

Implementando um jogador para Liga4



Objetivos da aula

Na aula de hoje você irá:

- ver um exemplo de jogo de *Connect-4* implementando usando pygame.
- compreender de uma forma introdutória como utilizar o algoritmo **Min-Max** no desenvolvimento de robô capaz de jogar *Connect-4*.

Todo o material utilizado nesta aula está disponível em <https://github.com/fbarth/Connect4-Python>.

Jogando entre humanos

Vamos jogar um pouco?

```
cd src  
python connect4.py
```

- Deu para entender como o jogo funciona?
- Você achou difícil ganhar do seu adversário?
- Que capacidades uma pessoa precisa ter para jogar este jogo?

Implementando um jogador

Na linha 114 e 115 do arquivo [connect4.py](#) é possível ver o seguinte trecho de código:

```
posx = event.pos[0]
col = int(math.floor(posx/SQUARESIZE))
```

Precisamos trocar este trecho por algo como:

```
col = player.move(player_code, board)
```

Sendo que o `player` pode ser uma instância da classe:

```
class MeuJogador(Player):  
  
    def name(self):  
        return "Meu Jogador super simples"  
  
    def move(self, player_code, board):  
        # TODO lógica para escolher uma coluna  
        return col
```

Implementando um robô super simples

Qual é o robô mais simples que podemos implementar?

Implementando um robô super simples

Criando um jogador que joga de forma aleatória!

```
from random import randint
from Player import Player

class RandomPlayer(Player):

    def name(self):
        return "Random"

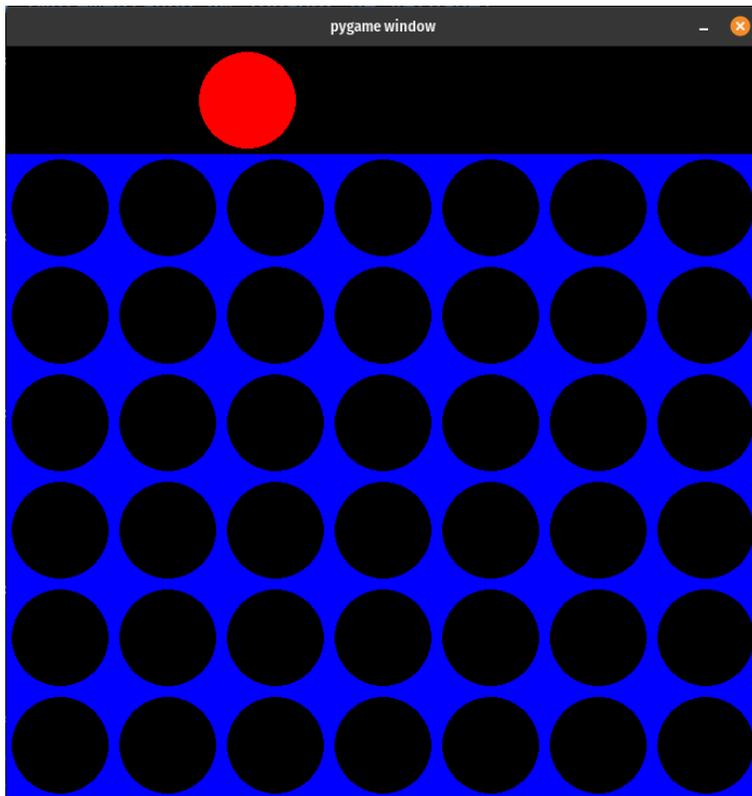
    #
    # retorna a coluna onde a bola será jogada
    #
    def move(self, player_code, board, depth):
        return randint(0, 6)
```

```
python connect4_with_ai.py random
```

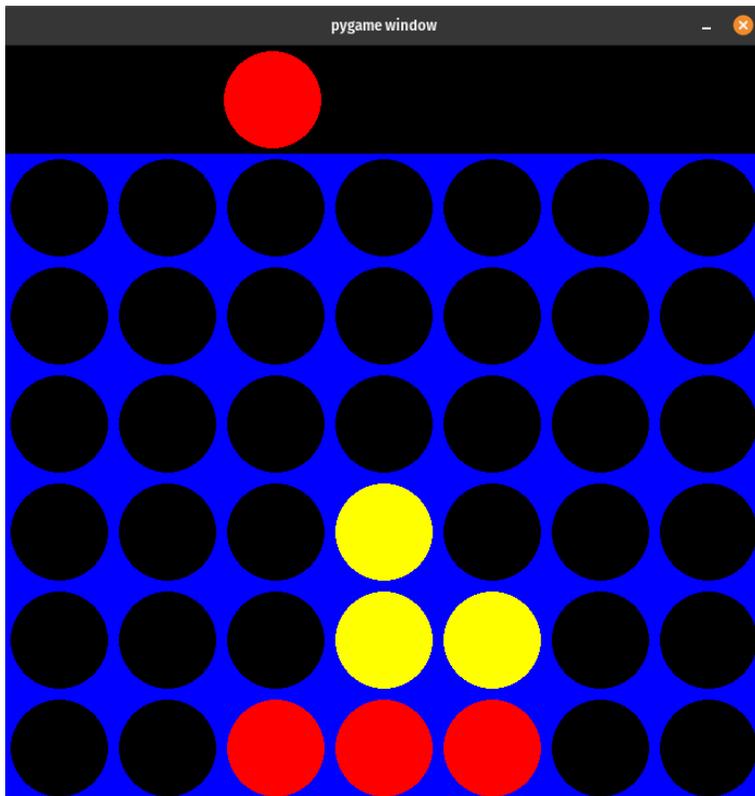
Vamos implementar algo um pouco mais inteligente?

- O que seria uma robô mais "inteligente"?
- Que abordagens podemos utilizar para implementar um robô mais **inteligente**?

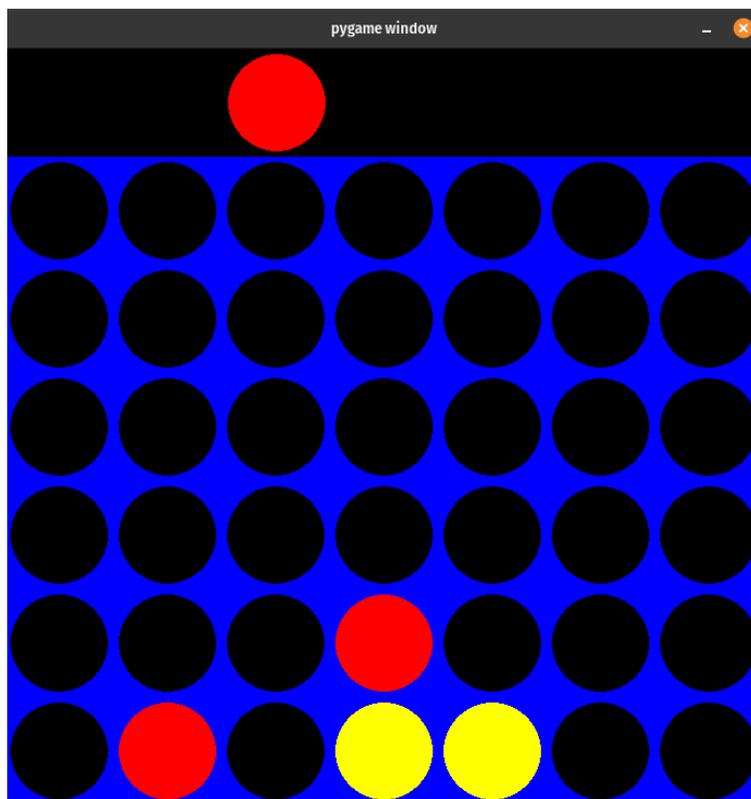
Por onde eu começo?



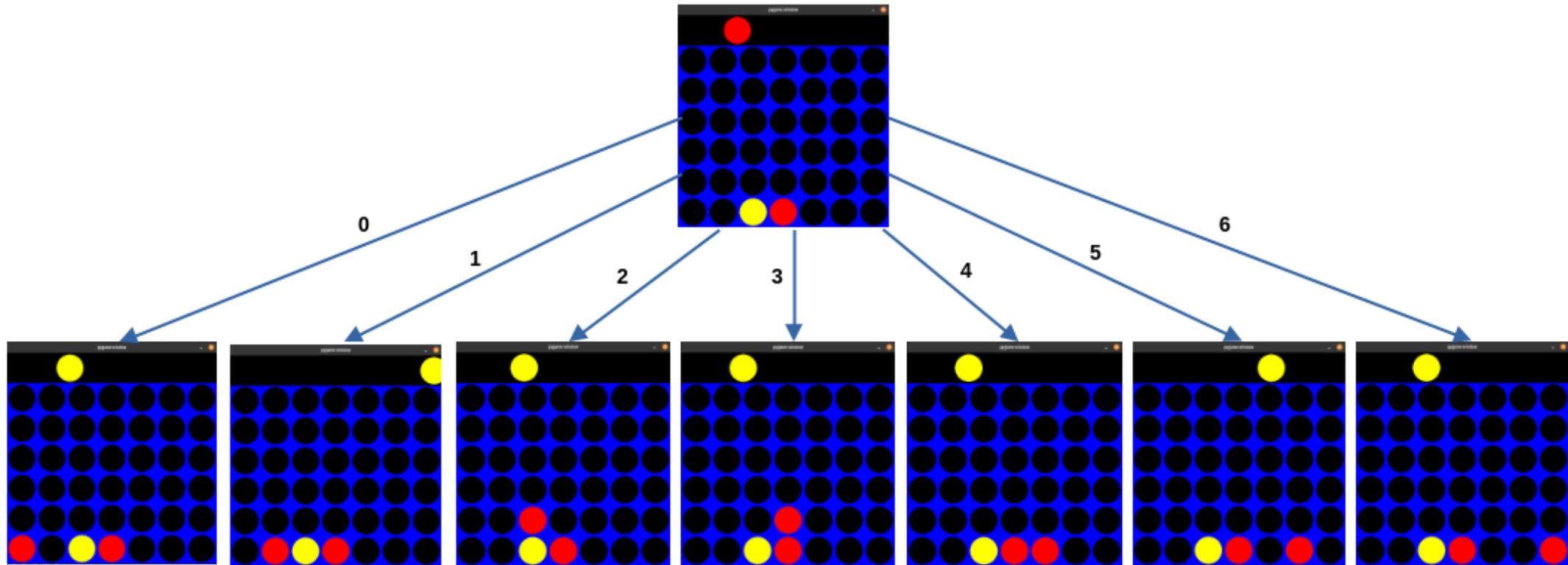
O que eu faço agora?



E agora?



Qual é a melhor opção?



É necessário ter uma função qualquer na implementação que diga qual é a melhor ação. Por exemplo, dizendo qual é o estado que tem **maior utilidade** para o nosso robô.

Definindo algumas verificações

- é um movimento vencedor?
- está dominando o centro?
- está criando oportunidades na horizontal?
- está criando oportunidades na vertical?
- está criando oportunidades na diagonal?

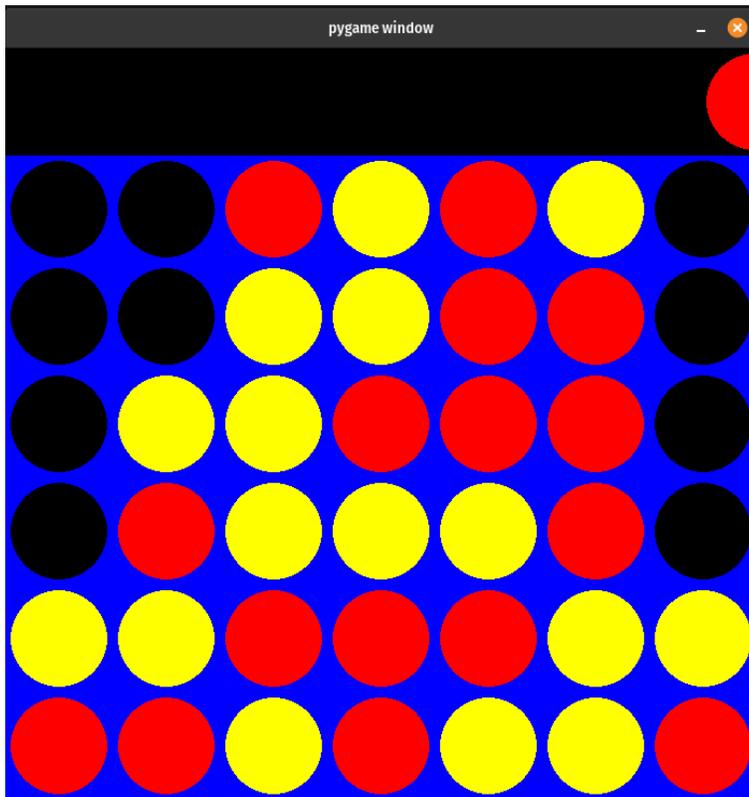
```
python connect4_with_ai.py flat
```

Humanos versus um robô melhorado

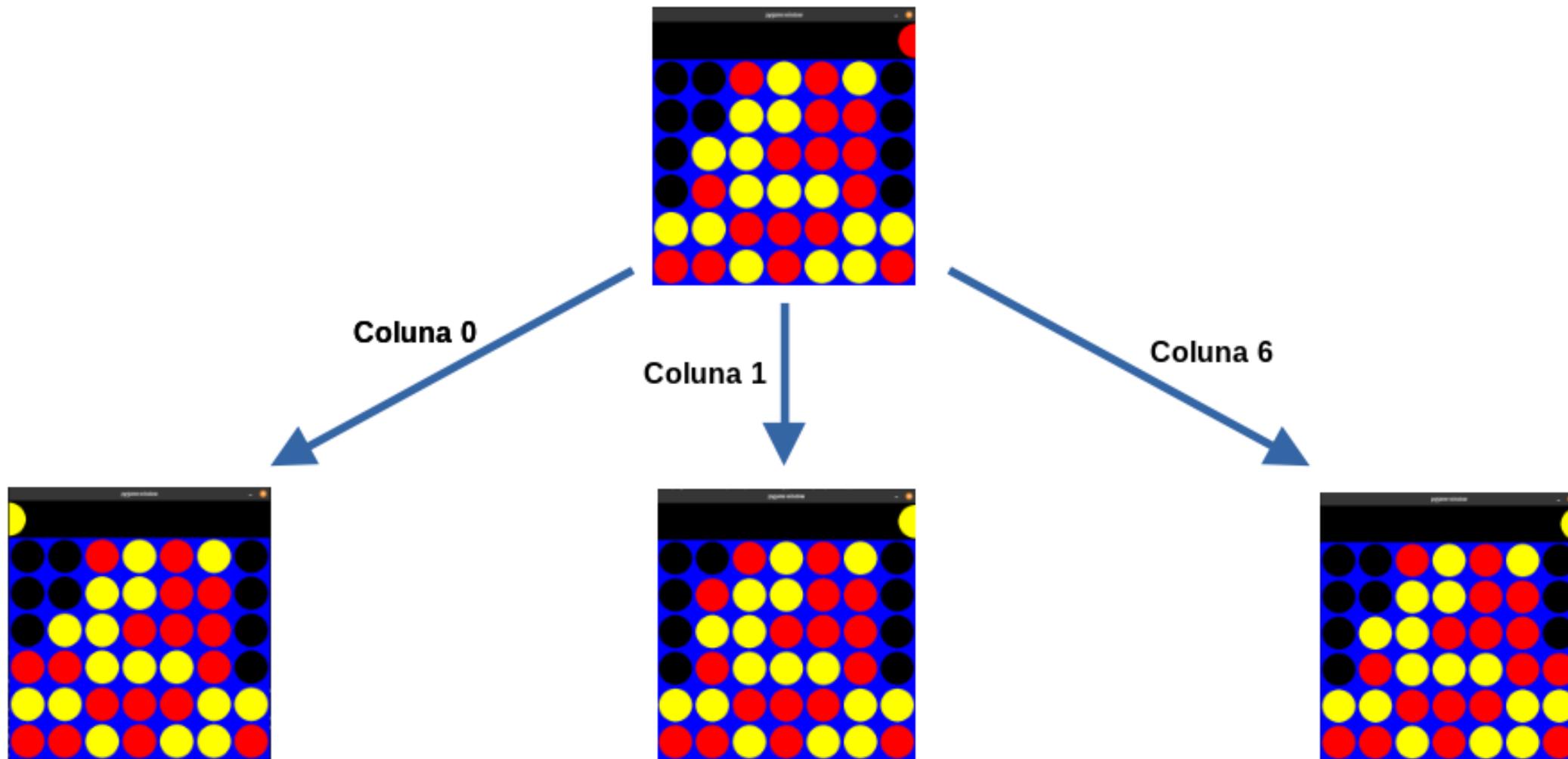
- Agora temos um robô melhor que o robô aleatório. No entanto, este ainda é um robô que não consegue vencer na maioria das vezes.
- **O que podemos fazer para [melhorar o desempenho](#) do robô?**

Implementando um robô mais inteligente

Considere o seguinte estado onde quem deve jogar é o jogador vermelho:



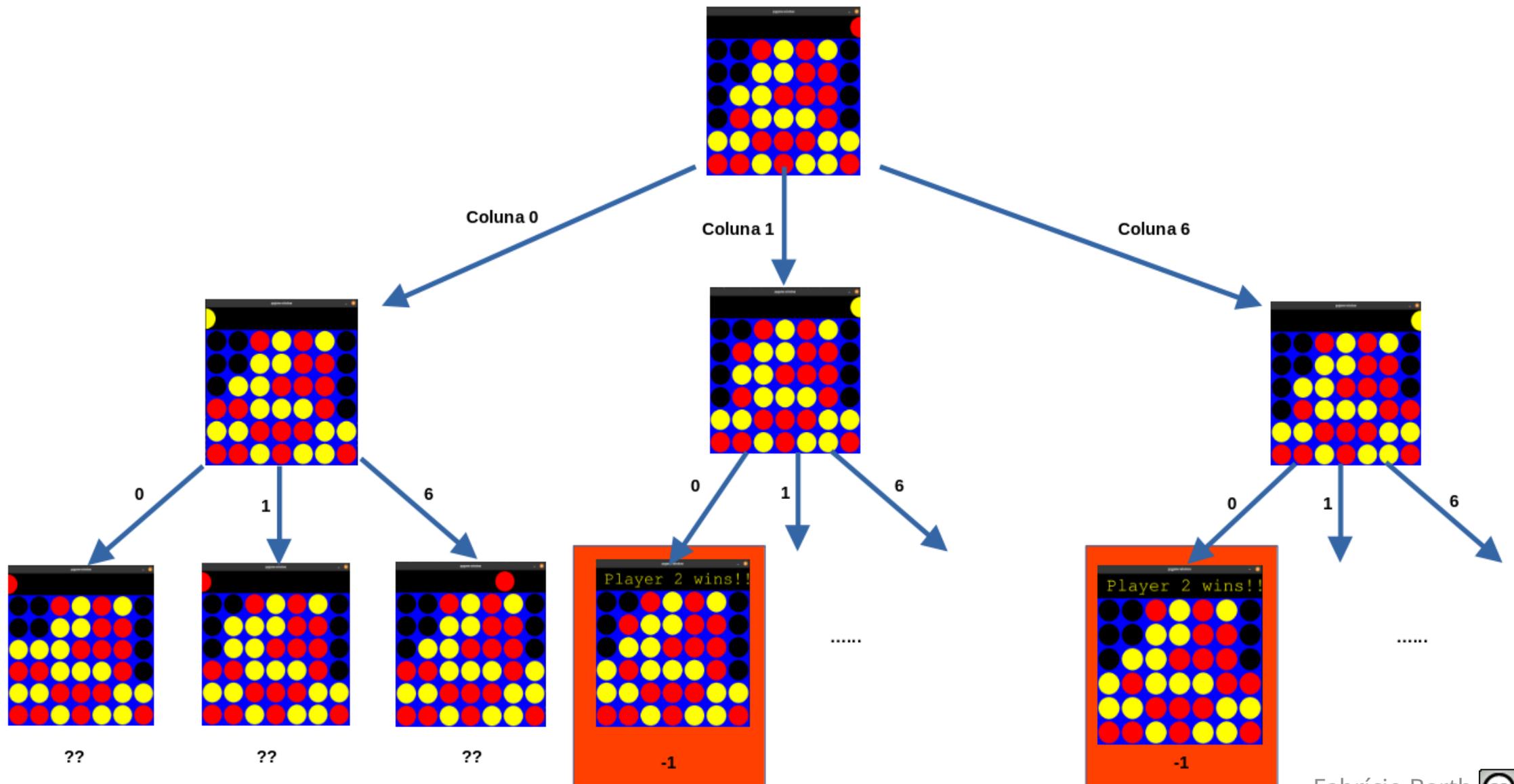
Quais são as posições que o jogador vermelho pode jogar?



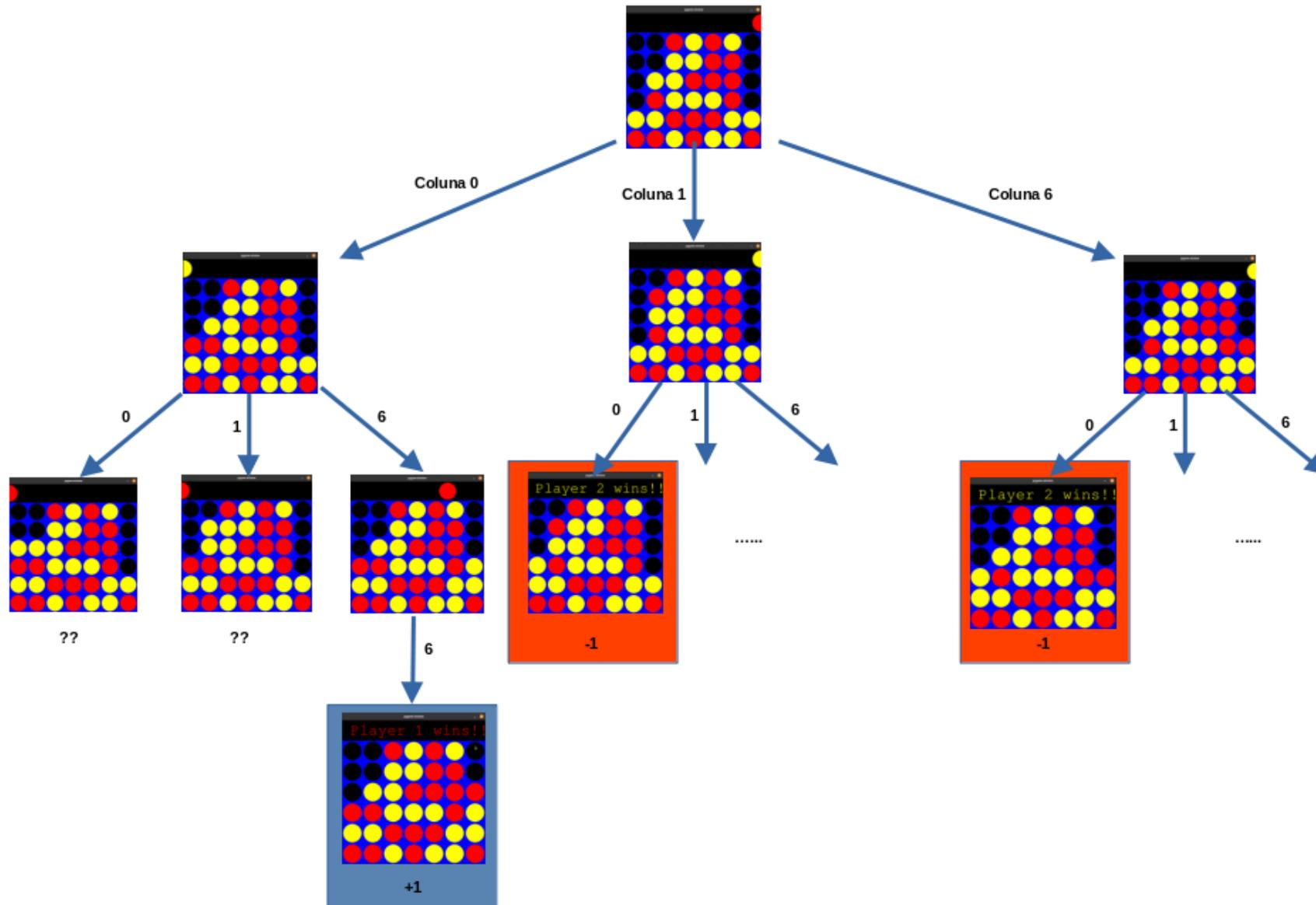
Qual é a melhor jogada?

Para responder esta pergunta o meu robô teria que analisar as próximas jogadas. Ou seja, as jogadas do seu adversário.

Andando um pouco mais na árvore

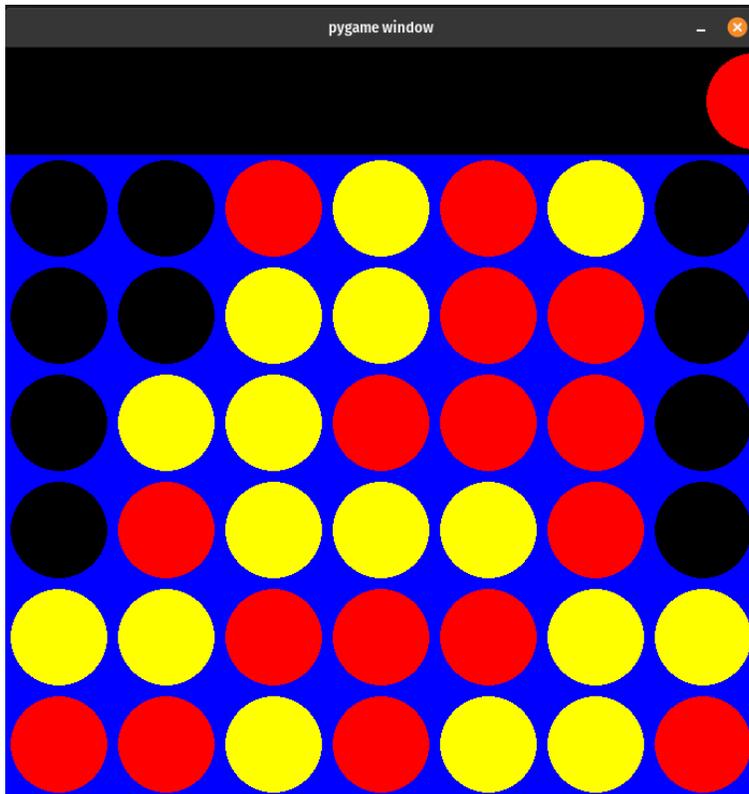


Andando um pouco, pouco... mais na árvore

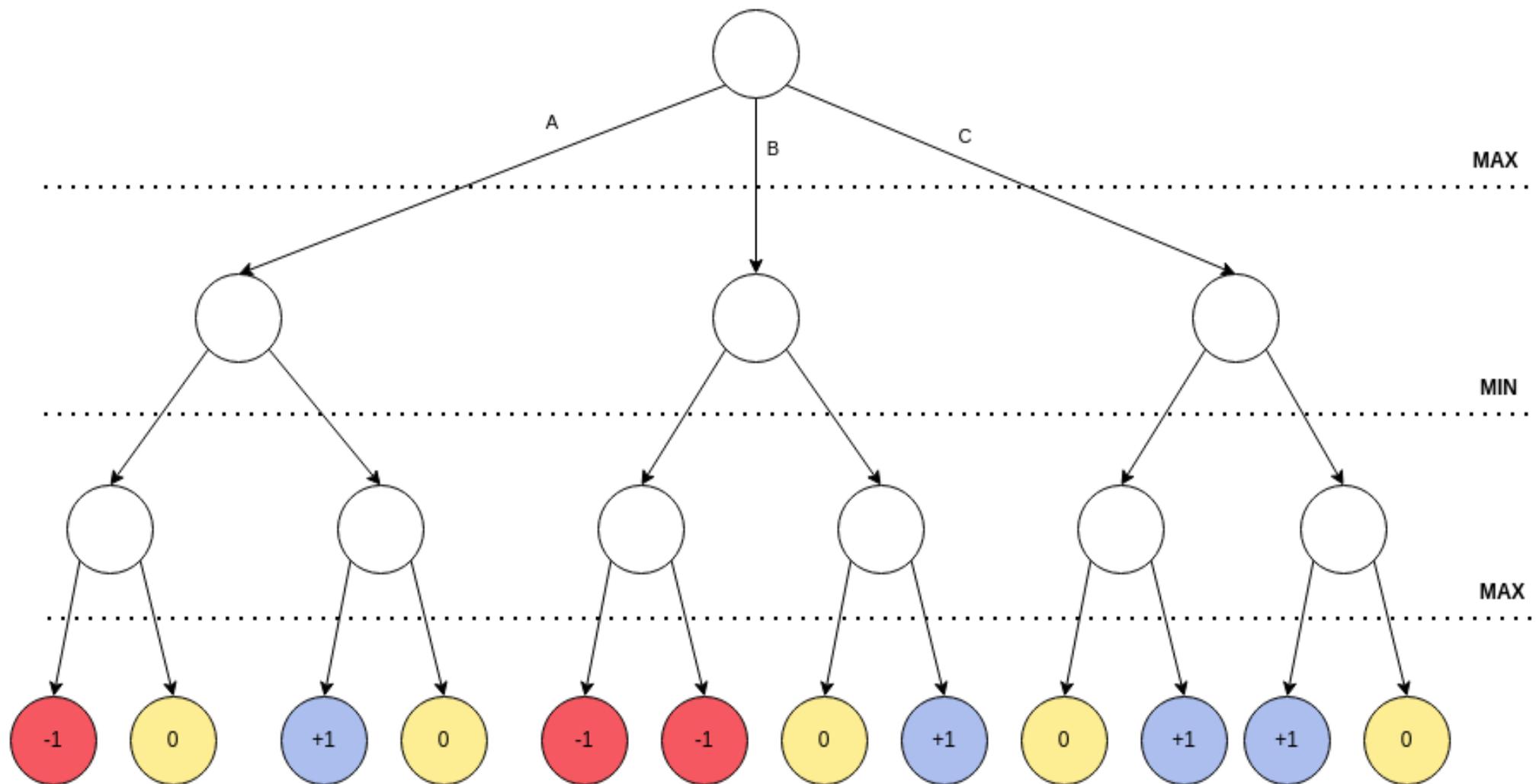


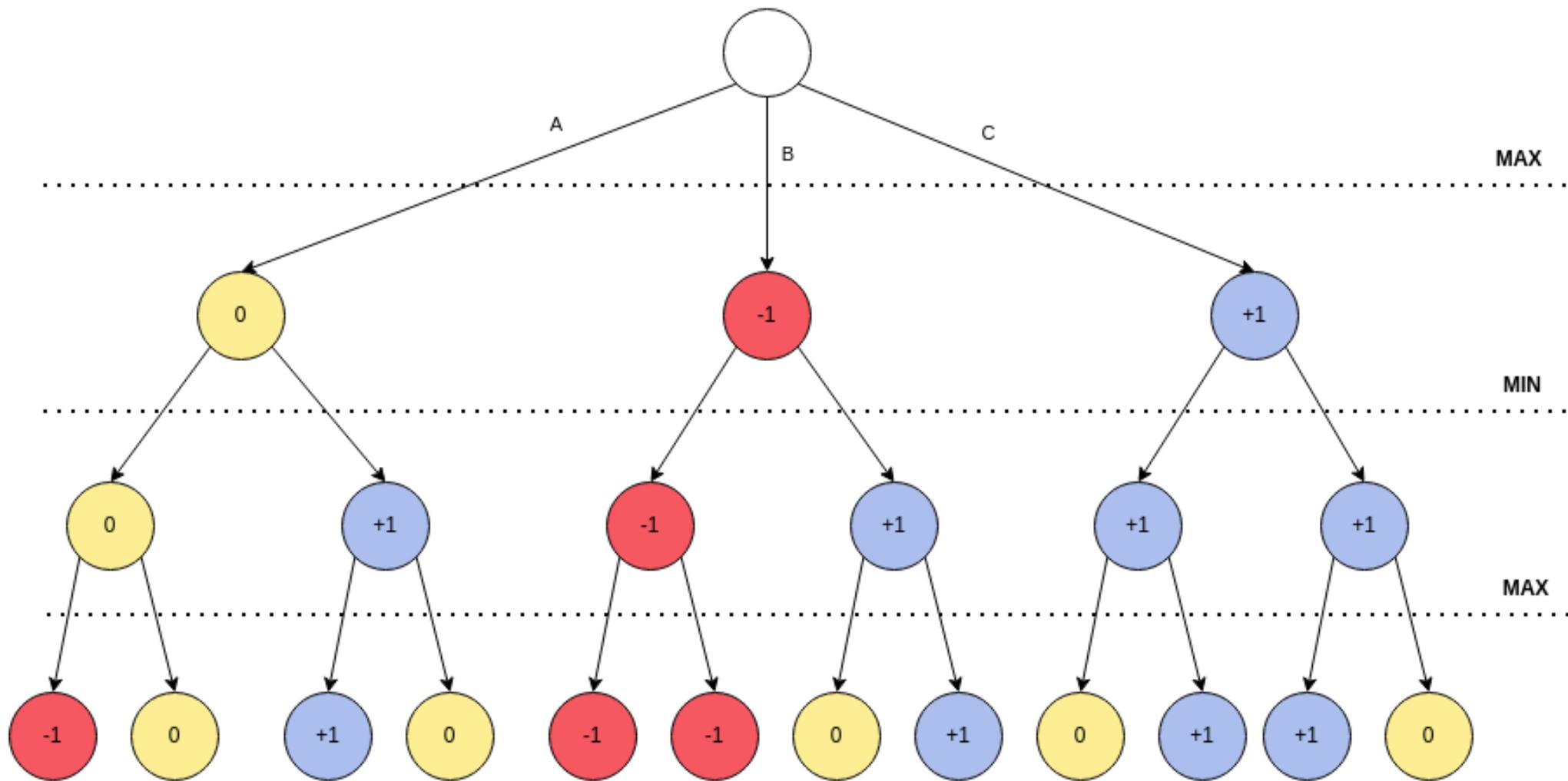
Com base nas informações que você tem agora...

Qual coluna o robô deve escolher quando estiver no estado abaixo?



Algoritmo Min-Max





Qual ação o robô deve escolher?

Como implementar o Min-Max

```
def max_value(estado):  
    if estado.eh_final():  
        return estado.eval()  
    v = -math.inf  
    for s in estado.sucessores():  
        v = MAX(v, min_value(s))  
    return v
```

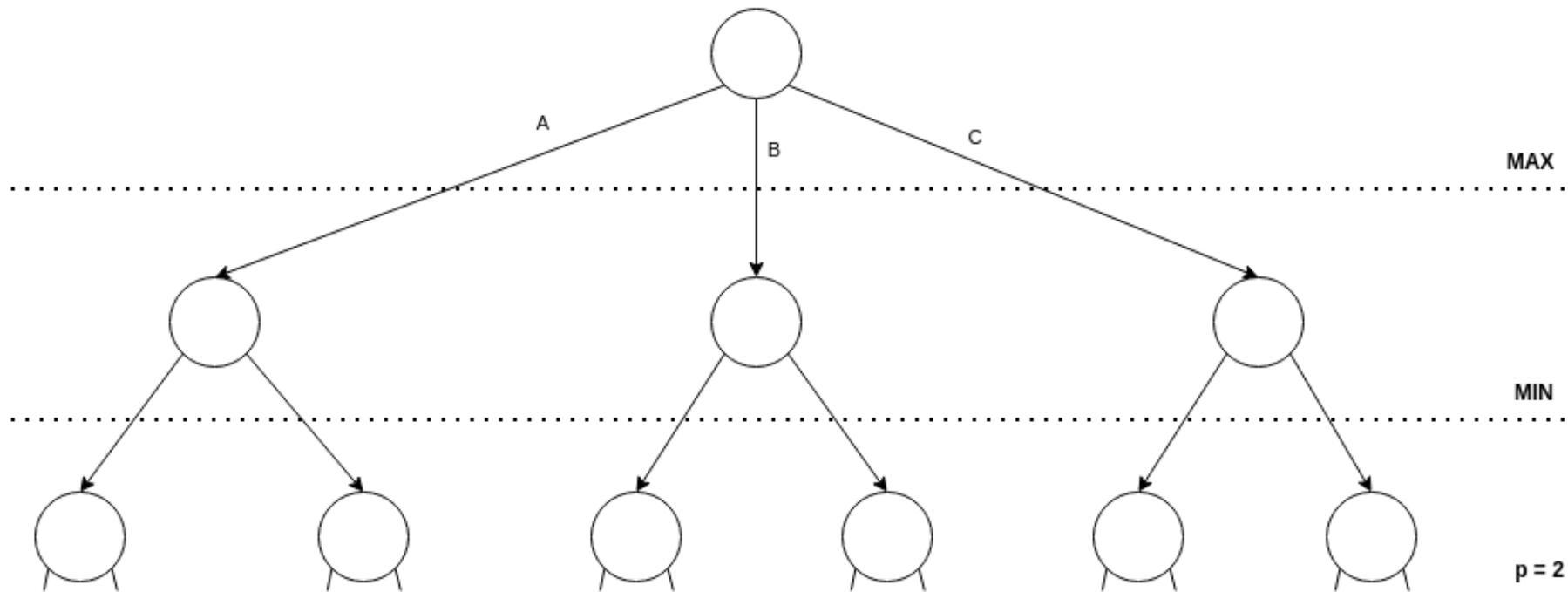
```
def min_value(estado):  
    if estado.eh_final():  
        return estado.eval()  
    v = math.inf  
    for s in estado.sucessores():  
        v = MIN(v, max_value(s))  
    return v
```

Agora temos um robô vencedor? Vamos testar?

```
python connect4_with_ai.py complete
```

Algoritmo Min-Max com profundidade p

E se limitarmos a busca até uma determinada profundidade p ? Por exemplo, no caso abaixo em $p = 2$?



O que está faltando?

Função de utilidade

- A ideia é substituir a avaliação de estados terminais pela avaliação de estados intermediários.
- A função de avaliação deve retornar um valor alto para estados que tem uma utilidade maior para o nosso robô e valores baixos para estados que tem um utilidade menor.

Versão Min-Max com limite de profundidade

```
def max_value(estado, p):  
    if p == 0:  
        return estado.eval()  
    v = -math.inf  
    for s in estado.sucessores():  
        v = MAX(v, min_value(s, p-1))  
    return v
```

```
def min_value(estado, p):  
    if p == 0:  
        return estado.eval()  
    v = math.inf  
    for s in estado.sucessores():  
        v = MIN(v, max_value(s, p-1))  
    return v
```

Humano versus Min-Max com limite de profundidade

Vamos testar o desempenho de um Min-Max com profundidade 1, 3, 5 e 7?

```
python connect4_with_ai.py minmax 1
```

```
python connect4_with_ai.py minmax 3
```

```
python connect4_with_ai.py minmax 5
```

```
python connect4_with_ai.py minmax 7
```

Quais foram as diferenças observadas?

- Teve alguma diferença em termos de tempo de processamento?
- Teve alguma diferença em termos de desempenho?
- Alguma das configurações chega a ter um desempenho similar ao de um humano?

Máquina contra Máquina

Será que um jogador com min-max pode perder de um jogador aleatório?

```
python connect4_ai_versus_ai.py random 0 minmax 5
```

E se usarmos um minmax com profundidade igual a 1?

```
python connect4_ai_versus_ai.py random 0 minmax 1
```

E se jogarmos min-max contra min-max?

Com profundidades iguais:

```
python connect4_ai_versus_ai.py minmax 5 minmax 5
```

Com profundidades diferentes:

```
python connect4_ai_versus_ai.py minmax 1 minmax 5
```

Questões gerais

- Será que uma pessoa pode aperfeiçoar o seu conhecimento sobre Liga4 jogando contra máquinas?
- Será que uma pessoa pode aperfeiçoar o seu conhecimento sobre Liga4 estudando partidas feitas por duas máquinas?
- Será que é possível uma máquina aprender a jogar Liga4 jogando contra uma outra máquina que sabe Liga4?

Questões gerais

- Será que uma pessoa pode aperfeiçoar o seu conhecimento sobre Liga4 jogando contra máquinas? 👍
- Será que uma pessoa pode aperfeiçoar o seu conhecimento sobre Liga4 estudando partidas feitas por duas máquinas? 💪 👍
- Será que é possível uma máquina aprender a jogar Liga4 jogando contra uma outra máquina que sabe Liga4? 👍 👍 👍

Um pouco de história e tendências

Origens

- Claude Shannon. Programming a Computer for Playing Chess. *Philosophical Magazine, Ser.7, Vol. 41, No. 314 - March 1950*. Uma proposta de uso do algoritmo Min Max no jogo de Xadrez.
- Claude Shannon cita neste artigo o livro publicado por John von Neumann e Oskar Morgenstern: *Theory of Games and Economic Behavior* publicado em 1944.
- John von Neumann cita no seu livro as origens da ideia de Min Max:
Waldegrave (1713) Minmax solution of a 2-person, zero-sum game, reported in a letter from P. de Montmort to N. Bernouilli, transl, and with comments by H. W. Kuhn in W. J. Bauriol and Goldfeld (eds.), Precursors of Mathematical Economics.

Deep Blue versus Garry Kasparov

The 1996 match

The 1997 rematch

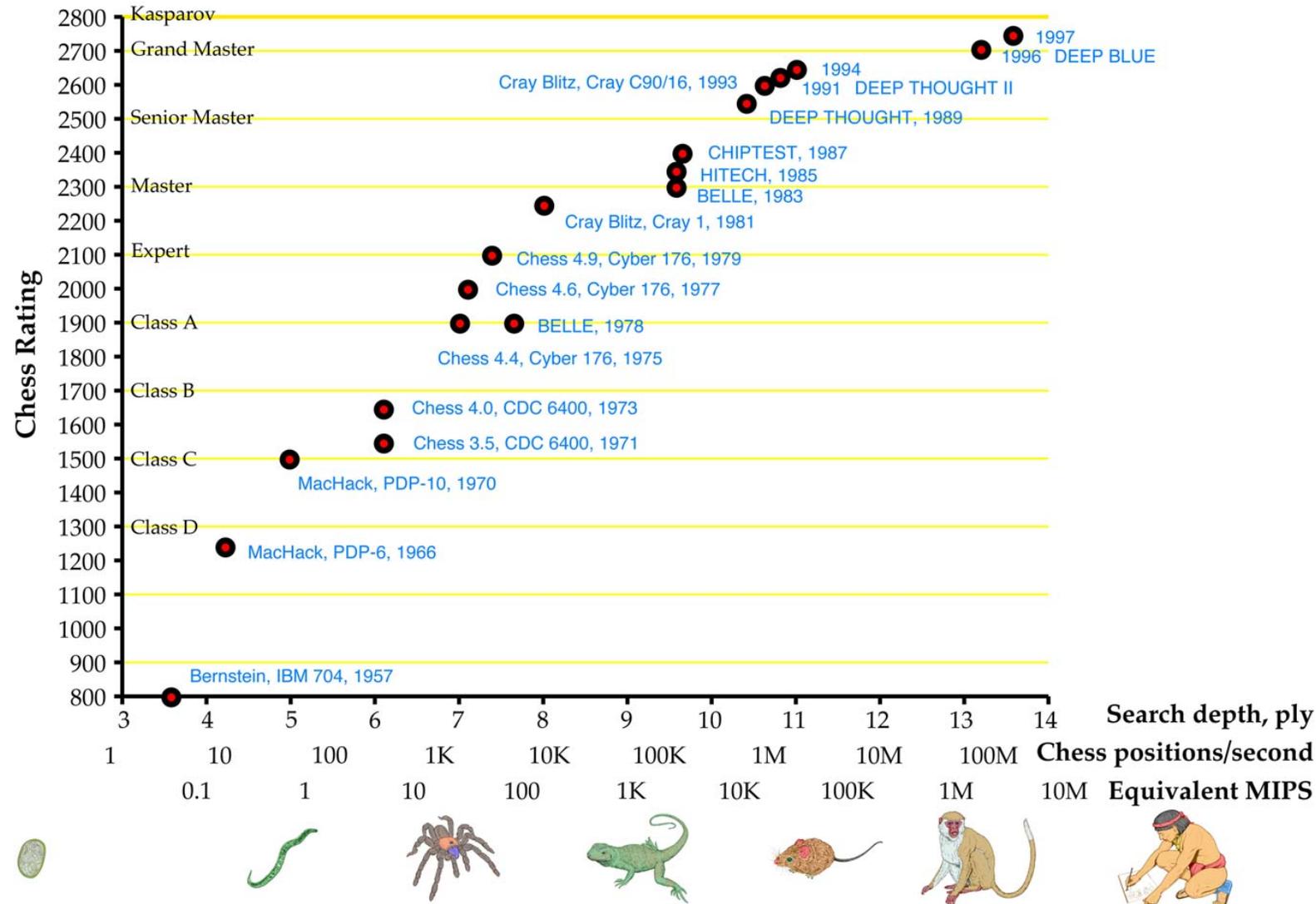
| Game # | White | Black | Result | Method of conclusion | Game # | White | Black | Result | Method of conclusion |
|--|------------------|-----------------|--------|--------------------------|--|------------------|-----------|--------|--------------------------|
| 1 | Deep Blue | Kasparov | 1-0 | Resignation | 1 | Kasparov | Deep Blue | 1-0 | Resignation |
| 2 | Kasparov | Deep Blue | 1-0 | Resignation | 2 | Deep Blue | Kasparov | 1-0 | Resignation |
| 3 | Deep Blue | Kasparov | ½-½ | Draw by mutual agreement | 3 | Kasparov | Deep Blue | ½-½ | Draw by mutual agreement |
| 4 | Kasparov | Deep Blue | ½-½ | Draw by mutual agreement | 4 | Deep Blue | Kasparov | ½-½ | Draw by mutual agreement |
| 5 | Deep Blue | Kasparov | 0-1 | Resignation | 5 | Kasparov | Deep Blue | ½-½ | Draw by mutual agreement |
| 6 | Kasparov | Deep Blue | 1-0 | Resignation | 6 | Deep Blue | Kasparov | 1-0 | Resignation |
| Result: Kasparov-Deep Blue: 4-2 | | | | | Result: Deep Blue-Kasparov: 3½-2½ | | | | |

- O DeepBlue fazia uso do algoritmo MinMax com poda alpha-beta.
- A solução tinha 256 processadores dedicados para a tarefa.
- Examinava em torno de 30 bilhões de movimentos por minuto.

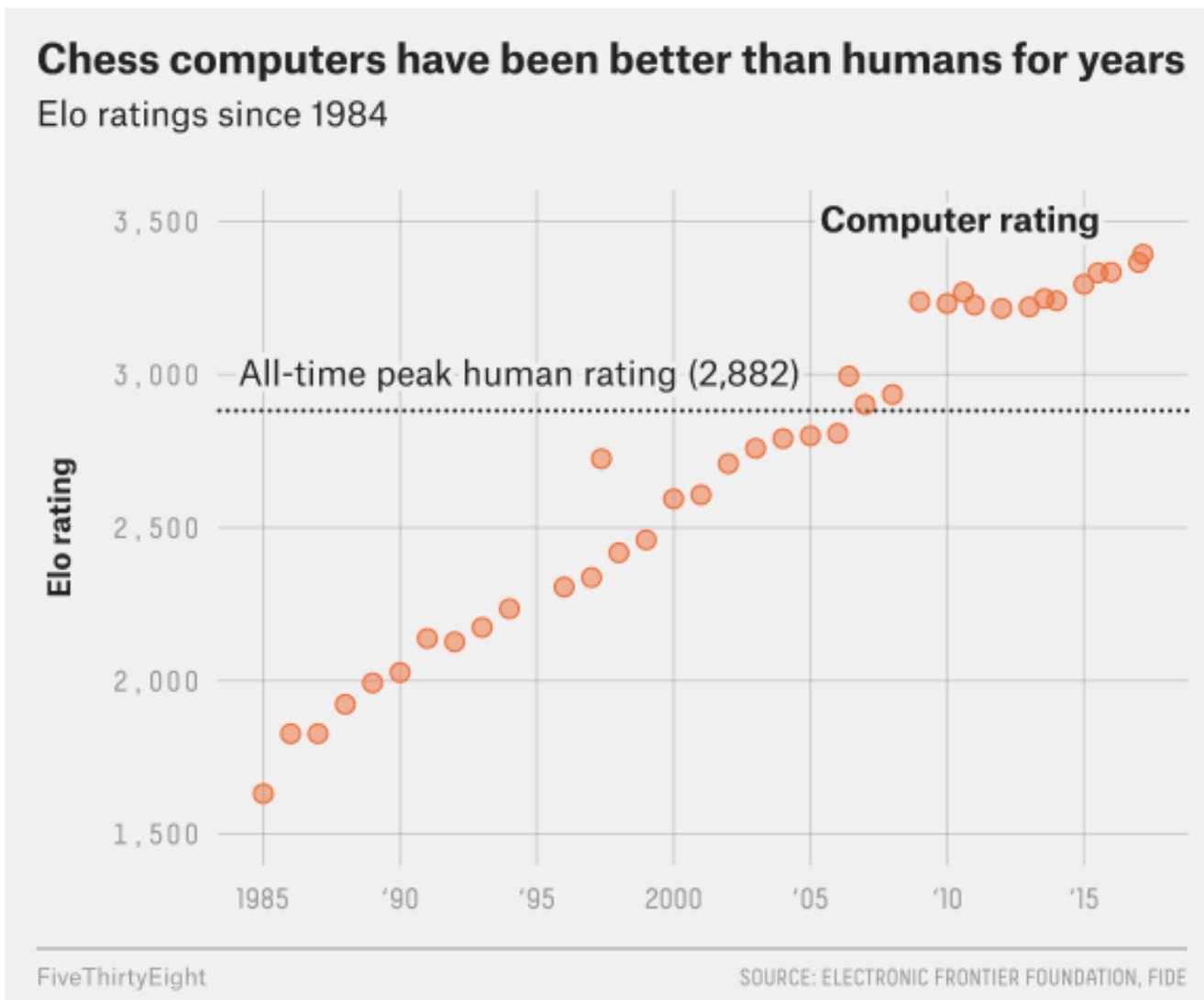
- A profundidade geralmente era de 13. No entanto, em determinadas situações podia chegar até 30.
- Para fazer a poda da árvore ou alongar o caminho de busca, a solução fazia uso de uma base de jogos históricos de Xadrez. Com isto era possível determinar o valor de um estado sem continuar a busca.
- [Game over: Kasparov and The Machine, 2003](#)
- [Deep Blue - Down the Rabbit Hole](#): um vídeo um tanto quanto interessante sobre o assunto com vários detalhes que são difíceis de encontrar em outras fontes.

O que mudou de Shannon até o Deep Blue?

Chess Machine Performance versus Processing Power



O avanço no jogo de xadrez parou depois do Deep Blue?



AlphaZero

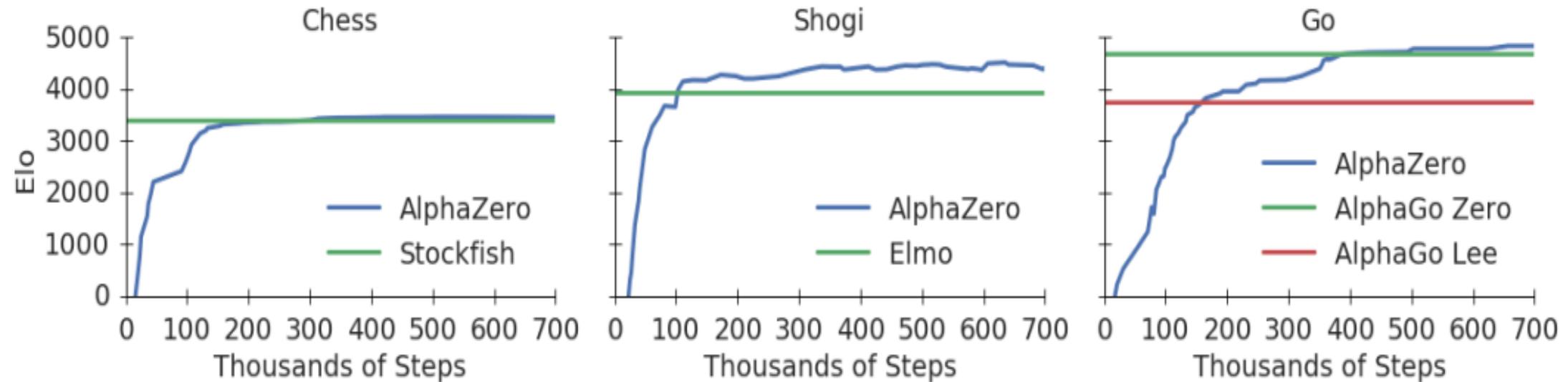


Figure 1: Training *AlphaZero* for 700,000 steps. Elo ratings were computed from evaluation games between different players when given one second per move. **a** Performance of *AlphaZero* in chess, compared to 2016 TCEC world-champion program *Stockfish*. **b** Performance of *AlphaZero* in shogi, compared to 2017 CSA world-champion program *Elmo*. **c** Performance of *AlphaZero* in Go, compared to *AlphaGo Lee* and *AlphaGo Zero* (20 block / 3 day) (29).

Impactos

- M. Sadler, N. Regan, e G. Kasparov, Game Changer: AlphaZero's Groundbreaking Chess Strategies and the Promise of AI. New in Chess, 2019.
- N. Tomasev, U. Paquet, D. Hassabis, e V. Kramnik, "Assessing Game Balance with AlphaZero: Exploring Alternative Rule Sets in Chess", CoRR, vol. abs/2009.04374, 2020, [Online]. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2009.04374>

Próximas atividades e referências

- Códigos, textos, roteiro de exercícios e referências podem ser obtidas no link <http://fbarth.net.br/Connect4-Python/>
- Sugiro fazer o fork ou clone do projeto <https://github.com/fbarth/Connect4-Python> e seguir as orientações que estão em <http://fbarth.net.br/Connect4-Python/configuracao/>.