

---

# TRABALHO 1

---

Arthur Gama Jorge      João Pedro Cassiano de Brito  
cc23578@g.unicamp.br      cc22138@g.unicamp.br  
Edvaldo Gabriel Gonçalves dos Santos  
cc23125@g.unicamp.br

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Jogo Nim</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Busca Competitiva</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Alpha-Beta Pruning</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>5</b>

## 1 Introdução

Este projeto visa desenvolver uma IA para o jogo Nim utilizando o algoritmo Alpha-Beta Pruning. O Nim é um jogo matemático de estratégia no qual os participantes removem objetos de pilhas distintas, alternando turnos até que todas as peças sejam retiradas. Este trabalho apresenta a fundamentação teórica do método, sua implementação prática e uma análise do desempenho da IA em partidas contra humanos.

## 2 Jogo Nim

O jogo Nim é um jogo de dois jogadores, onde o objetivo é evitar ser o jogador que retira a última peça. O jogo é jogado com várias pilhas de peças, e em cada turno, um jogador deve retirar pelo menos uma peça de uma única pilha. O jogador que retirar a última peça perde. No projeto, o jogo é iniciado com quatro pilhas, contendo respectivamente 1, 3, 5 e 7 peças.

Uma das principais estratégias para vencer no Nim envolve o conceito matemático de Nim-sum, que se baseia na operação XOR bit a bit ( $\oplus$ ). O Nim-sum de um estado do jogo é calculado aplicando a operação XOR a todos os números que representam as pilhas:

$$\text{Nim sum} = \text{pilha 1} \oplus \text{pilha 2} \oplus \dots \oplus \text{pilha n}$$

Se o Nim-sum for 0, o jogador atual está em uma posição perdedora (isto é, se ambos jogarem perfeitamente, o oponente pode sempre vencer). Se o Nim-sum for diferente de 0, o jogador atual está em uma posição vencedora e pode forçar a vitória ao realizar a jogada correta.

A estratégia vencedora no Nim consiste em sempre fazer um movimento que torne o Nim-sum zero para o adversário, garantindo que ele fique em uma posição perdedora. Esse conceito é fundamental para a implementação de uma inteligência artificial eficiente, permitindo que o algoritmo tome decisões matematicamente otimizadas e maximize suas chances de vitória.

No caso das pilhas iniciais do projeto, o Nim-sum calculado é 0, isso significa que o primeiro jogador está em uma posição perdedora, ou seja, o segundo jogador poderá sempre vencer.

### 3 Busca Competitiva

A busca competitiva é uma abordagem em que a inteligência artificial não se limita a otimizar suas próprias jogadas, mas também leva em consideração as possíveis respostas do oponente. O objetivo é prever como o adversário reagirá a cada movimento, ajustando sua estratégia.

Essa estratégia geralmente envolve a simulação de uma sequência de jogadas, na qual a IA avalia as consequências de cada movimento, como se estivesse jogando e contra-atacando simultaneamente. Para isso, são utilizados algoritmos que avaliam diferentes cenários de jogo, levando em conta o cálculo de utilidades e a previsão dos resultados em árvores de decisão, o que permite à IA tomar decisões mais informadas e eficazes.

### 4 Alpha-Beta Pruning

O *Alpha-Beta Pruning* é um método de busca competitiva usado em jogos e problemas de tomada de decisão onde há dois jogadores com objetivos

opostos. Ele funciona analisando todas as jogadas possíveis a partir de uma posição inicial, atribuindo uma pontuação a cada estado do jogo para decidir qual é a melhor opção disponível.

O algoritmo segue uma abordagem recursiva para avaliar jogadas futuras. Cada posição do jogo recebe uma nota baseada em quão favorável ela é para um dos jogadores. O jogador que tenta maximizar sua pontuação escolhe sempre o maior valor possível, enquanto o adversário, que busca minimizar a pontuação do oponente, escolhe o menor valor. Isso gera uma estrutura de decisão semelhante a uma árvore, onde cada nó representa um estado do jogo e cada ramo uma jogada possível.

A avaliação das jogadas com múltiplos parâmetros é fundamental para a tomada de decisão da IA, pois mesmo com uma profundidade de busca limitada (depth baixo), onde a IA não consegue explorar todas as jogadas possíveis até o final, ela ainda pode fazer escolhas eficazes. A tomada de decisão da IA é baseada em três fatores principais, considerados em ordem de prioridade:

- **Vitória e Derrota:** A IA prioriza jogadas que resultem em vitória imediata ou evitem derrota.
- **Estratégia de Pilhas Ímpares:** A IA busca deixar uma quantidade ímpar de pilhas com apenas uma peça, ou evitar que o oponente faça isso.
- **Nim-Sum:** A IA tenta manter o Nim-Sum diferente de zero para garantir uma posição vencedora e evitar que o oponente o faça isso.

O diferencial do *Alpha-Beta Pruning* em comparação ao *Minmax*, al-

goritmo de busca competitiva semelhante, está na forma como ele reduz a quantidade de estados analisados. Durante a busca, o algoritmo mantém dois limites chamados Alpha e Beta

- $\alpha$  representa o melhor valor que o jogador maximizante pode garantir até aquele momento.
- $\beta$  representa o melhor valor que o jogador minimizante pode garantir.

Conforme a busca avança, se o algoritmo encontra um estado cujo valor está fora desses limites, ele para de explorá-lo, pois já sabe que ele não será escolhido. Esse processo, chamado de poda, impede que caminhos irrelevantes sejam analisados, economizando tempo e tornando o algoritmo mais eficiente sem comprometer a precisão do resultado.

## 5 Conclusão

Este trabalho demonstrou a aplicação do algoritmo *Alpha-Beta Pruning* no jogo Nim, destacando suas vantagens em termos de eficiência e precisão. A comparação com outras abordagens de busca, como o *Minimax*, evidenciou sua superioridade ao reduzir o número de estados analisados sem comprometer a qualidade das decisões. Além disso, os testes práticos confirmaram a eficácia da IA, que venceu consistentemente contra jogadores humanos, demonstrando sua capacidade de tomar decisões estratégicas e explorar ao máximo as possibilidades do jogo.