

O MONITORAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA NOS BIOMAS BRASILEIROS E O GAIA EM JOGO: UMA PROPOSTA DE POPULARIZAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Mariane Souza Reis, Tainá Oliveira Assis, Carolline Tressmann Cairo, Cassiano Gustavo Messias, Eduardo Felipe Marcelino Bastos, Luiz Henrique Almeida Gusmão, Rodrigo de Almeida, Manoel Ribeiro Rodrigues Neto, Dayane Rafaela Vidal de Moraes, Noeli Aline Particcelli Moreira, Izaias de Souza Silva, Luciana de Souza Soler, Kleber Pinheiro Naccarato, Cláudio Aparecido de Almeida

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos 12227-010, Brasil.
E-mail da primeira autora: mariane.reis@inpe.br

RESUMO

O Programa de Monitoramento da Amazônia e Demais Biomas (PMAZ+) abriga importantes sistemas de monitoramento e mapeamento de mudanças de cobertura da terra no Brasil. No entanto, as metodologias utilizadas e impactos dos resultados do programa ainda são desconhecidos do público geral. O presente artigo objetivou analisar o potencial de Gaia em Jogo como veículo de divulgação do PAMZ+ e também como ferramenta de reflexão dos impactos socioambientais decorrentes de mudanças de uso e cobertura da terra. Essa análise foi feita por meio da revisão bibliográfica das publicações de ambos os projetos, partidas preliminares e abstração *ad hoc* de possíveis situações relacionadas aos temas do PAMZ+ e seus impactos no sistema terrestre. Conclui-se que diversos temas explorados no contexto do PAMZ+ se enquadram na estrutura atual de Gaia em Jogo e podem ser divulgados por meio de um baralho complementar.

Palavras-chave – Educação ambiental, jogos sérios, PRODES, DETER, TerraClass.

ABSTRACT

The Monitoring of Amazon and other Biomes Program (PMAZ+) encompasses important systems for monitoring and mapping land cover changes in Brazil. However, the used methodologies and impacts of the program's results are still largely unknown to the general public. This article aimed to analyze the potential of Game of Gaia as a vehicle for publicizing PAMZ+ results, and also as a reflection tool regarding the socio-environmental impacts promoted by land use and land cover changes. This analysis was carried out through a bibliographic review of publications from both projects, preliminary matches, and the ad hoc abstraction of possible situations related to PAMZ+ themes and their impacts on the Earth system. Several themes explored in the context of PAMZ+ fit into the current structure of Game of Gaia and can be disseminated through a complementary deck.

Keywords – Environmental education, serious games, PRODES, DETER, TerraClass.

1. INTRODUÇÃO

Mudanças no uso e cobertura da terra possuem impactos diretos em sistemas locais e globais, que vão de alterações na composição da atmosfera a extensivas alterações nos ecossistemas terrestres [1]. Dentre os principais impactos, podem ser destacados a emissão de gases do efeito estufa, a perda da biodiversidade e a degradação de serviços ambientais, como produção primária, processos de polinização, degradação da qualidade do solo, manutenção de ciclos da água, manutenção de ciclos biogeoquímicos e regulação climática [2, 3].

Quantificar e caracterizar mudanças de uso e cobertura da terra é o primeiro passo para a implementação de políticas de controle e mitigação para os impactos causados por essas mudanças. Nesse sentido, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) monitora a Amazônia Legal Brasileira (ALB) desde 1988 por meio do Programa de Monitoramento da Amazônia Brasileira por Satélites (PRODES) [4, 5], com diversos projetos em processo de implantação para monitoramento também dos demais biomas brasileiros. Atualmente, o PRODES está inserido no Programa de Monitoramento da Amazônia e Demais Biomas (PAMZ+), juntamente com o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) [5], o sistema de mapeamento do uso e ocupação da terra (TerraClass) [6], e o Programa Queimadas (<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>).

Tratam-se de importantes sistemas de monitoramento da conversão da vegetação natural e do mapeamento do uso e cobertura da terra. Além de seu papel chave na contenção e fiscalização do desmatamento, os resultados obtidos basearam diversos estudos, e também a elaboração e execução de políticas públicas, acordos e moratórias [7]. Apesar de sua importância, e da publicação transparente de dados e metodologias [5], diversos aspectos desses projetos são desconhecidos do público geral. Assim, são necessários mecanismos de popularização de seus métodos e resultados. Jogos voltados à educação ambiental, em particular, representam uma ferramenta importante para essa tarefa.

Além de apresentar as informações em um ambiente usualmente mais descontraído que o do ensino tradicional, os jogos promovem não só a reflexão e visão crítica sobre o tema abordado, mas também o desenvolvimento de habilidades pessoais e capacidades cognitivas [8]. Dentre os jogos voltados para a popularização de ciência e tecnologia,

destaca-se o Gaia em Jogo [9, 10], criado dentro do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre do INPE. O Gaia em Jogo foi desenvolvido como uma abstração do sistema terrestre em forma de tabuleiro, em que o jogador vivencia diferentes situações, tanto como tomadores de decisão quanto como aqueles afetados por eventos naturais e antrópicos, em várias escalas (e.g. indivíduo, cidade, país, comunidade internacional, etc.) [10].

Nesse contexto, o presente artigo explora o potencial do Gaia em Jogo: 1) como veículo de divulgação dos métodos e resultados obtidos no contexto do PAMZ+; e 2) como ferramenta de reflexão dos impactos que as mudanças de uso e cobertura da terra podem causar no ambiente e sociedade em múltiplas escalas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A presente análise foi conduzida em quatro passos principais:

1. Análise dos elementos do Gaia em Jogo passíveis de contribuição;
2. Compilação e revisão bibliográfica das publicações realizadas dentro do contexto do projeto;
3. Abstração *ad hoc* de possíveis situações relacionadas aos temas do projeto PAMZ+ e como determinadas ações/mudanças de uso e cobertura da terra impactam no sistema terrestre, tanto em relação a sua capacidade de prover serviços ecossistêmicos, quanto na qualidade de vida de população;
4. Adequação das informações no formato previsto no Gaia em Jogo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Gaia em Jogo

Atualmente, o Gaia em Jogo é formado pelos seguintes elementos, parcialmente ilustrados na Figura 1:

1. Tabuleiro - abstração do sistema terrestre;
2. Fichas de recursos - abstração da disponibilidade de recursos essenciais à vida, no formato de fichas de Água, Ar, Terra, Energia e Alimento.
3. Moedas - abstração de recursos financeiros necessários para tomada de ações.
4. Marcador de Saúde de Gaia - abstração da resiliência do sistema terrestre e sua capacidade de prover recursos. Define três momentos no jogo: estado normal (marcador entre 11 e 30 pontos. O jogo começa em 20 pontos), de alerta (entre 1 e 10 pontos), e colapsado (marcador chega a 0, remove todos os jogadores da partida).
5. Baralhos - cartas que descrevem situações impostas aos jogadores.
6. Peões e dado.



Figura 1: Tabuleiro montado de Gaia em Jogo sob o ponto de vista de um jogador. A figura contém, além do tabuleiro, pinos de dado, a carta que define a vez do jogador (9°), a nacionalidade (Ubutu), as fichas de recursos e a moeda.

O conhecimento acerca do sistema terrestre contido em Gaia em Jogo está sintetizado também no conjunto de regras, mas principalmente nos baralhos. Atualmente, o jogo conta com seis tipos de baralhos:

1. Cartas de ordem - definem a sequência das rodadas. Cada jogador recebe uma única carta de ordem no início da partida. Esse baralho não está passível de alteração;
2. Cartas de Nacionalidade - definem o ponto de partida de cada jogador, quantidade inicial de recursos/moedas e vulnerabilidades a determinados eventos. Cada jogador recebe uma única nacionalidade de forma aleatória no início do jogo. Este baralho não está passível de alteração;
3. Cartas de Plano (base) - postulam uma situação e três opções de reação do jogador, que necessariamente correspondem a: a) uma ação que resolve o problema apenas de forma individual, sem se preocupar com os possíveis impactos para o coletivo e/ou a longo prazo; b) uma ação que resolve o problema de forma coletiva mas não definitiva ou seguindo conceitos superficiais do que seria o ambientalmente correto; e c) uma ação ambientalmente sustentável que resolva o problema de forma coletiva, baseada no estado da arte do conhecimento científico daquele tema;

4. Cartas de Plano (estado de alerta) - cartas de Plano com custos e impactos correspondentes ao sistema em estado de alerta (menos resiliente e com menor capacidade de geração de recursos);
5. Cartas de Evento (base) - descrevem uma situação com consequências obrigatórias a todos os jogadores afetados;
6. Cartas de Evento (estado de alerta)- cartas de Eventos com impactos correspondentes ao estado de alerta.

Durante as rodadas preliminares com a equipe do PAMZ+, foi possível identificar cartas já contidas no jogo com temas afins ao projeto. Dessa forma, propõe-se a elaboração de um baralho complementar, contendo cartas de Plano e Evento (versões base), a ser inserido durante as partidas. Como a utilização do baralho no estado de alerta se mostrou um evento relativamente raro durante a fase de testes do jogo original [10], optou-se por limitar a elaboração do baralho complementar apenas na versão de base nesse primeiro momento.

3.2. Contribuições potenciais do PAMZ+

Foram analisados 34 trabalhos publicados no contexto do PAMZ+ entre os anos de 2019 e 2022, dos quais: dez se tratam de artigos publicados ou aceitos em periódicos nacionais ou internacionais; 16 correspondem a artigos apresentados em eventos como simpósios e congressos nacionais ou internacionais; dois correspondem a capítulos de livros; e seis correspondem a relatórios e notas técnicas. Desses trabalhos, foi possível identificar contribuições nos seguintes temas:

1. escrita dos métodos adotados nos sistemas PRODES, DETER, TerraClass e Queimadas;
2. Transparência e divulgação de dados;
3. Análises de dados e/ou métodos de sensoriamento remoto;
4. Melhorias metodológicas, inclusão de novas fontes de dados e proposição e implementação de novos sistemas de monitoramento (e.g. DETER-R e DETER Intenso);
5. Padrões espaço-temporais do uso e cobertura da terra em diferentes biomas brasileiros, incluindo desflorestamento, degradação florestal e remoção da vegetação natural não-florestal;
6. Regeneração florestal;
7. Diagnósticos ambientais;
8. Avanço da fronteira agrícola;
9. Fogo e queimadas;
10. Vulnerabilidade de populações indígenas; e
11. Impactos da implementação de políticas públicas e alterações na legislação na cobertura da terra e na qualidade de vida das populações.

Alguns exemplos de cartas propostas estão ilustrados na Figura 2. Essa figura traz um exemplo de carta de Plano e um de Evento, respectivamente baseadas nos estudos conduzidos por Messias et al. (2021) [11] e Almeida et al. (2022) [12]. Como as cartas devem, por definição, trazer a informação de forma simplificada para o jogador, o baralho vem acompanhado de um guia contendo as informações técnicas, de forma resumida e no idioma do baralho, e a referência para consulta da publicação em idioma original.



Figura 2: Exemplos de cartas de Plano (acima) e Evento (abaixo) do baralho complementar, edição PAMZ+.

3.3. Público alvo

O Gaia em Jogo foi exaustivamente testado pela sua aplicação em diferentes eventos de popularização de ciência e tecnologia, incluindo visitas a escolas e instituições de ensino superior [10]. Os relatos dessas atividades estão parcialmente documentados em <http://gaiaemjogo.ccst.inpe.br/>. De forma geral, observou-se que o jogo é adequado para público com escolaridade igual ou superior ao primeiro ano do Ensino Médio. Como o baralho complementar será realizado em linguagem similar ao baralho original, acredita-se que não haverá mudanças de público alvo. Apesar de ser um assunto adequado para o público geral, as informações contidas no baralho complementar e no guia podem ser

valiosas ferramentas de aprendizado para alunos em fase pré-vestibular, por consolidar a informação sobre projetos oficiais brasileiros contidos no PAMZ+ e as repercussões de seus resultados para o meio e a sociedade. Também foram observadas importantes oportunidades para a complementação da formação de professores, alunos de cursos superior, e jovens cientistas/profissionais com acesso recente a esse tipo de informação. A saber, podem jogar de um a dez jogadores por partida. Não há estatísticas indicando a variação média do tempo das partidas.

4. CONCLUSÕES

O Gaia em Jogo tem se mostrado uma importante ferramenta de popularização de ciência e tecnologia. De forma geral, tem mostrado boa aceitação do público, com variados relatos de mudanças de perspectivas sobre situações do cotidiano. Testes iniciais com as temáticas relacionadas ao contexto do PAMZ+ trouxeram resultados favoráveis por parte dos jogadores. Dessa forma, a inclusão de cartas específicas sobre o Programa de Monitoramento da Amazônia e Demais Biomas tem grande potencial de conscientizar parte da população sobre sua importância, e os impactos das mudanças de uso e cobertura da terra em múltiplas-escalas. Em particular, a criação de um baralho específico para o PAMZ+ traz a oportunidade de incluir um guia explicativo para as cartas, em que não só sintetiza as informações chave do programa para o público não especializado, como também orienta a busca de referências oficiais e revisadas por pares.

A contínua atualização de cartas do Gaia em Jogo está prevista como parte das atividades da pós-graduação em Ciência do Sistema Terrestre no INPE, e aberta para colaborações externas. Nesse sentido, acredita-se que o baralho complementar versão especial do PAMZ+ seja apenas a primeira iniciativa de popularização de projetos oficiais.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), projeto “Monitoramento dos biomas brasileiros por satélites: construção de novas capacidades”, processo 444418/2018-0, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao suporte do INPE.

6. REFERÊNCIAS

- [1] J. A. Foley, R. DeFries, G. P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F. S. Chapin, M. T. Coe, G. C. Daily, H. K. Gibbs, et al. Global consequences of land use. *science*, 309(5734):570–574, 2005.
- [2] A. Chhabra, H. Geist, R. A. Houghton, H. Haberl, A. K. Braimoh, P. L. G. Vlek, J. Patz, J. Xu, N. Ramankutty, O. Coomes, and E. F. Lambin. Multiple impacts of land-use/cover change. In E.F. Lambin and H. Geist, editors, *Land-use and land-cover change*. Springer, Berlin, 2006. 240 p.
- [3] W. Steffen, A. Sanderson, P.D. Tyson, J.Jäger, P.A. Matson, III B. Moore, F. Oldfield, K. Richardson, H.J. Schellnhuber, II B.L. Turner, and R.J. Wasson. *Global change and the Earth system*. Springer, Berlin, Germany, 2004.
- [4] G. Câmara, D. M. Valeriano, and J. V. Soares. *Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal*. Number 24p. São José dos Campos: INPE, 2006.
- [5] C. A. Almeida, L. E. P. Maurano, D. M. Valeriano, G. Câmara, L. Vinhas, M. Motta, A. R. Gomes, A. M. V. Monteiro, A. A. A. Souza, C. G. Messias, C. D. Rennó, M. Adami, M. I. S. Escada, L. S. Soler, and S. Amaral. *Metodologia utilizada nos sistemas PRODES e DETER - 2ª edição (atualizada)*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2 edition, 2022.
- [6] C. A. Almeida, A. C. Coutinho, J. C. D. M. Esquerdo, M. Adami, A. Venturieri, C. G. Diniz, N. Dessay, L. Durieux, and A. R. Gomes. High spatial resolution land use and land cover mapping of the brazilian legal amazon in 2008 using landsat-5/tm and modis data. *Acta Amazonica*, 46(3):291–302, 2016.
- [7] J. Assunção, C. Gandour, and R. Rocha. DETERring Deforestation in the Amazon : Environmental Monitoring and Law Enforcement. *Climate Policy Initiative Report*, 2019.
- [8] J. J. Lee and J. Hammer. Gamification in education: What, how, why bother? *Academic Exchange Quarterly*, 15(2):146, 2011.
- [9] M. S. Reis, E. F. de Campos, G. C. Zeri, T. O. Assis, L. A. Borges, C. T. Cairo, G. A. Couto, L. M. Ferrer, F. S. M. Jesus, A. K. Neves, L. A. M. Pisteco, G. A. C. F. Santiago, and E. S. Santos. *Gaia em Jogo*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2017.
- [10] M. S. Reis, T. O. Assis, E. F. Campos, E. S. Santos, C. T. Cairo, L. M. Ferrer, L. A. M. Pisteco, and G. A. Couto. Gaia em jogo: atualizações e participação em eventos. In A. A. Castro et al., editors, *Anais...*, São José dos Campos, 2020. Simpósio da Pós-Graduação Em Ciência do Sistema Terrestre, 9. (SPGCST), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).
- [11] C. G. Messias, M. B. Silva, T. C. de Lima, C. A. Almeida, et al. Análise das taxas de desmatamento e seus fatores associados na amazônia legal brasileira nas últimas três décadas. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 52:18–41, 2021.
- [12] C. Almeida, D. Silva, C. G. Messias, L. S. Soler, L. H. Gusmão, L. E.P. Maurano, T. Souza, I. Soares, D. Barradas, I. P. Cunha, et al. Mapping natural non-forest vegetation removal in the brazilian amazon—a pilot project. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43:1341–1348, 2022.