma nova intervenção → comparar os resultados.

Mediação durante todo o percurso

O professor ajuda a formular a pergunta, solicita justificativas, compara as estratégias dos grupos e discute o que a simulação deixa de representar.

Uma mudança por vez

A regra facilita a comparação dentro do modelo. Ela não comprova que a mesma intervenção terá o mesmo efeito em um território real.

Condição para o uso escolar

O fluxo representa a atividade prevista no jogo. As verificações existentes ainda não garantem a integridade de todo o histórico; segurança, controle das versões e funcionamento na aplicação publicada precisam ser revistos antes do piloto.

Fonte: elaborada pelo autor (2026).

A atividade articula pergunta, hipótese, intervenção, evidência, explicação e revisão. Antes de modificar o mapa, o estudante registra sua previsão; depois, compara os indicadores. Uma nova intervenção depende do registro da observação, da explicação e do próximo teste.

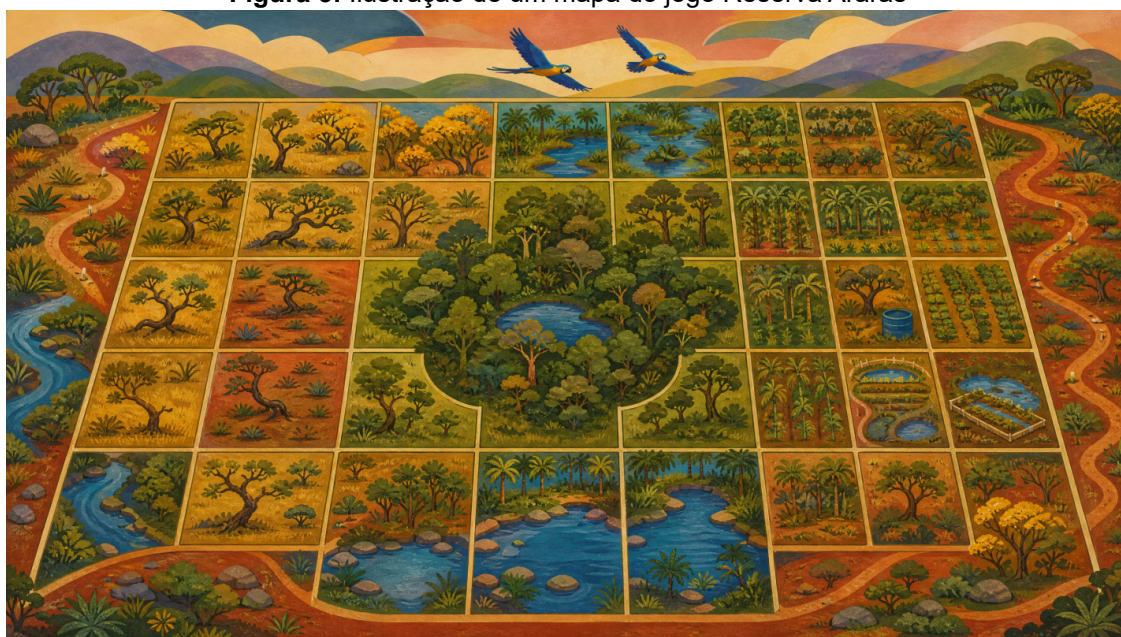
O caderno aceita até 240 caracteres para a pergunta, 600 para a hipótese, 600 para a observação, 800 para a explicação e 400 para o próximo passo. O histórico mantém até 12 versões com parcela, intervenção, custo, indicadores e revisão, permitindo retomar decisões e argumentos.

Uma alteração por rodada facilita relacionar a escolha ao resultado e confrontá-lo com a hipótese. Essa relação se restringe às regras do simulador: em territórios reais, outros fatores interferem nos resultados.

O percurso inclui entrada, leitura do mapa, pergunta e hipótese, intervenção, observação, explicação e revisão com salvamento. Salvar não substitui os registros exigidos para a próxima intervenção. Os indicadores precisam ser interpretados conforme a pergunta inicial e os limites do modelo.

A Figura 3 ilustra um mapa do jogo Reserva Araras e pode apoiar a leitura coletiva do território e a escolha das parcelas, complementando a organização conceitual e o percurso investigativo.

Figura 3: Ilustração de um mapa do jogo Reserva Araras



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A mediação docente acompanha todo o percurso. Cabe ao professor explicar o vocabulário, explorar resultados que pareçam contraditórios, reunir as estratégias dos grupos e discutir os aspectos que a simulação não contempla. Para estudantes em processo de alfabetização, a atividade pode incluir leitura compartilhada e registro das respostas ditadas ao professor. Assim, as dificuldades de escrita não precisam impedir a participação na investigação.

Eixo 4 – Transparência, segurança e limites da avaliação

Custos, fórmulas e condições para novas ações estão documentados, permitindo ao professor examinar os pressupostos do jogo. O histórico associado ao usuário ajuda a retomar o percurso dos grupos.

As sessões duram 12 horas, e os salvamentos aceitam até 45.000 caracteres. Há controle de gravações simultâneas e prevenção de entradas interpretadas como fórmulas na planilha. Entretanto, as buscas percorrem faixas inteiras de dados, sem limpeza periódica de sessões e registros, exigindo avaliar capacidade e manutenção antes de ampliar o uso.

O relatório identificou limitações de segurança: a configuração permite acesso anônimo com as permissões de quem publicou o jogo, há rotinas administrativas sem autenticação e a página pode ser incorporada a outros sites. A lista de chamadas da interface não controla o acesso ao servidor. Esses pontos exigem revisão antes da abertura ao público.

As senhas são armazenadas sem proteção criptográfica, apesar do nome passwordHash. Além disso, o servidor verifica o formato dos dados recebidos, mas não compara mapa, orçamento e histórico com uma versão anterior sob seu controle. Validar uma ação, portanto, não garante a integridade do percurso inteiro.

Os testes verificam regras, dados, identificação, hipótese, bloqueio de novas intervenções, evidências e autoria dos salvamentos. Parte executa funções isoladas; outra procura padrões nos arquivos. Não cobrem o percurso completo no navegador, a integração com Sheets e Drive ou acessos simultâneos. As declarações em evidence.json também precisam de registros, procedimentos e resultados verificáveis.

O projeto permanece em testes internos. Antes do piloto, é necessário proteger senhas e rotinas administrativas, definir dados coletados e prazos de guarda, controlar versões do mapa, corrigir a navegação por teclado e testar a aplicação publicada. Essas medidas devem anteceder a participação dos estudantes.

Os resultados sustentam a análise da coerência da proposta, mas não demonstram melhoria da aprendizagem nem precisão ambiental. Essa distinção orienta a pesquisa e o planejamento escolar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Reserva Araras organiza decisões agroambientais em um percurso investigativo: as parcelas situam as intervenções, a proteção hídrica estabelece limites, o orçamento exige prioridades e os indicadores permitem comparar resultados. O caderno reúne hipóteses, observações e explicações.

A análise mostrou coerência entre essa proposta pedagógica e as regras presentes no código. A realização de uma intervenção por rodada facilita a comparação entre a previsão e o resultado da simulação. O acesso às fórmulas também permite discutir como o próprio modelo influencia as respostas. São possibilidades de trabalho pedagógico que ainda precisam ser examinadas em atividades com a turma.

Com mediação docente e adaptação à turma, o jogo pode aproximar produção e

conservação de situações que exigem escolher, justificar e rever decisões. A futura avaliação deve observar explicações, participação nas discussões e revisão de hipóteses.

Antes disso, são necessárias correções de segurança, proteção dos dados e verificação da aplicação publicada. A avaliação da aprendizagem e a revisão das relações ambientais deverão orientar o desenvolvimento posterior, sem confundir funcionamento técnico com eficácia pedagógica.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, Miguel A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 74, n. 1-3, p. 19-31, 1999. DOI: 10.1016/S0167-8809(99)00028-6.
- BARAB, Sasha A.; DEDE, Chris. Games and immersive participatory simulations for science education: an emerging type of curricula. **Journal of Science Education and Technology**, New York, v. 16, n. 1, p. 1-3, 2007.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Presidência da República, 2012.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília, DF: MEC, 2018.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The 10 elements of agroecology**: guiding the transition to sustainable food and agricultural systems. Rome: FAO, 2018.
- JOSE, Shibu. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 76, n. 1, p. 1-10, 2009. DOI: 10.1007/s10457-009-9229-7.
- KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- OSTROM, Elinor. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. **Science**, Washington, DC, v. 325, n. 5939, p. 419-422, 2009. DOI: 10.1126/science.1172133.
- PEDASTE, Margus et al. Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, Amsterdam, v. 14, p. 47-61, 2015. DOI: 10.1016/j.edurev.2015.02.003.
- WANG, Feng; HANNAFIN, Michael J. Design-based research and technology-enhanced learning environments. **Educational Technology Research and Development**, New York, v. 53, n. 4, p. 5-23, 2005.