

Inteligência Artificial

Aula 2 - vídeo 1 - Recursão

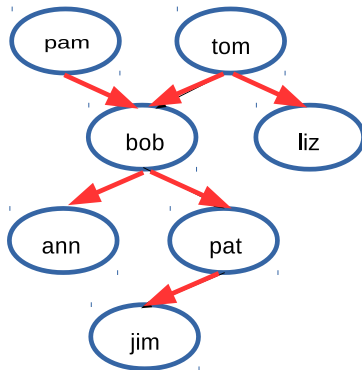
João C. P. da Silva

Dept. Ciência da Computação - UFRJ

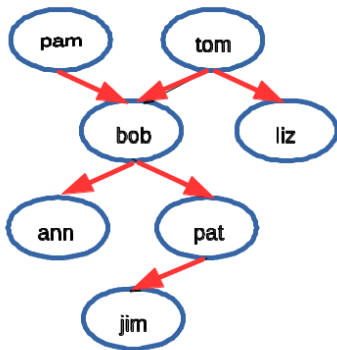
20 de agosto de 2020

Recursão em Prolog

Considere que queremos definir a relação **ancestral** a partir da relação **pais**.

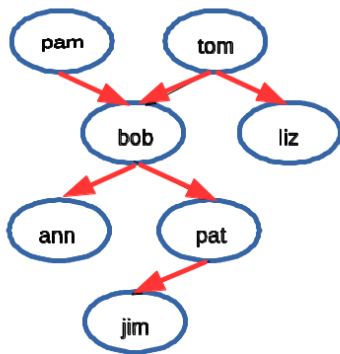


Recursão em Prolog



→ pais

Recursão em Prolog

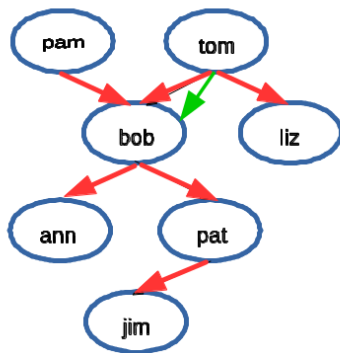


pais

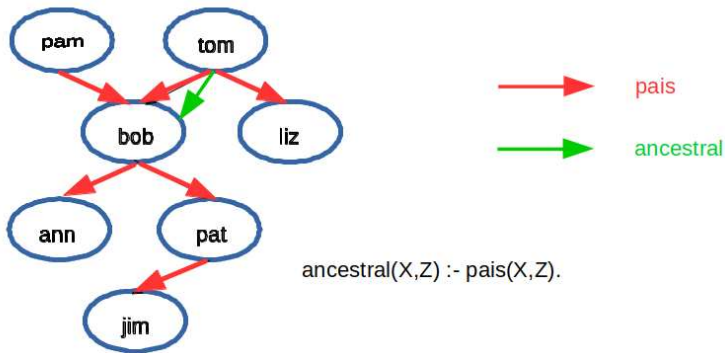


ancestral

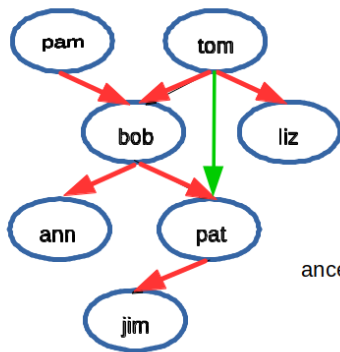
Recursão em Prolog



Recursão em Prolog



Recursão em Prolog



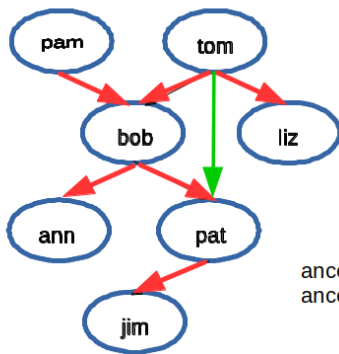
pais



ancestral

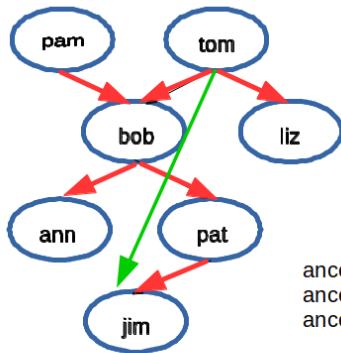
`ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).`

Recursão em Prolog



```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),pais(Y1,Z).
```


Recursão em Prolog



```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),pais(Y1,Y2),pais(Y2,Z).
```

Recursão em Prolog


```
pais(pam,bob). ←  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).  
  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,bob).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```




?- ancestral(tom,bob).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```




?- ancestral(tom,bob).

X/tom, Z/bob

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```



?- ancestral(tom,bob).

X/tom, Z/bob

?- pais(tom,bob).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,bob).

X/tom, Z/bob

?- pais(tom,bob).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,bob).

X/tom, Z/bob

?- pais(tom,bob).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,bob).

X/tom, Z/bob

?- pais(tom,bob).

true

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```


```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,pat).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```




?- ancestral(tom,pat).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```



X/tom, Z/pat

?- ancestral(tom,pat).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,pat).

X/tom, Z/pat

?- pais(tom,pat).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,pat).

X/tom, Z/pat

?- pais(tom,pat).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,pat).

X/tom, Z/pat

?- pais(tom,pat).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,pat).

X/tom, Z/pat

?- pais(tom,pat).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

X/tom, Z/pat

?- pais(tom,pat).

?- ancestral(tom,pat).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,pat).

X/tom, Z/pat

?- pais(tom,pat).

false

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

X/tom, Z/pat

?- pais(tom,pat).

false

?- ancestral(tom,pat).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,pat).

X/tom, Z/pat

?- pais(tom,pat).

false

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,pat).

X/tom, Z/pat

X/tom, Z/pat

?- pais(tom,pat).

false

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,pat).

X/tom, Z/pat

X/tom, Z/pat

?- pais(tom,pat). ?- pais(tom,Y1),pais(Y1,pat).

false

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob). ←  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1), ←  
    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
    pais(Y1,Y2),  
    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,pat).

X/tom, Z/pat

X/tom, Z/pat

?- pais(tom,pat). ?- pais(tom,Y1),pais(Y1,pat).

false

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,pat).

X/tom, Z/pat X/tom, Z/pat

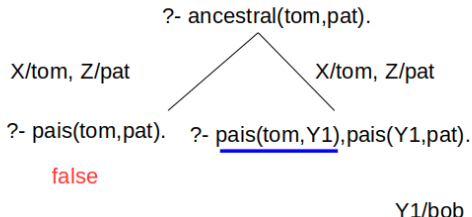
?- pais(tom,pat). ?- pais(tom,Y1),pais(Y1,pat).

false

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

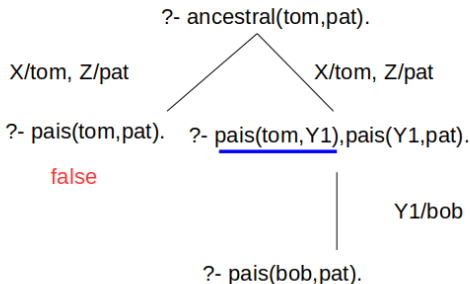
```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```



Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

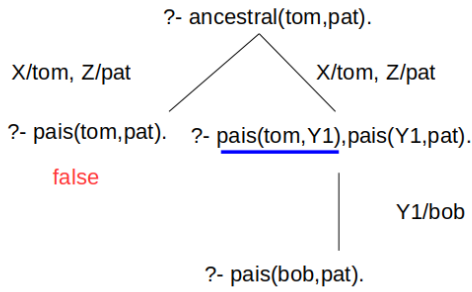
```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```



Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

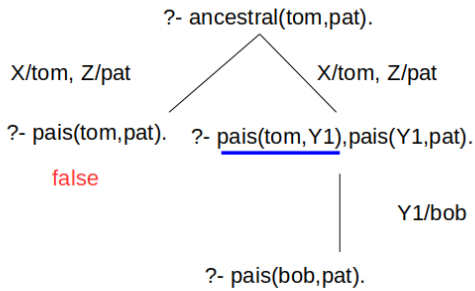
```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```



Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob). ←  
pais(tom,bob). ←  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

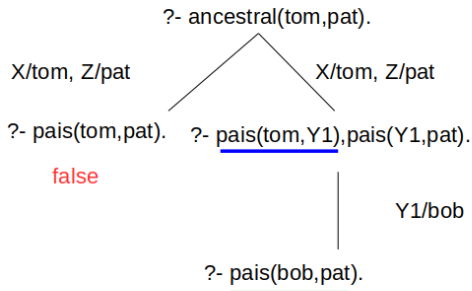
```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z). ←  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```



Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob). ←  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat). ←  
pais(pat,jim).
```

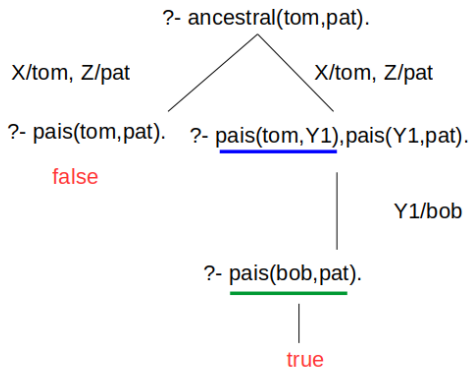
```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z). ←  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```



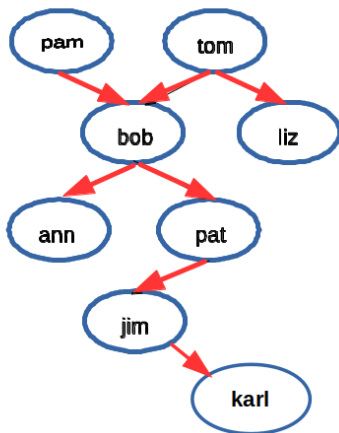
Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```



Recursão em Prolog



→ pais

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```


```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,karl).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```




?- ancestral(tom,karl).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```



?- ancestral(tom,karl).

false

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,karl).

false

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,karl).


false false

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,karl).

Diagram illustrating the recursive call structure for the query `?- ancestral(tom,karl).`. The structure shows a branching point where the query fails on both branches, indicated by the word **false** in red below each branch.

```
graph TD
    A[?- ancestral(tom,karl).] --> B[false]
    A --> C[false]
```

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).
```

?- ancestral(tom,karl).



Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,ann).  
pais(bob,pat).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    pais(Y1,Y2),  
                    pais(Y2,Y3),  
                    pais(Y3,Z).
```

?- ancestral(tom,karl).

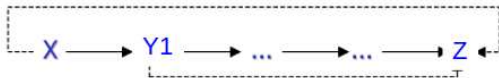


Recursão em Prolog

Relação Ancestral



`ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).`



`ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1), ancestral(Y1,Z).`

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,pat).  
pais(bob,ann).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    ancestral(Y1,Z).
```

?- ancestral(tom,karl).

Recursão em Prolog


```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,pat).  
pais(bob,ann).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).  
  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    ancestral(Y1,Z).
```

?- ancestral(tom,karl).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,pat).  
pais(bob,ann).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    ancestral(Y1,Z).
```




?- ancestral(tom,karl).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,pat).  
pais(bob,ann).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    ancestral(Y1,Z).
```




?- ancestral(tom,karl).
X/tom, Z/karl
?- pais(tom,karl).

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,pat).  
pais(bob,ann).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    ancestral(Y1,Z).
```




X/tom, Z/karl

?- ancestral(tom,karl).

?- pais(tom,karl).

false



Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,pat).  
pais(bob,ann).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    ancestral(Y1,Z).
```

X/tom, Z/karl

?- ancestral(tom, karl).

?- pais(tom, karl).

false

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,pat).  
pais(bob,ann).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    ancestral(Y1,Z).
```

?- ancestral(tom,karl).

X/tom, Z/karl X/tom, Z/karl

?- pais(tom,karl). ?- pais(tom,Y1),ancestral(Y1,karl).

false

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,pat).  
pais(bob,ann).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    ancestral(Y1,Z).
```




Diagram illustrating the recursive call for the query ?- ancestral(tom,karl).

The diagram shows the query branching into two sub-queries:

- Left branch: X/tom, Z/karl leads to ?- pais(tom,karl)., which evaluates to **false**.
- Right branch: X/tom, Z/karl leads to ?- pais(tom,Y1), ancestral(Y1,karl)., where pais(tom,Y1) is underlined in blue.

Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob).  
pais(tom,liz).  
pais(bob,pat).  
pais(bob,ann).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

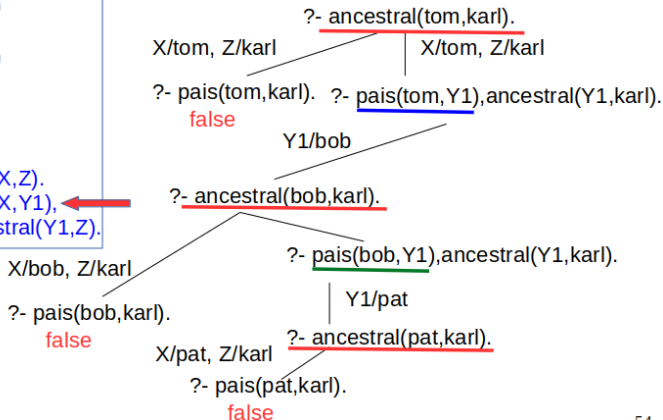
```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),  
                    ancestral(Y1,Z).
```

?- ancestral(tom,karl).
X/tom, Z/karl X/tom, Z/karl
?- pais(tom,karl). ?- pais(tom,Y1),ancestral(Y1,karl).
false

Recursão em Prolog

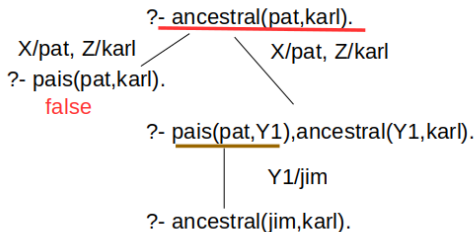
```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob). ←  
pais(tom,liz).  
pais(bob,pat). ←  
pais(bob,ann).  
pais(pat,jim).  
pais(jim,karl).
```

```
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1), ←  
                     ancestral(Y1,Z).
```



Recursão em Prolog

```
pais(pam,bob).  
pais(tom,bob). ←  
pais(tom,liz).  
pais(bob,pat). ←  
pais(bob,ann).  
pais(pat,jim). ←  
pais(jim,karl).  
  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).  
ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1), ←  
                     ancestral(Y1,Z).
```



Recursão em Prolog

pais(pam,bob).

pais(tom,bob). ←

pais(tom,liz). ←

pais(bob,pat). ←

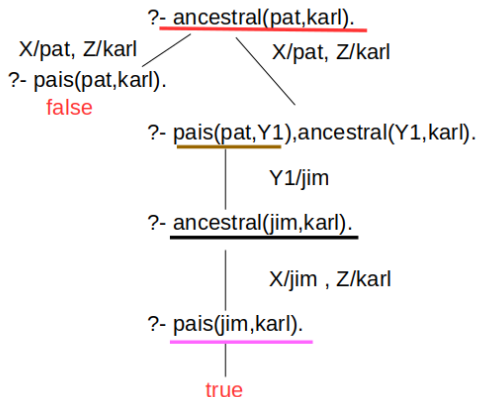
pais(bob,ann). ←

pais(pat,jim). ←

pais(jim,karl). ←

ancestral(X,Z) :- pais(X,Z). ←

ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1),
 ancestral(Y1,Z). ←



Recursão em Prolog

Definimos a relação **ancestral** usando as regras:

`ancestral(X,Z) :- pais(X,Z).`

`ancestral(X,Z) :- pais(X,Y1), ancestral(Y1,Z).`

O que ocorre em cada um dos seguintes casos?

`ancestral2(X,Y):- parent(X,Z), ancestral2(Z,Y).`

`ancestral2(X,Y) :- parent(X,Y).`

`ancestral3(X,Y) :- parent(X,Y).`

`ancestral3(X,Y):- ancestral3(X,Z), parent(Z,Y).`

`ancestral4(X,Y):- ancestral4(X,Z), parent(Z,Y).`

`ancestral4(X,Y) :- parent(X,Y).`

Inteligência Artificial

Aula 2 - vídeo 1 - Recursão

João C. P. da Silva

Dept. Ciência da Computação - UFRJ

20 de agosto de 2020