

## Jogos com Oponentes

- Problemas de busca: não assumem a presença de um oponente
- Jogos: oponente → INCERTEZA!
- Incerteza porque não se conhece as jogadas exatas do oponente e não por causa de falta de informação.
- Jogos diferentes de busca por duas razões principais:
  - espaço de busca muito grande
  - tempo para cada jogada
- Ex: xadrez, em média fator de ramificação = 35
- em média, 50 jogadas para cada jogador, onde de cada jogada devemos selecionar 1 de 35 →  $35^{100}$  nós!!!

## Jogos

- Um jogo pode ser definido como um tipo de problema de busca com os seguintes componentes:
  - estado inicial: configuração do tabuleiro e indicação de quem é a vez
  - função para gerar os sucessores: retorna uma lista de pares com jogadas possíveis e estado resultante (a,s no algoritmo)
  - teste de terminação
  - Função *utilidade* (utility function) que devolve o valor numérico do jogo. Ex: ganhou, empatou, perdeu.
- Jogo com dois jogadores: MIN e MAX
- MAX inicia o jogo

## Jogos: Minimax

MINIMAX-VALUE( $n$ ) =

$$\left\{ \begin{array}{ll} \textit{UTILITY}(n) & \text{if } n \text{ is a terminal state} \\ \max_{s \in \text{successors}(n)} \text{MINIMAX-VALUE}(s) & \text{if } n \text{ is a MAX node} \\ \min_{s \in \text{successors}(n)} \text{MINIMAX-VALUE}(s) & \text{if } n \text{ is a MIN node} \end{array} \right.$$

## Jogos: Algoritmo Minimax

```
function MINIMAX_DECISION(state) returns an action
  inputs: state -> estado corrente no jogo
  v <- MAX-VALUE(state)
  return the action in SUCCESSORS(state) with value v
```

```
function MAX-VALUE(state) returns a utility value
  if TERMINAL_TEST(state) then return UTILITY(state)
  v <- -infinito
  for a, s in SUCCESSORS(state) do
    v <- MAX(v, MIN-VALUE(s))
  return v
```

```
function MIN-VALUE(state) returns a utility value
  if TERMINAL_TEST(state) then return UTILITY(state)
  v <- infinito
  for a, s in SUCCESSORS(state) do
    v <- MIN(v, MAX-VALUE(s))
  return v
```

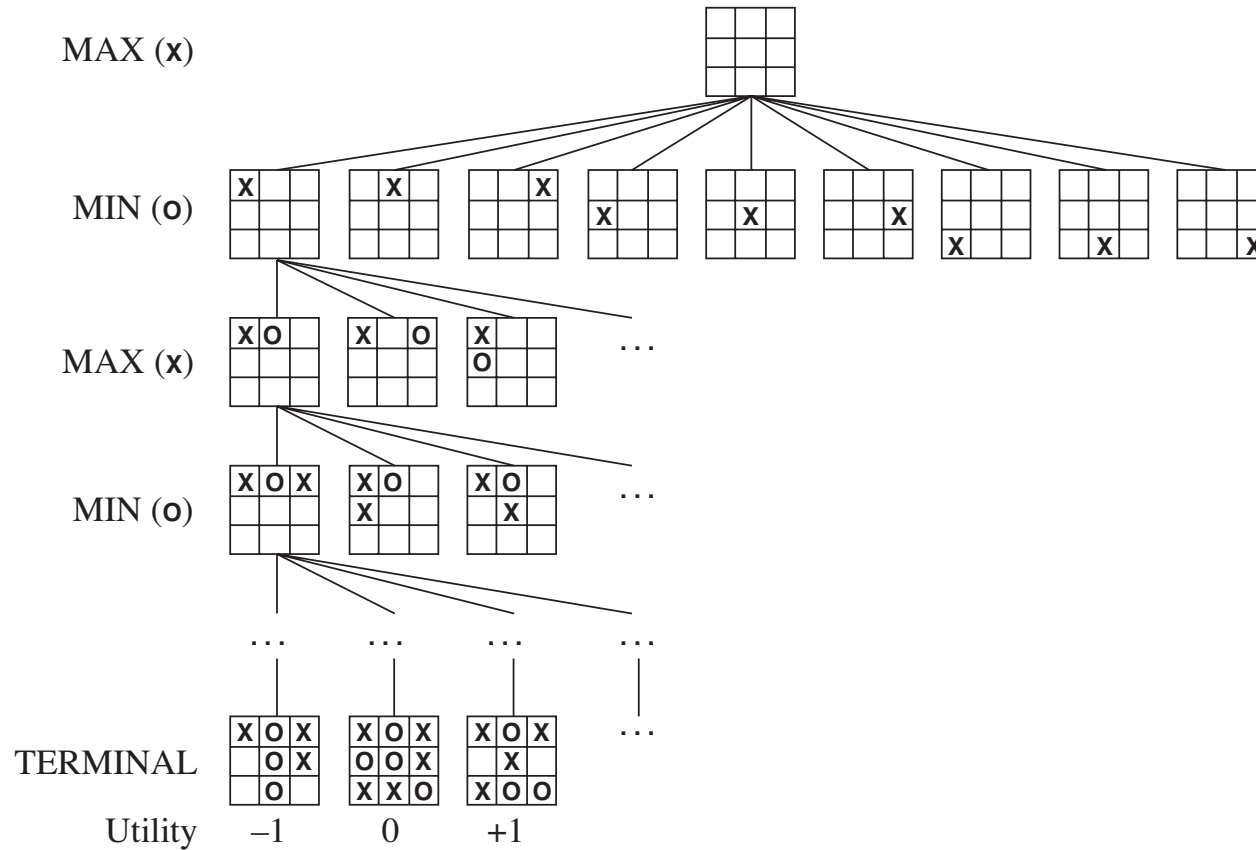
## Jogos: Algoritmo Alfa-Beta

```
function ALPHA-BETA-SEARCH(state) returns an action
  inputs: state -> estado corrente no jogo
  v <- MAX-VALUE(state,-inf,+inf) % alfa inicia com -inf,
                                % beta inicia com +inf
  return the action in SUCCESSORS(state) with value v

function MAX-VALUE(state,alfa,beta) returns a utility value
  inputs: state -> estado corrente no jogo
         alfa  -> valor da melhor alternativa para MAX
         beta  -> valor da melhor alternativa para MIN
  if TERMINAL_TEST(state) then return UTILITY(state)
  v <- -infinito
  for a, s in SUCCESSORS(state) do
    v <- MAX(v, MIN-VALUE(s,alfa,beta))
    if (v >= beta ) then return v % momento da poda
    alfa <- MAX(alfa,v)
  return v

function MIN-VALUE(state,alfa,beta) returns a utility value
  inputs: state -> estado corrente no jogo
         alfa  -> valor da melhor alternativa para MAX
         beta  -> valor da melhor alternativa para MIN
  if TERMINAL_TEST(state) then return UTILITY(state)
  v <- +infinito
  for a, s in SUCCESSORS(state) do
    v <- MIN(v, MAX-VALUE(s,alfa,beta))
    if (v <= alfa ) then return v % momento da poda
    beta <- MIN(beta,v)
  return v
```

## Exemplo: jogo do galo (velha - BR ou tic-tac-toe - UK/US)



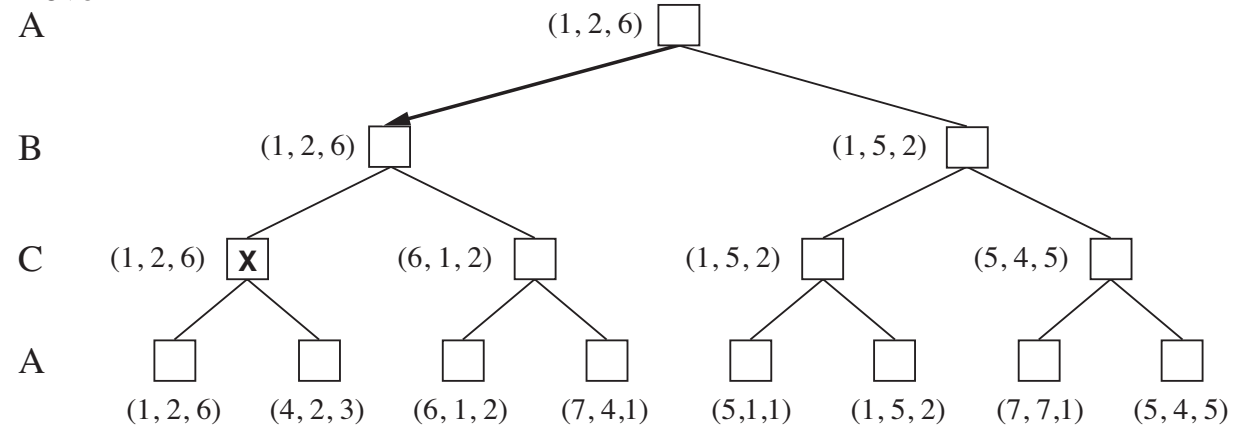
## Exemplo: jogo do galo (velha - BR ou tic-tac-toe - UK/US)

Observações:

- fator de ramificação dos nós mais próximos da raiz pode ser reduzido removendo estados simétricos
- fator de ramificação dos nós mais profundos da árvore de procura vai automaticamente sendo reduzido (sem necessidade de verificação de simetrias, porque o número de posições vagas no tabuleiro diminui)
- se expandir todos os nós até o último nível da árvore, a função utilidade pode ser: 0 para empate, -1 para perdeu e +1 para ganhou
- se não expandir os nós até o último nível, pode utilizar a função utilidade que devolve o número de fileiras vazias para o MAX menos o número de fileiras vazias para o MIN.

## Exemplo: jogos com múltiplos jogadores

to move





## Exemplo: jogos com múltiplos jogadores

Observações:

- representação de valores para cada jogador em forma de vetor (tuplas), onde cada elemento indica a função utilidade para um jogador, na ordem de jogada
- algoritmo aplicado similar ao minimax
- complicações:
  - mudanças dinâmicas de estratégia durante o jogo quando acontecem alianças entre jogadores para derrubar o jogador mais forte e mais tarde estas alianças desaparecem (jogo flutua entre cooperação e competição)
  - quando no jogo é introduzido algum fator aleatório (jogos com utilização de dados, por exemplo)