

Modelagem de Regeneração Florestal e Propagação de Incêndios com Autômatos Celulares

Ayan Faustt¹

¹Departamento de Estatística e Informática, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

Resumo

A modelagem computacional de dinâmicas ecológicas tem se tornado uma ferramenta essencial para compreender a interação entre incêndios florestais e a regeneração da vegetação. Neste documento, é apresentado um modelo baseado em autômatos celulares bidimensionais para simular a propagação do fogo e o crescimento da vegetação em ambientes naturais. O modelo incorpora três estados principais: solo exposto, vegetação e fogo, permitindo a análise quantitativa dos padrões emergentes resultantes de diferentes parâmetros de queima e regeneração. Os resultados sugerem que sistemas com taxas de regeneração intermediárias apresentam maior estabilidade ecológica. O modelo pode ser utilizado para prever impactos ambientais e auxiliar na formulação de estratégias de gestão florestal.

Introdução

A dinâmica dos ecossistemas florestais é fortemente influenciada por processos naturais como o crescimento da vegetação e a ocorrência de incêndios. Com a intensificação dos eventos climáticos extremos, observa-se um aumento na frequência e severidade dos incêndios, tornando a modelagem preditiva uma ferramenta útil para estudos ecológicos e formulação de políticas ambientais.

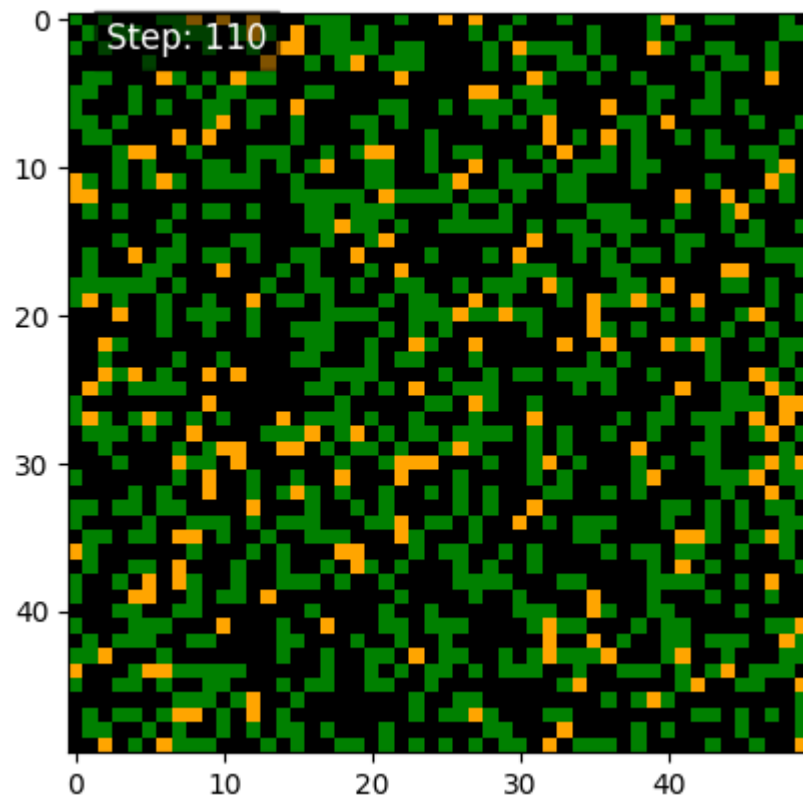
Os autômatos celulares têm sido amplamente utilizados para modelar sistemas dinâmicos, sendo particularmente úteis na simulação de padrões espaciais emergentes. O presente documento propõe um modelo bidimensional simples, para analisar a interação entre a propagação do fogo e a regeneração da vegetação em diferentes condições ambientais.

Resultados

Os resultados da simulação mostraram padrões distintos de dinamismo ecológico em resposta às variações nas taxas de regeneração e queima:

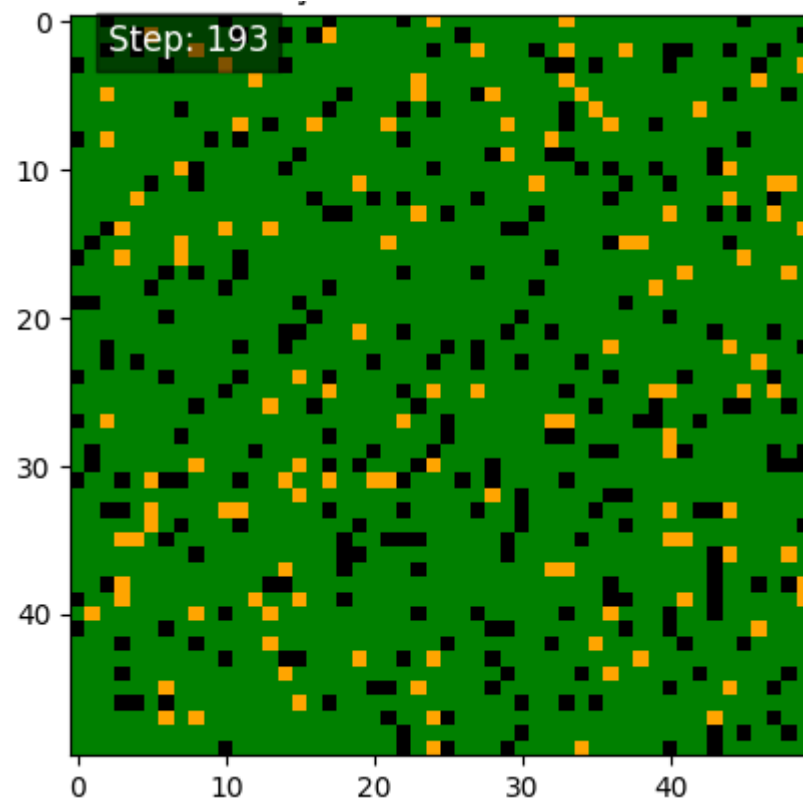
- **Baixa taxa de regeneração e alta taxa de fogo:** Na Figura 1 o fogo se espalha rapidamente, resultando em uma paisagem dominada pelo solo exposto.
- **Alta taxa de regeneração e baixa taxa de fogo:** Enquanto na figura 2 a vegetação rapidamente se restabelece após os eventos de incêndio, promovendo uma paisagem homogênea.

Figura 1: Baixa taxa de renascimento e alta de incêndio



Fonte: Autoria próprio

Figura 2: Alta taxa de renascimento e baixa de incêndio



Fonte: Autoria próprio

A incorporação da visualização da propagação do fogo revelou padrões espaciais complexos, com a formação de manchas descontínuas de vegetação e áreas queimadas. Baseando-se em parâmetros coletados de locais reais poderia ser possível simular o comportamento da dinâmica das áreas florestais reais.

Discussão

A análise dos resultados sugere que ecossistemas sujeitos a incêndios frequentes, mas com taxas moderadas de regeneração, podem apresentar maior estabilidade a longo prazo. Essa observação corrobora estudos que indicam que a presença de distúrbios regulares pode promover diversidade ecológica ao evitar a formação de vegetação excessivamente densa e homogênea.

O modelo também evidencia a importância de fatores externos, como a umidade do solo e a presença de ventos, que podem influenciar significativamente a taxa de propagação do fogo. Trabalhos futuros podem incluir esses elementos para aprimorar a precisão das simulações e torná-las mais aplicáveis às condições reais observadas em diferentes biomas.

Métodos

O modelo foi implementado em Python utilizando bibliotecas *numpy* e *matplotlib*. A simulação ocorre em uma grade de dimensão $n \times n$, onde cada célula pode assumir um dos seguintes estados:

- **Solo exposto (estado 0):** Pode se tornar vegetação com probabilidade P_g (taxa de regeneração).
- **Vegetação (estado 1):** Pode pegar fogo com probabilidade P_f se houver fogo em uma célula vizinha.
- **Fogo (estado 2):** Queima por um período e depois retorna ao estado de solo exposto.

Conclusão

Os autômatos celulares demonstraram ser uma ferramenta eficaz para modelar processos ecológicos complexos, como a interação entre incêndios e regeneração florestal. Os resultados sugerem que a estabilidade ecológica é alcançada quando há um equilíbrio entre perturbação e recuperação. Modelos semelhantes podem ser utilizados para simular cenários e ajudar na formação de normas para preservação e prevenção de incêndios.

Referências

1. **Jornal da Unesp. (2022).** *O fogo pode ser um importante aliado na conservação do Cerrado.* Recuperado de <https://jornal.unesp.br/2022/11/29/o-fogo-pode-ser-um-importante-aliado-na-conservacao-do-cerrado/>
2. **BBC Brasil. (2024).** *Como o manejo tradicional do fogo pode ajudar a prevenir incêndios em Unidades de Conservação do Cerrado?.* Recuperado de <https://terradedireitos.org.br/noticias/noticias/como-o-manejo-tradicional-do-fogo-pode-ajudar-a-prevenir-incendios-em-unidades-de-conservacaodocerrado/24056>