

QUESTÃO 1:

PASSO 0: CRIAÇÃO DA  
ÁRVORE ABB

RAIZ  
↓  
NULL

PASSO 1: INSERÇÃO DO  
ELEMENTO "MP"

RAIZ  
↓  
MP  
↓  
NULL

PASSO 2: INSERÇÃO DO  
ELEMENTO "MT"  
MT > MP, VAI PARA DIREITA

RAIZ  
↓  
MP  
↙ ↘  
NULL MT  
↙ ↘  
NULL NULL

PASSO 3: INSERÇÃO DO  
ELEMENTO "KJ"  
KJ < MP, VAI PARA ESQUERDA

RAIZ  
↓  
MP  
↙ ↘  
KJ MT  
↙ ↘ ↙ ↘  
NULL NULL NULL NULL

PASSO 4: INSERÇÃO DO  
ELEMENTO "QS"  
QS > MP, VAI PARA DIREITA  
QS > MT, VAI PARA DIREITA

RAIZ  
↓  
MP  
↙ ↘  
KJ MT  
↙ ↘ ↙ ↘  
NULL NULL NULL QS  
↙ ↘  
NULL NULL

PASSO 5: INSERÇÃO DO  
ELEMENTO "XB"  
XB > MP, VAI PARA DIREITA  
XB > MT, VAI PARA DIREITA  
XB > QS, VAI PARA DIREITA

RAIZ  
↓  
MP  
↙ ↘  
KJ MT  
↙ ↘ ↙ ↘  
NULL NULL NULL QS  
↙ ↘  
NULL XB  
↙ ↘  
NULL NULL

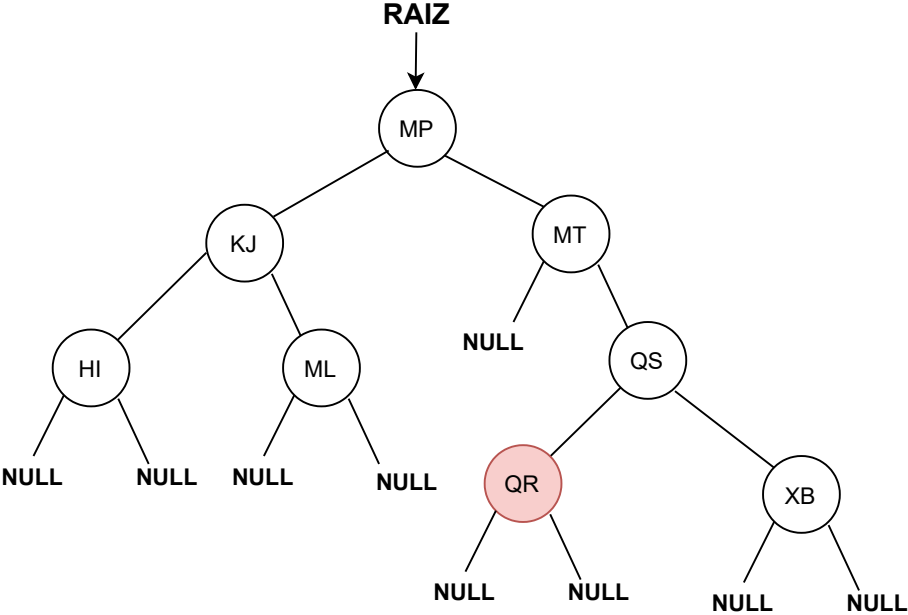
PASSO 6: INSERÇÃO DO  
ELEMENTO "ML"  
ML < MP, VAI PARA ESQUERDA  
ML > KJ, VAI PARA DIREITA

RAIZ  
↓  
MP  
↙ ↘  
KJ MT  
↙ ↘ ↙ ↘  
NULL ML QS  
↙ ↘ ↙ ↘  
NULL NULL NULL XB  
↙ ↘  
NULL NULL

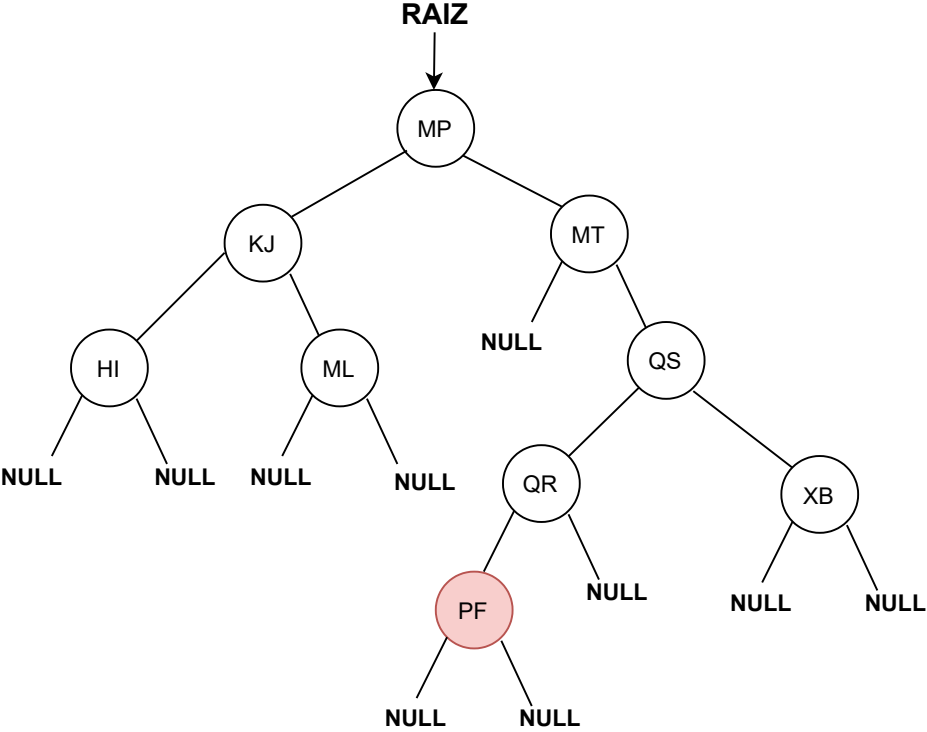
PASSO 7: INSERÇÃO DO  
ELEMENTO "HI"  
HI < MP, VAI PARA ESQUERDA  
HI < KJ, VAI PARA ESQUERDA

RAIZ  
↓  
MP  
↙ ↘  
KJ MT  
↙ ↘ ↙ ↘  
HI ML QS  
↙ ↘ ↙ ↘  
NULL NULL NULL XB  
↙ ↘  
NULL NULL

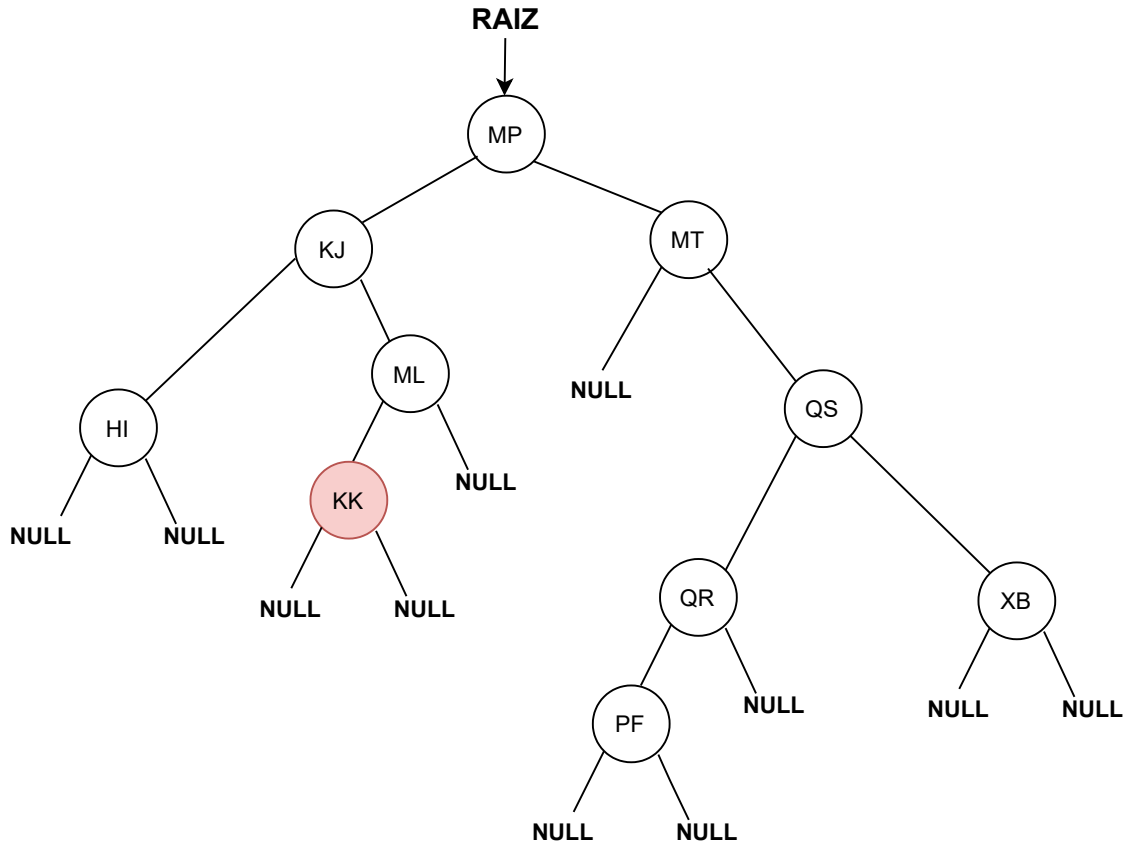
PASSO 8: INSERÇÃO DO  
ELEMENTO "QR"  
QR > MP , VAI PARA DIREITA  
QR > MT, VAI PARA DIREITA  
QR < QS, VAI PARA ESQUERDA



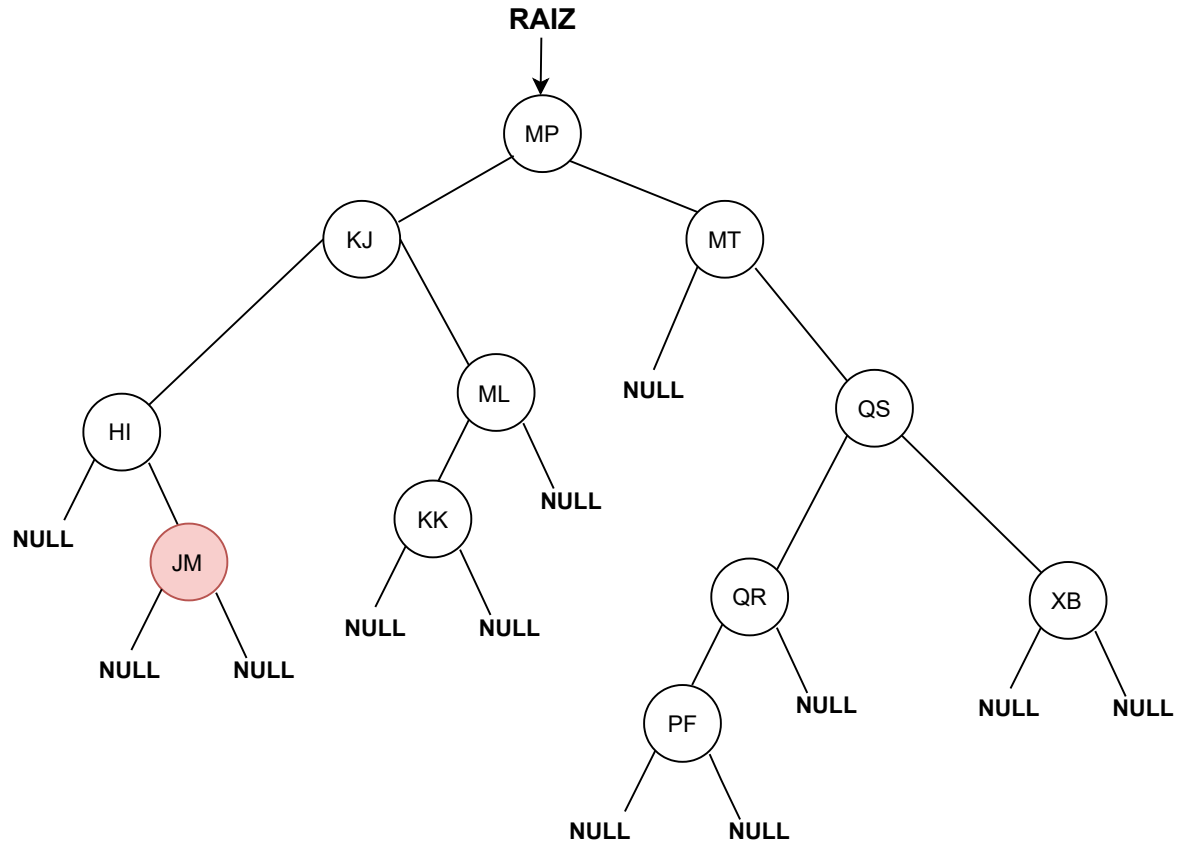
PASSO 9: INSERÇÃO DO  
ELEMENTO "PF"  
PF > MP , VAI PARA DIREITA  
PF > MT, VAI PARA DIREITA  
PF < QS, VAI PARA ESQUERDA  
PF < QR, VAI PARA ESQUERDA



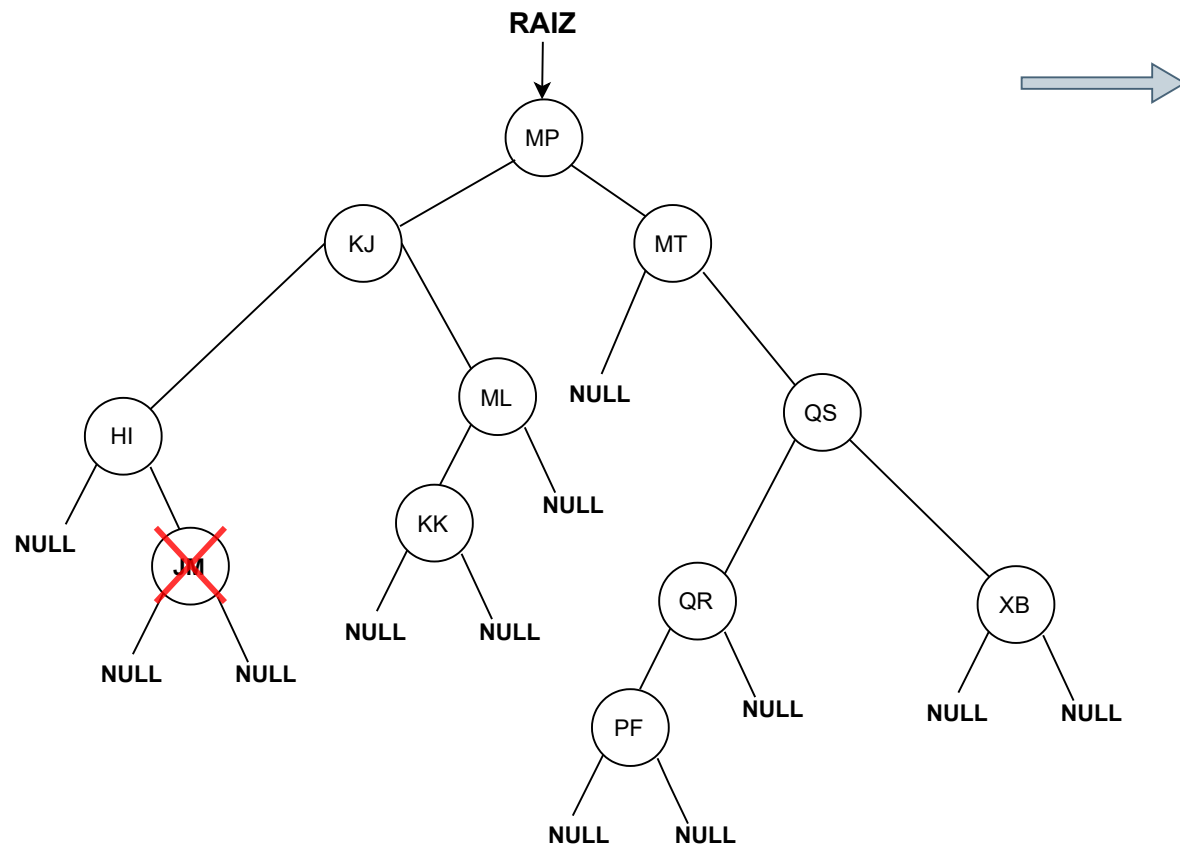
PASSO 10: INSERÇÃO DO  
ELEMENTO "KK"  
KK < MP , VAI PARA ESQUERDA  
KK > KJ, VAI PARA DIREITA  
KK < ML VAI PARA ESQUERDA



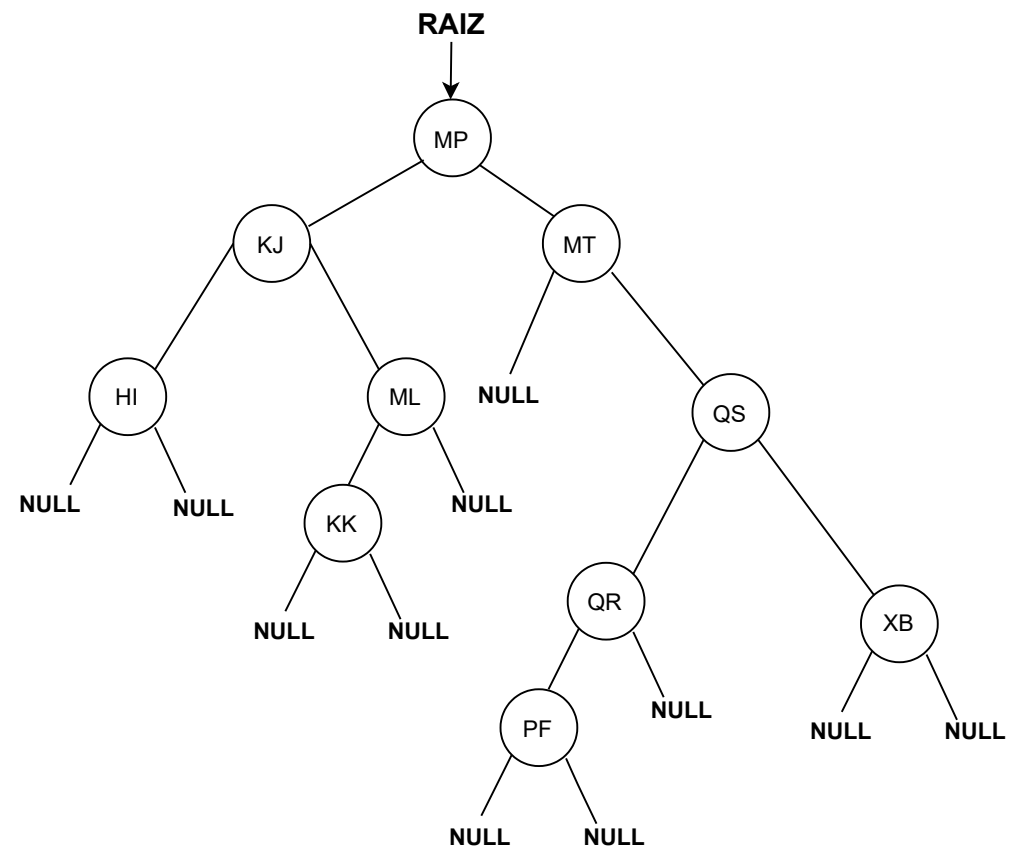
PASSO 11: INSERÇÃO DO  
ELEMENTO "JM"  
JM < MP , VAI PARA ESQUERDA  
JM < KJ, VAI PARA ESQUERDA  
JM > HI VAI PARA DIREITA



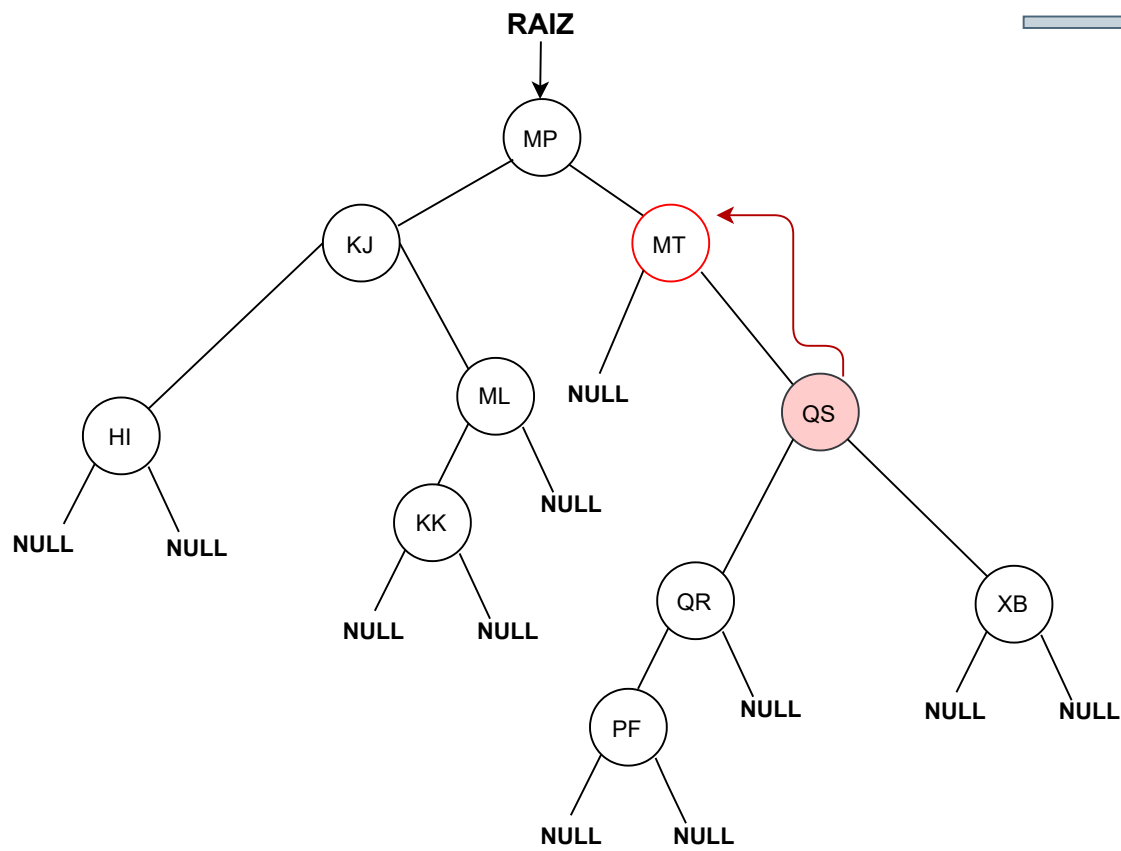
PASSO 12: **REMOÇÃO DO ELEMENTO "JM"**  
(JM NÃO POSSUI FILHOS)



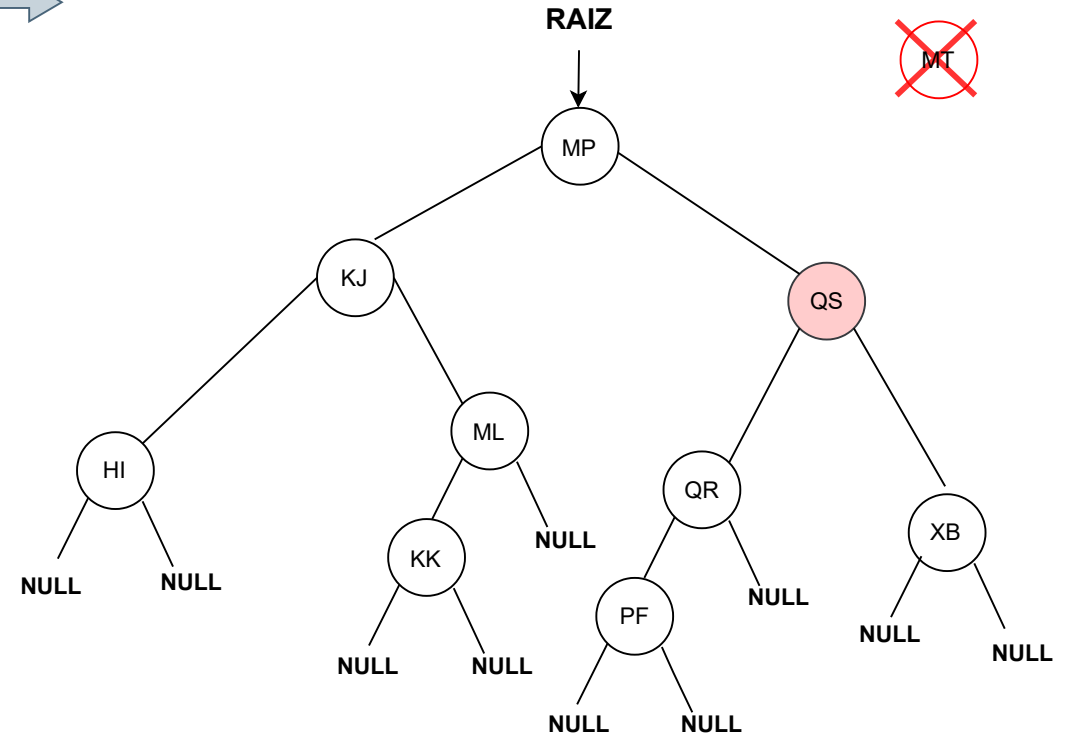
PONTEIRO DIREITO DO "HI"  
PASSA A APONTAR PARA NULL



PASSO 13: **REMOÇÃO DO ELEMENTO "MT"**  
(POSSUI APENAS UM FILHO LOGO BASTA FAZER  
A SUBSTITUIÇÃO PELO SEU FILHO "QS")



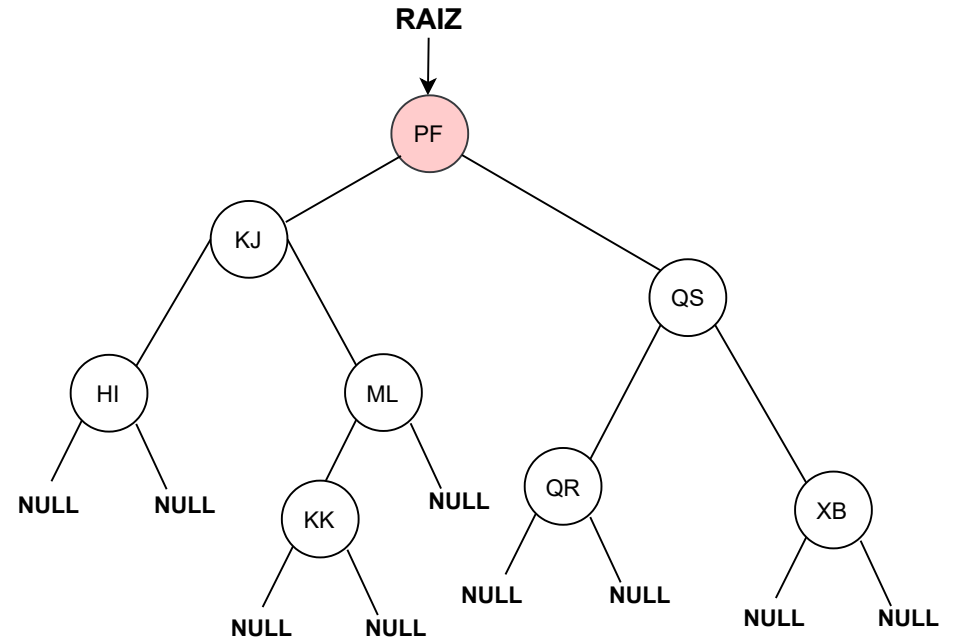
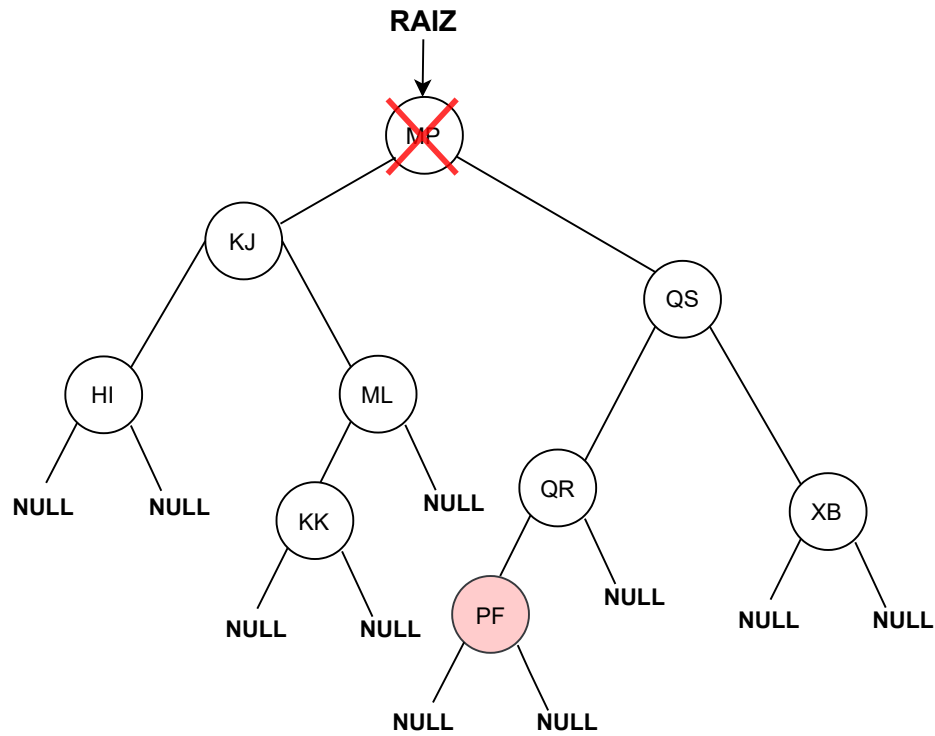
PONTEIRO DIREITO DO "MP" PASSA A APONTAR  
PARA "QS"



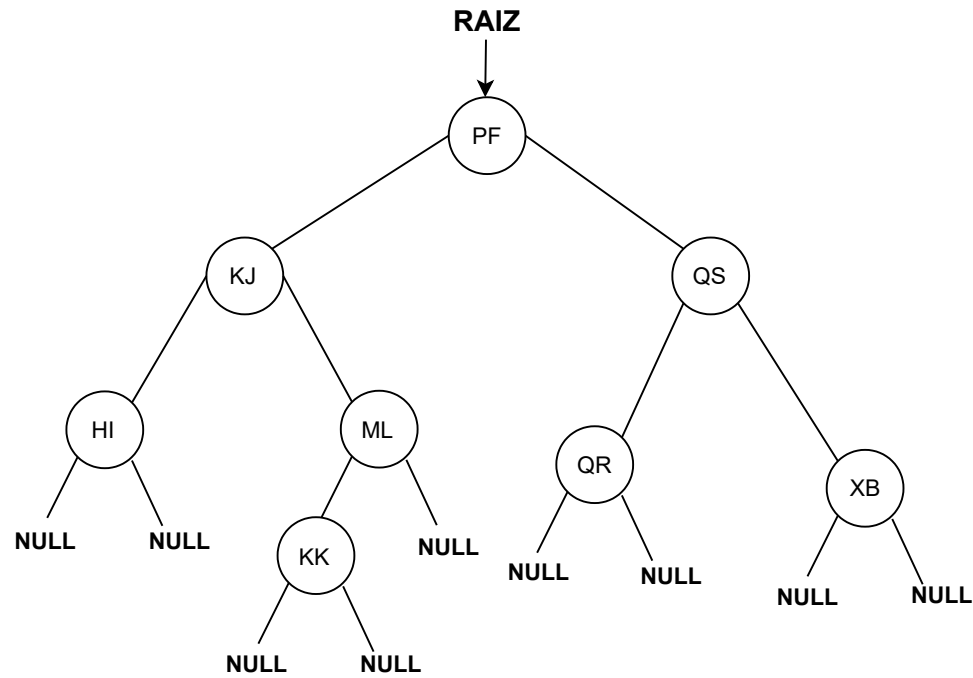
PASSO 14: **REMOÇÃO DO ELEMENTO "MP"**  
(POSSUI DOIS FILHOS, LOGO DEVE SER  
SUBSTITUÍDO PELO SEU SUCESSOR "PF")



RAIZ PASSA A APONTAR PARA "PF" E O  
PONTEIRO ESQUERDO DE "QR" PARA NULL



## ABB FINAL:

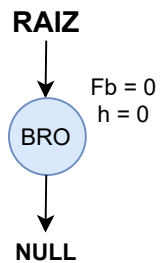


### QUESTÃO 5:

#### CRIAÇÃO DA ÁRVORE AVL

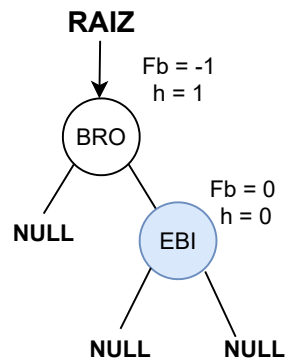


#### INSERÇÃO DO ELEMENTO "BRO"



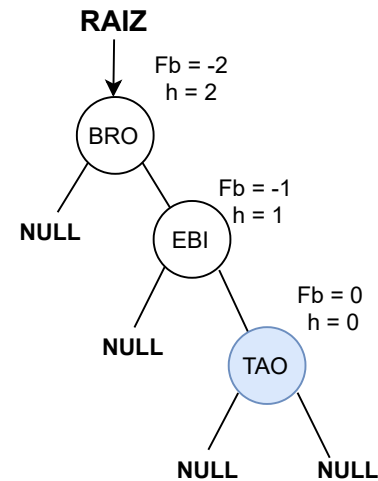
#### INSERÇÃO DO ELEMENTO "EBI"

EBI > BRO, VAI PARA DIREITA

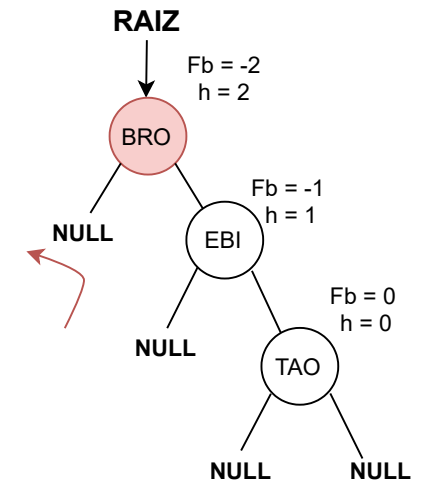


#### INSERÇÃO DO ELEMENTO "TAO"

TAO > BRO, VAI PARA DIREITA  
TAO > EBI, VAI PARA DIREITA

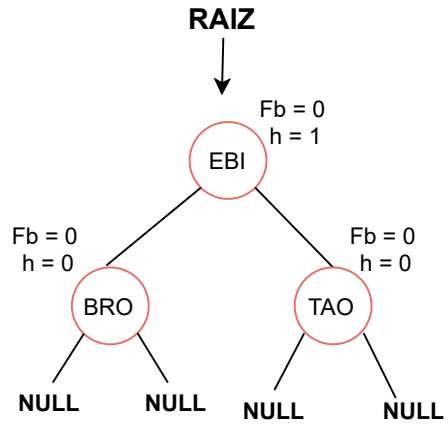


#### DESBALANCEAMENTO

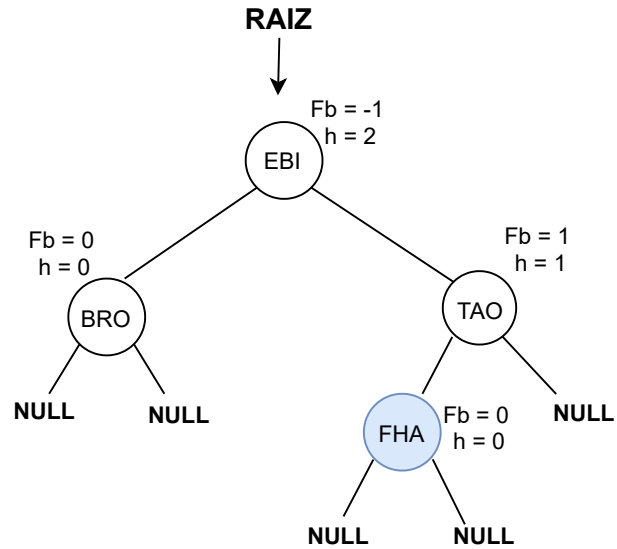




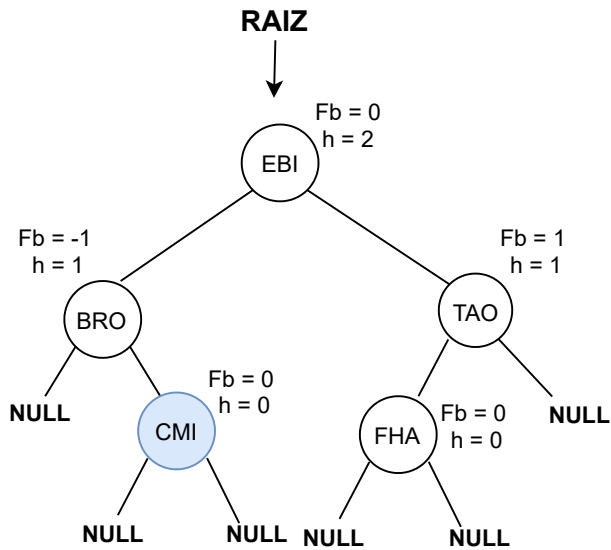
**ROTAÇÃO SIMPLES PRA  
ESQUERDA**



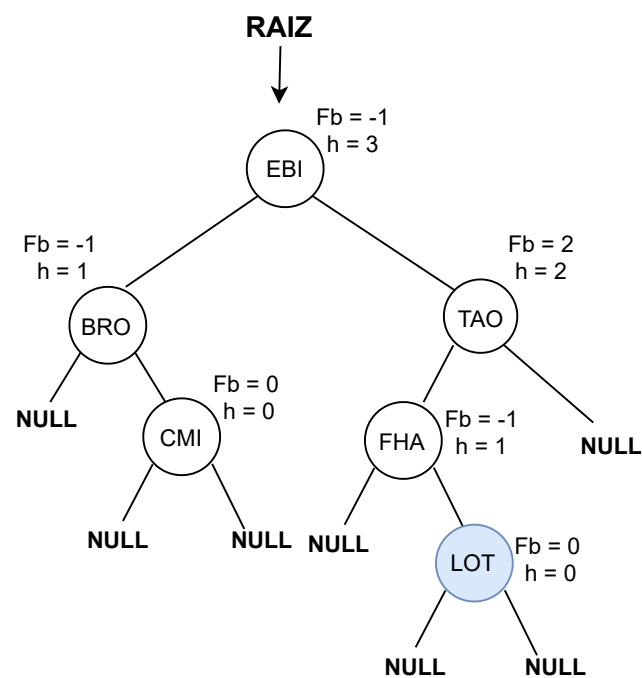
**INSERÇÃO DO ELEMENTO "FHA"**  
FHA > EBI, VAI PARA DIREITA  
FHA < TAO, VAI PARA ESQUERDA



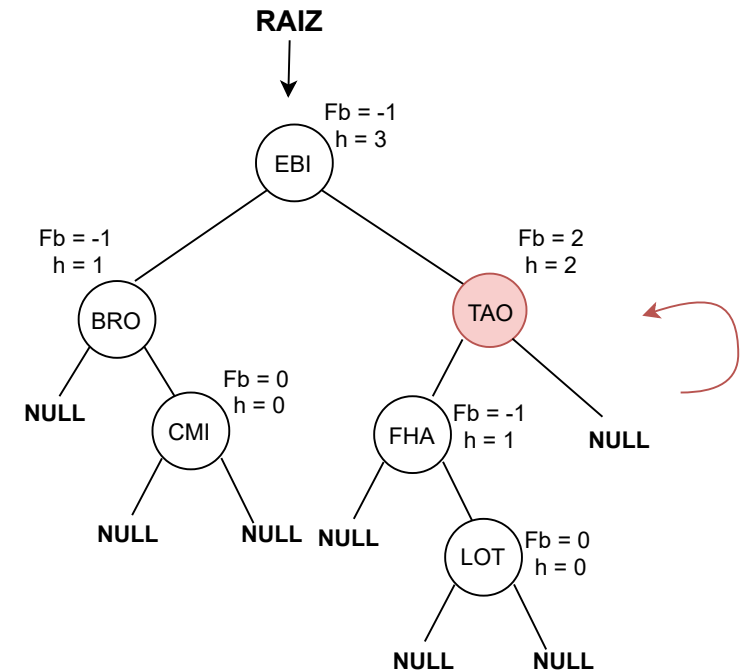
**INSERÇÃO DO ELEMENTO "CMI"**  
CMI < EBI, VAI PARA ESQUERDA  
CMI > BRO, VAI PARA DIREITA



**INSERÇÃO DO ELEMENTO "LOT"**  
LOT > EBI, VAI PARA DIREITA  
LOT < TAO, VAI PARA ESQUERDA  
LOT > FHA, VAI PARA DIREITA

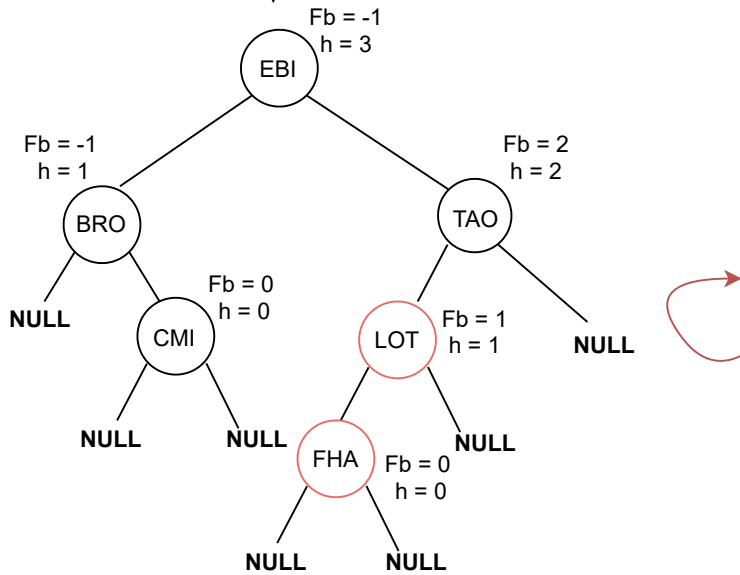


**DESBALANCEAMENTO**



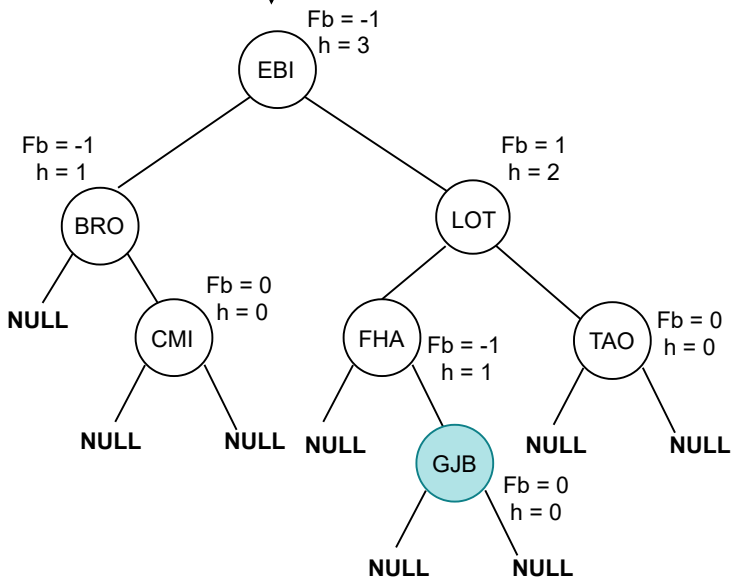
# ROTAÇÃO DUPLA ESQUERDA-DIREITA

RAIZ



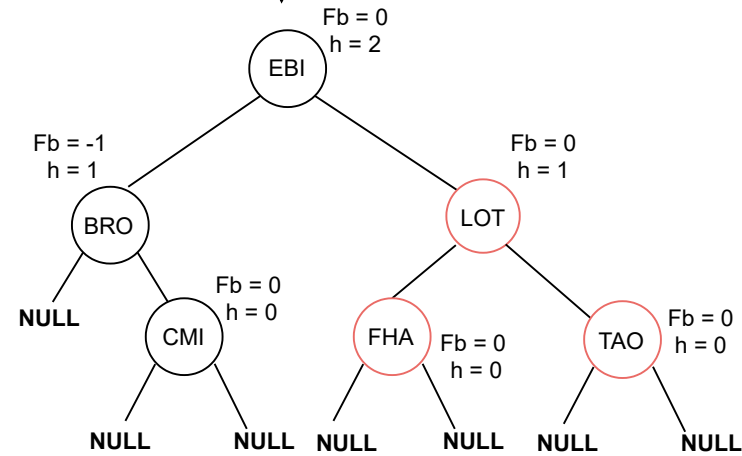
INSERÇÃO DO ELEMENTO "GJB"  
GJB > EBI, VAI PARA DIREITA  
GJB < LOT, VAI PARA ESQUERDA  
GJB > FHA, VAI PARA DIREITA

RAIZ



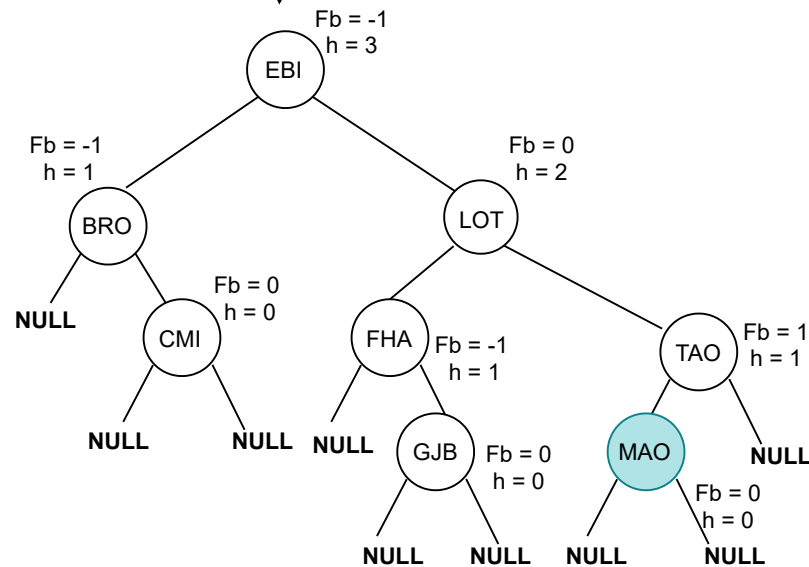
# ROTAÇÃO DUPLA ESQUERDA-DIREITA

RAIZ

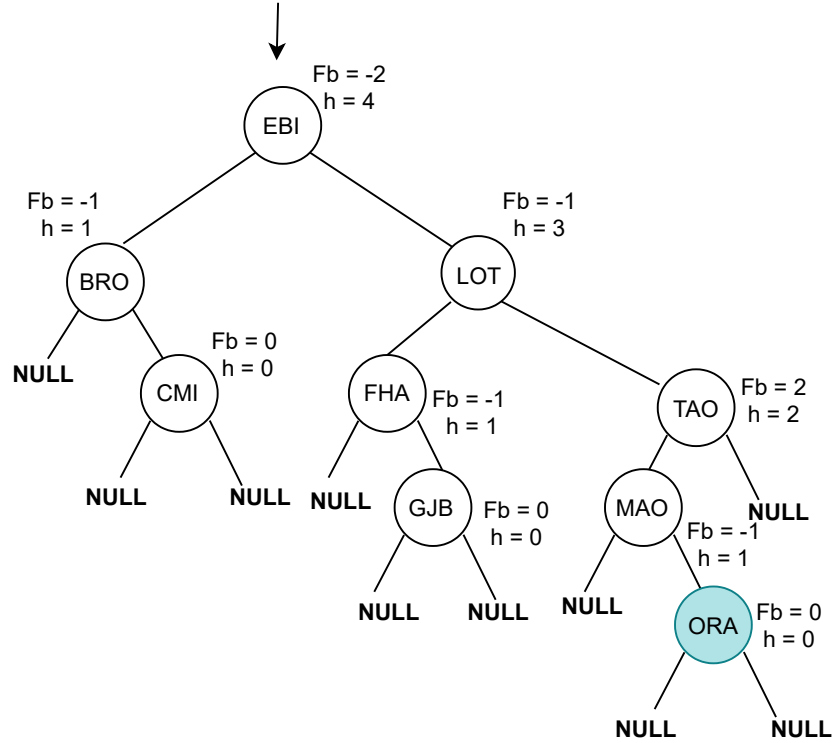


INSERÇÃO DO ELEMENTO "MAO"  
MAO > EBI, VAI PARA DIREITA  
MAO > LOT, VAI PARA DIREITA  
MAO < TAO, VAI PARA ESQUERDA

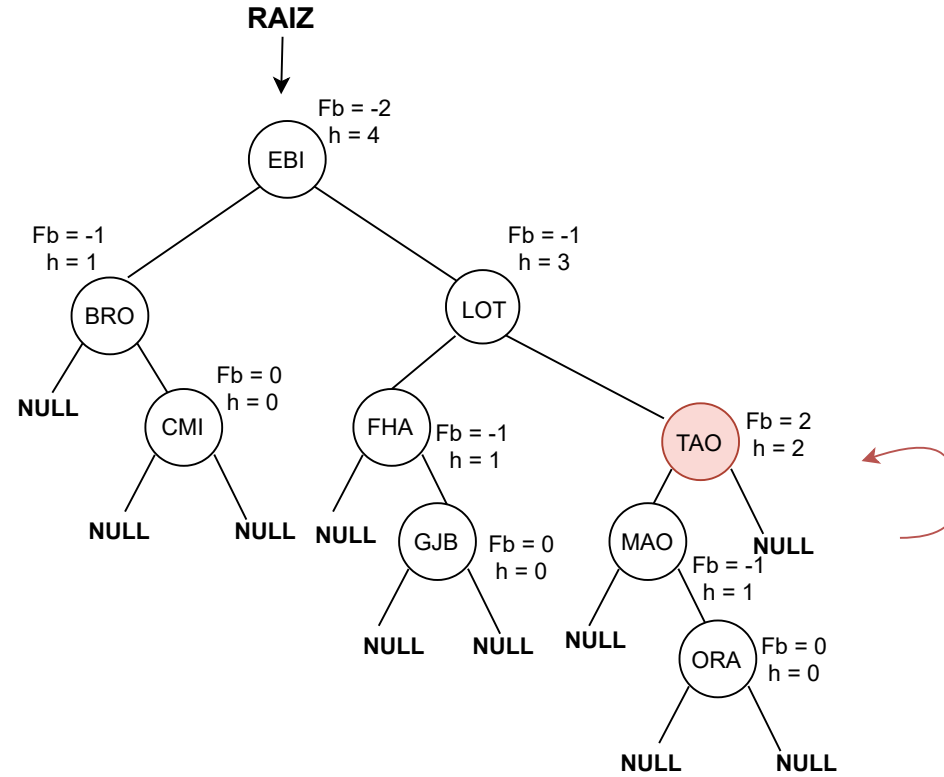
RAIZ



INSERÇÃO DO ELEMENTO "ORA"  
ORA > EBI, VAI PARA DIREITA  
ORA > LOT, VAI PARA DIREITA  
ORA < TAO, VAI PARA ESQUERDA  
ORA > MAO, VAI PARA DIREITA  
**RAIZ**

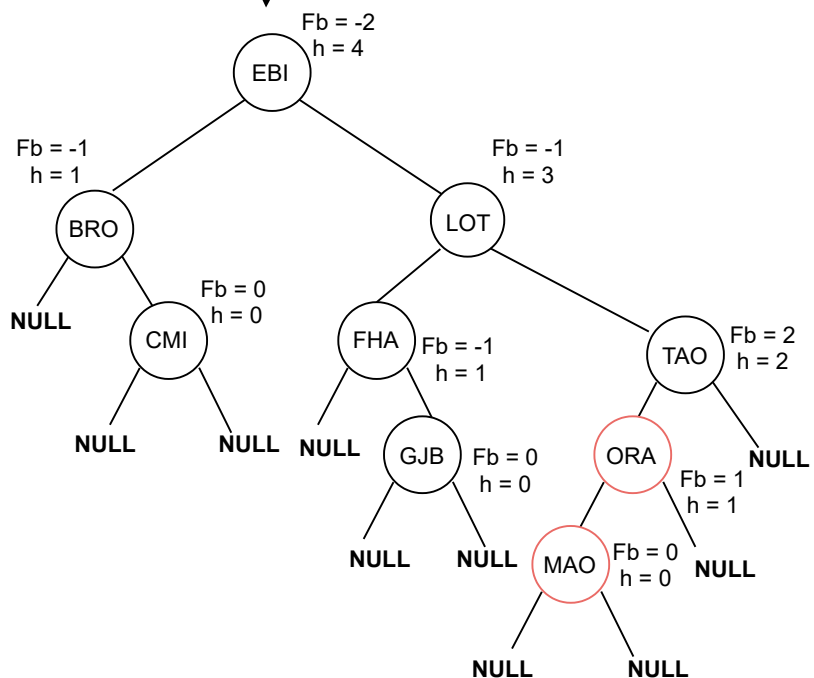


**DESBALANCEAMENTO**



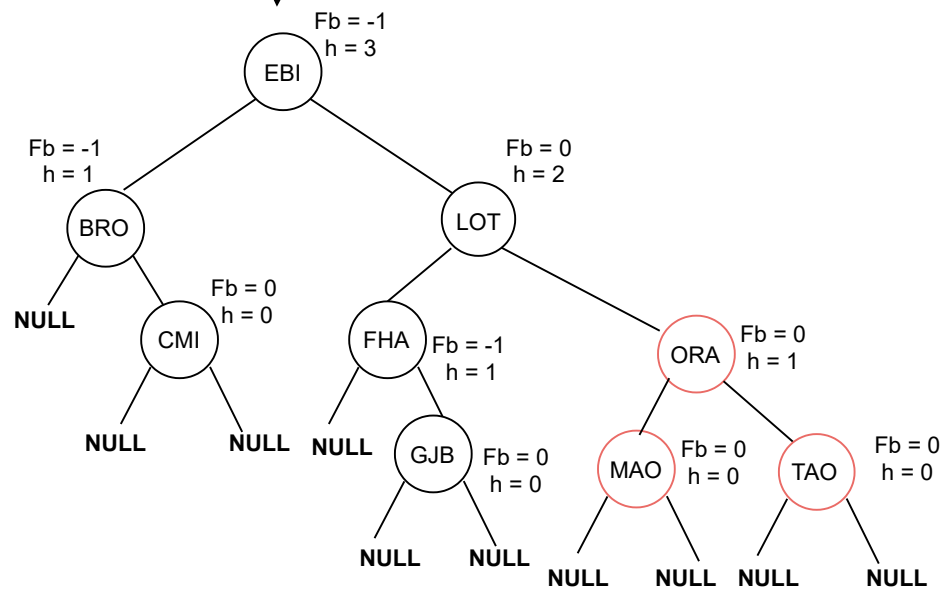
ROTAÇÃO DUPLA  
ESQUERDA-DIREITA

RAIZ



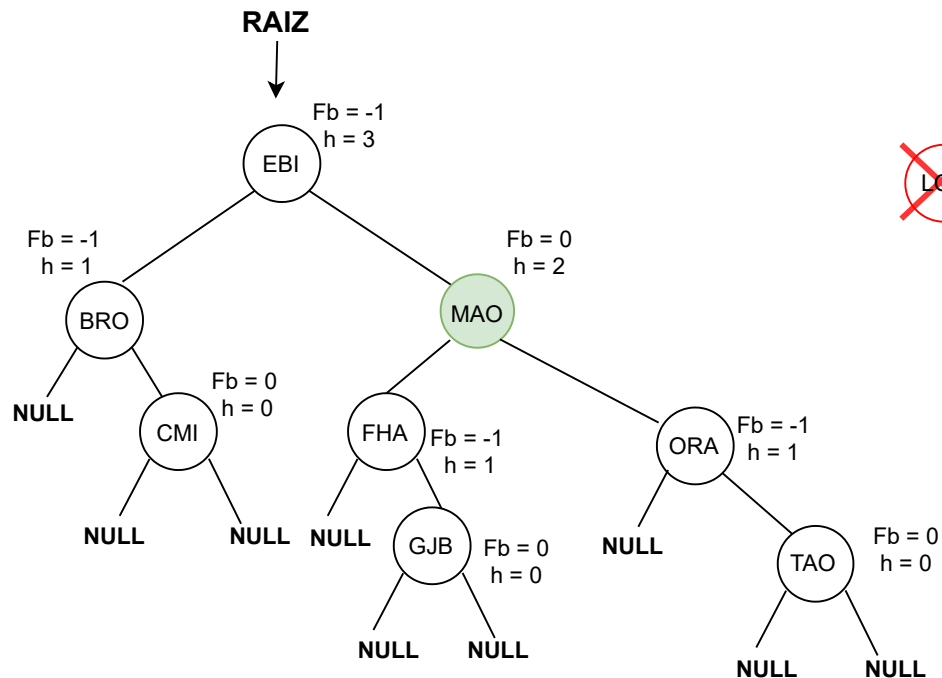
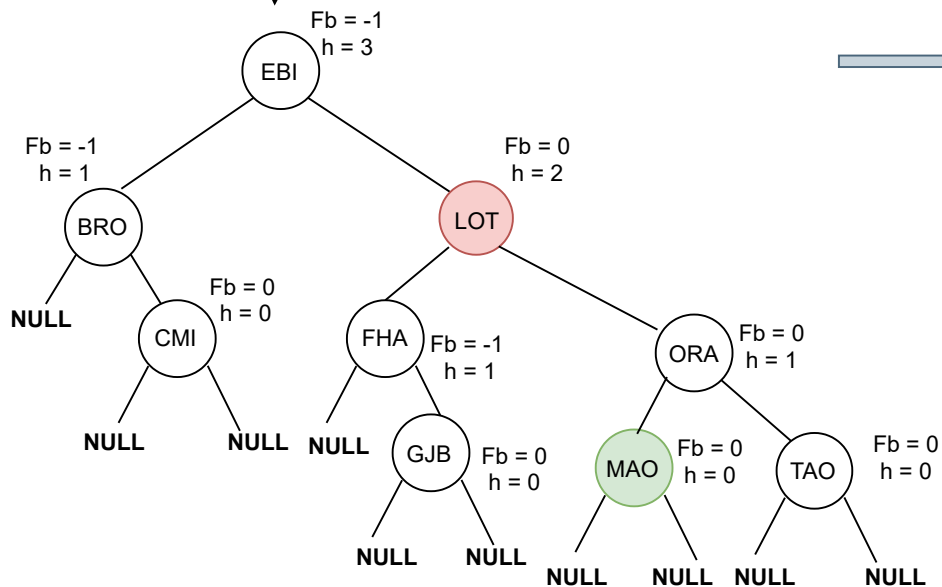
ROTAÇÃO DUPLA  
ESQUERDA-DIREITA

RAIZ



REMOÇÃO DO ELEMENTO "LOT",  
POSSUI DOIS FILHOS LOGO DEVE  
SER SUBSTITUÍDO PELO SEU  
SUCESSOR "MAO"

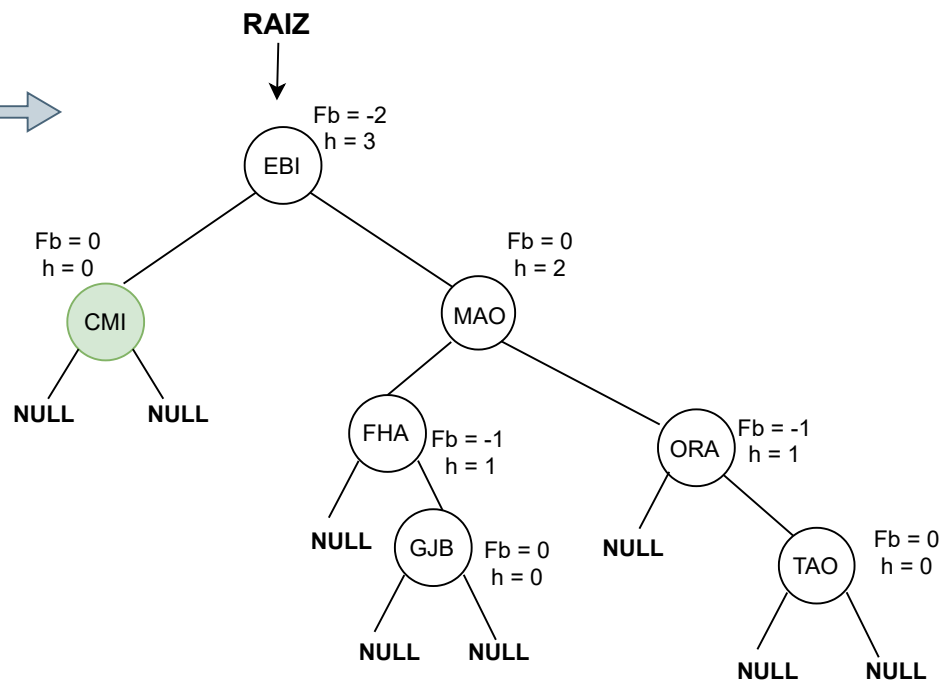
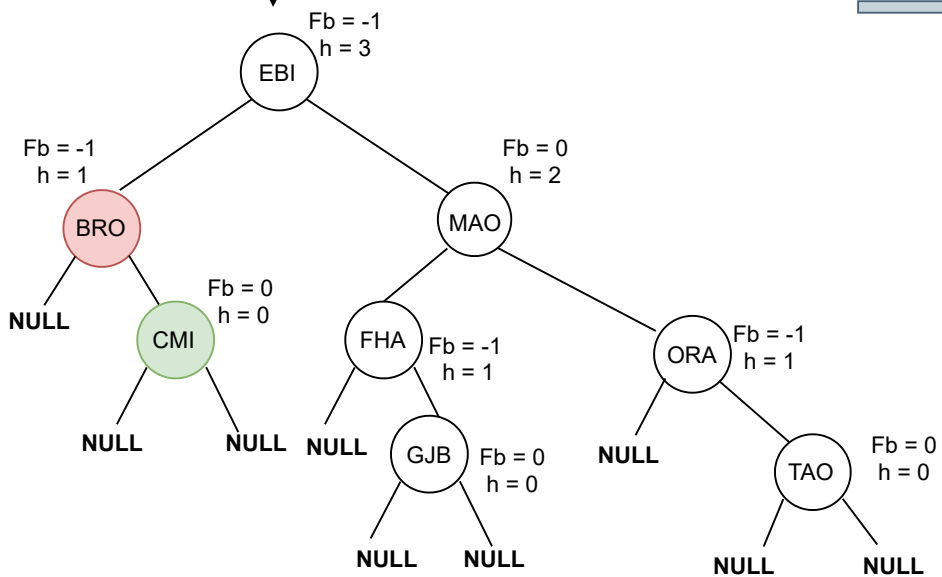
RAIZ



~~LOT~~

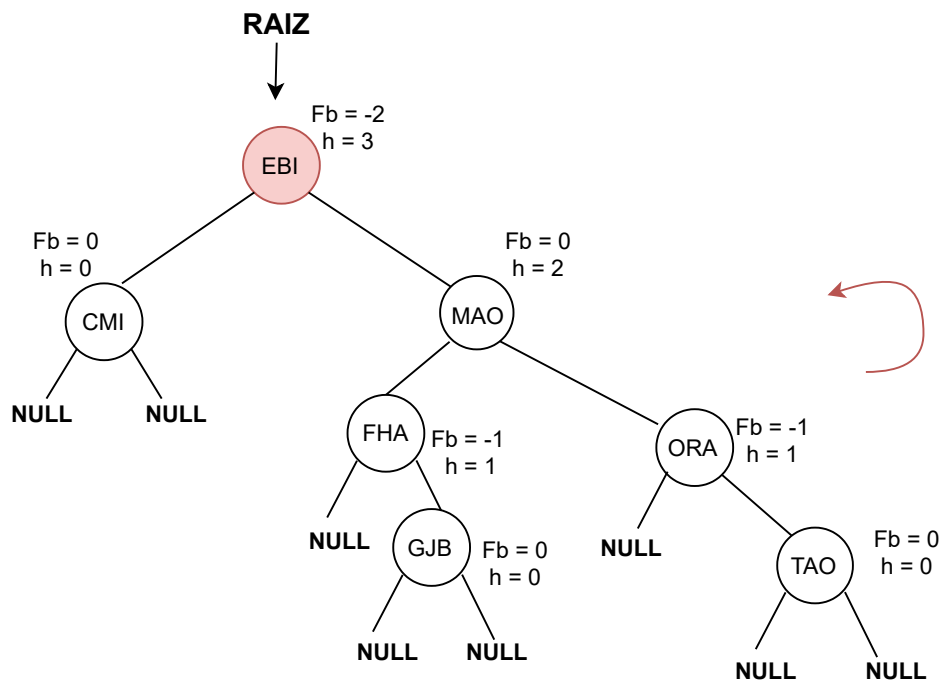
REMOÇÃO DO ELEMENTO "BRO",  
POSSUI APENAS UM FILHO LOGO DEVE  
SER SUBSTITUÍDO POR ELE ("CMI")

RAIZ

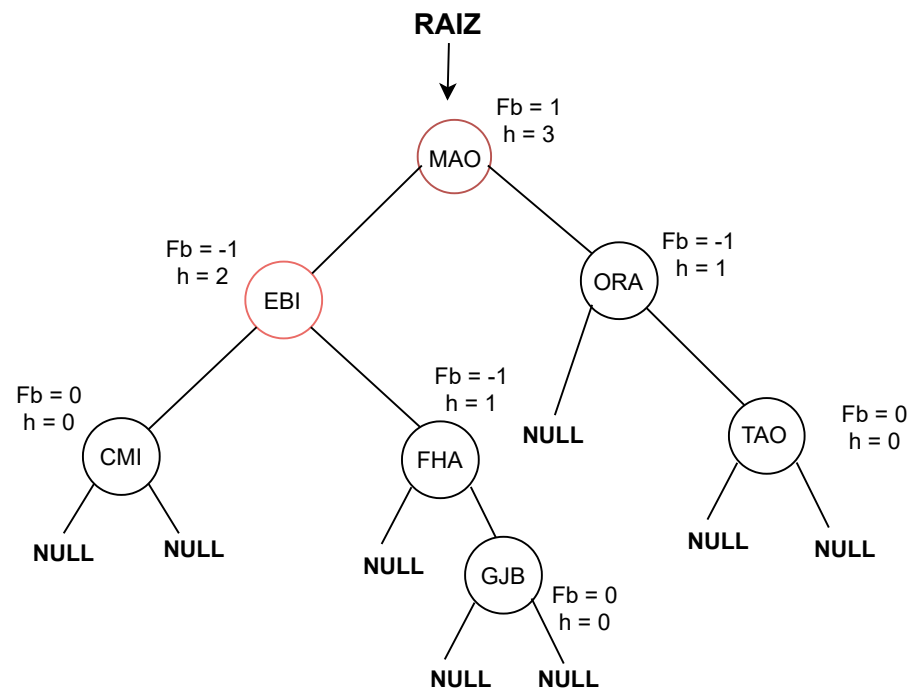


~~BRO~~

## DESBALANCEAMENTO

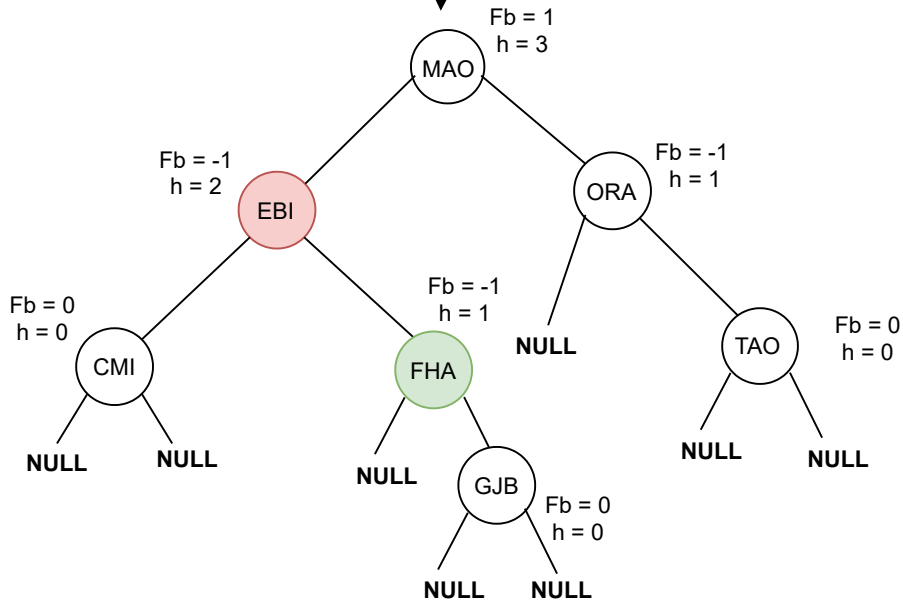


## ROTAÇÃO SIMPLES A ESQUERDA

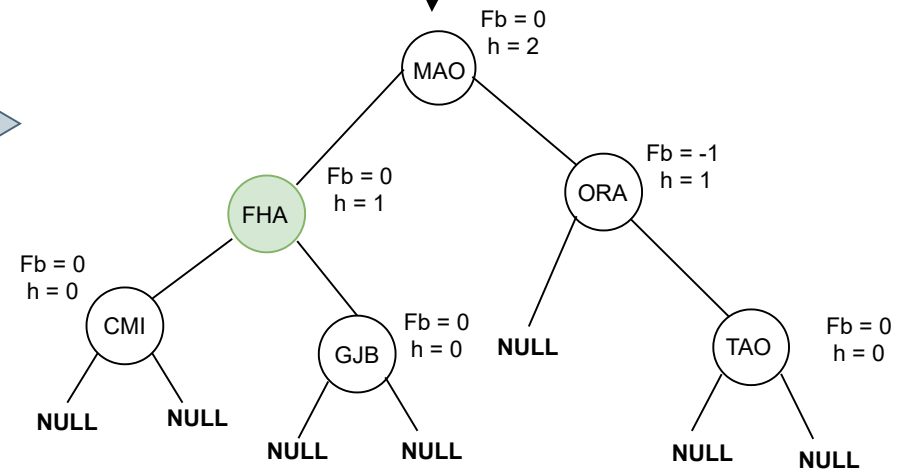


REMOÇÃO DO ELEMENTO "EBI", POSSUI  
DOIS FILHOS LOGO DEVE SER  
SUBSTITUIDO POR SEU  
SUCESSOR("FHA")

RAIZ

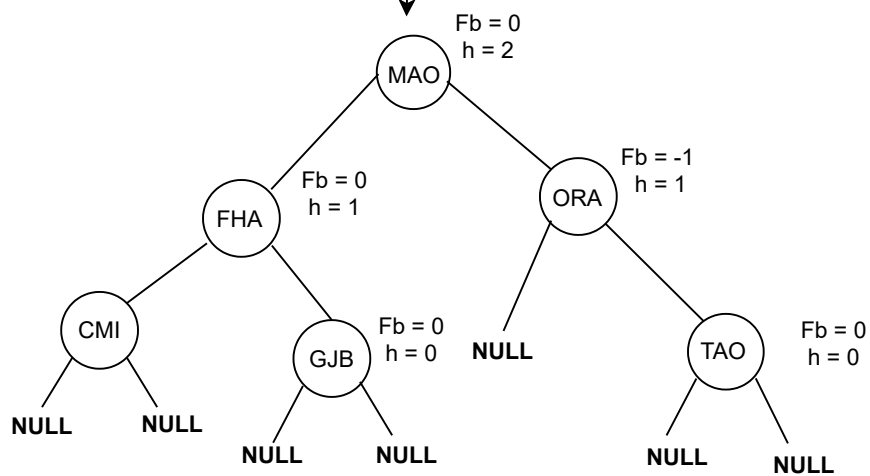


RAIZ



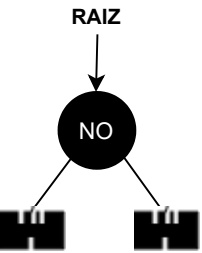
ÁRVORE AVL FINAL

RAIZ

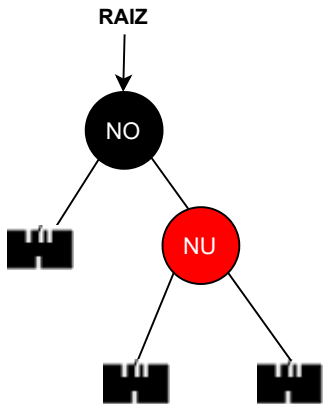


QUESTÃO 9:

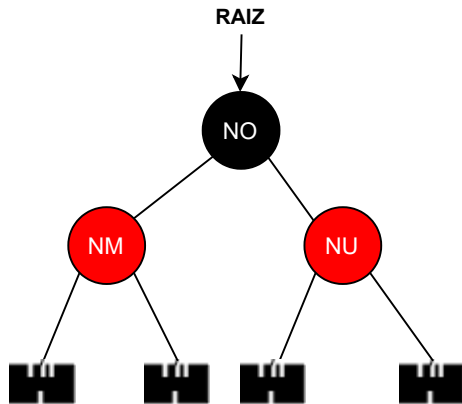
INSERÇÃO NO



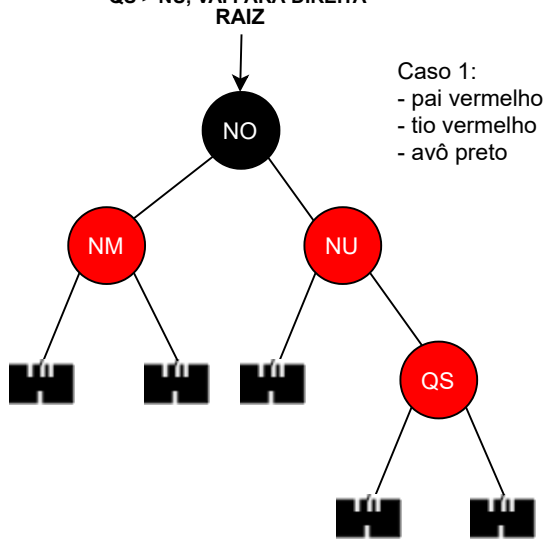
INSERÇÃO NU  
NU > NO, VAI PARA DIREITA



INSERÇÃO NM  
NM < NO, VAI PARA ESQUERDA

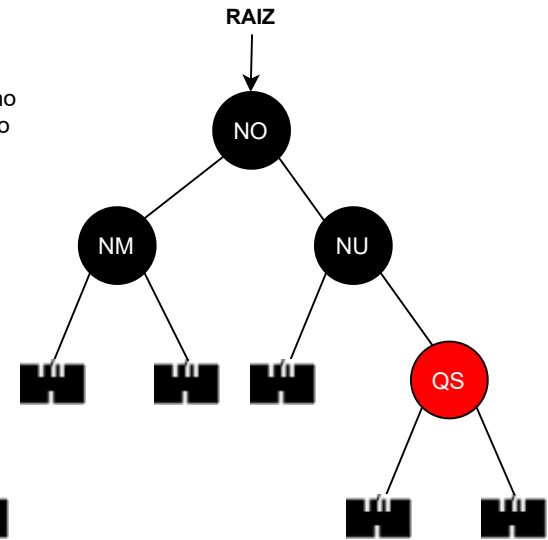


INSERÇÃO QS  
QS > NO, VAI PARA DIREITA  
QS > NU, VAI PARA DIREITA  
RAIZ

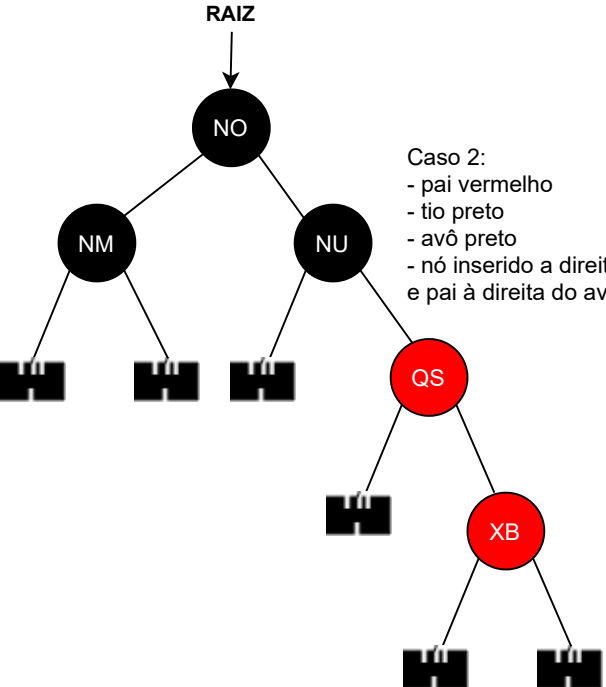


Caso 1:  
- pai vermelho  
- tio vermelho  
- avô preto

ALTERAÇÃO DAS CORES DO PAI, TIO E AVÔ  
COM A EXCEÇÃO DO AVÔ, QUE É RAIZ

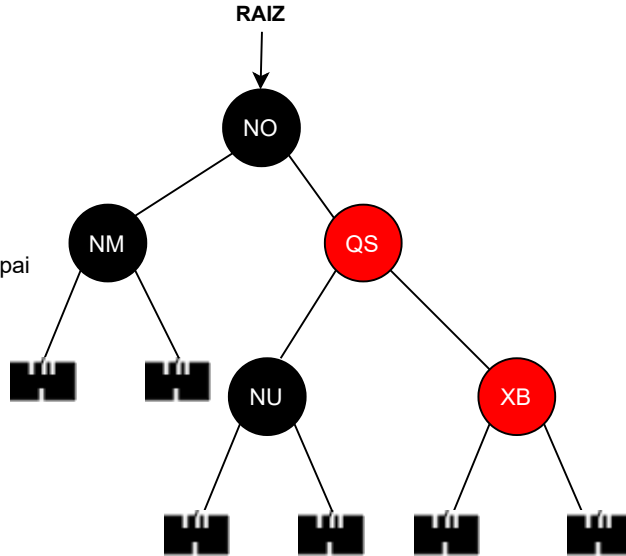


INSERÇÃO XB  
XB > NO, VAI PARA DIREITA  
XB > NU, VAI PARA DIREITA  
XB > QS, VAI PARA DIREITA  
RAIZ

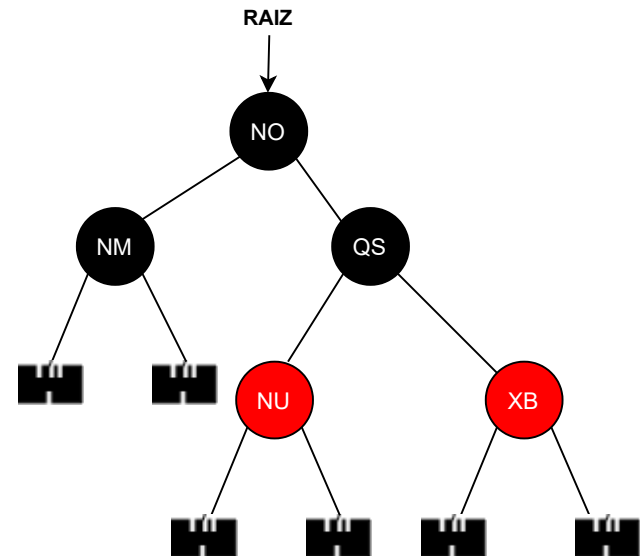


Caso 2:  
- pai vermelho  
- tio preto  
- avô preto  
- nó inserido a direita do pai  
e pai à direita do avô

ROTAÇÃO À ESQUERDA, COM PAI  
TORNANDO-SE NOVA RAIZ DA SUBÁRVORE



ALTERAÇÃO DAS CORES DO PAI E AVÔ





INSERÇÃO JJ  
 JJ < NO, VAI PARA ESQUERDA  
 JJ < NM, VAI PARA ESQUERDA

RAIZ



INSERÇÃO HI  
 HI < NO, VAI PARA ESQUERDA  
 HI < NM, VAI PARA ESQUERDA  
 HI < JJ, VAI PARA ESQUERDA

RAIZ



Caso 3:  
 - pai vermelho  
 - tio preto  
 - avô preto  
 - nó inserido a esquerda do pai e pai à esquerda do avô

ROTAÇÃO À DIREITA, COM PAI TORNANDO-SE NOVA RAIZ DA SUBÁRVORE

RAIZ

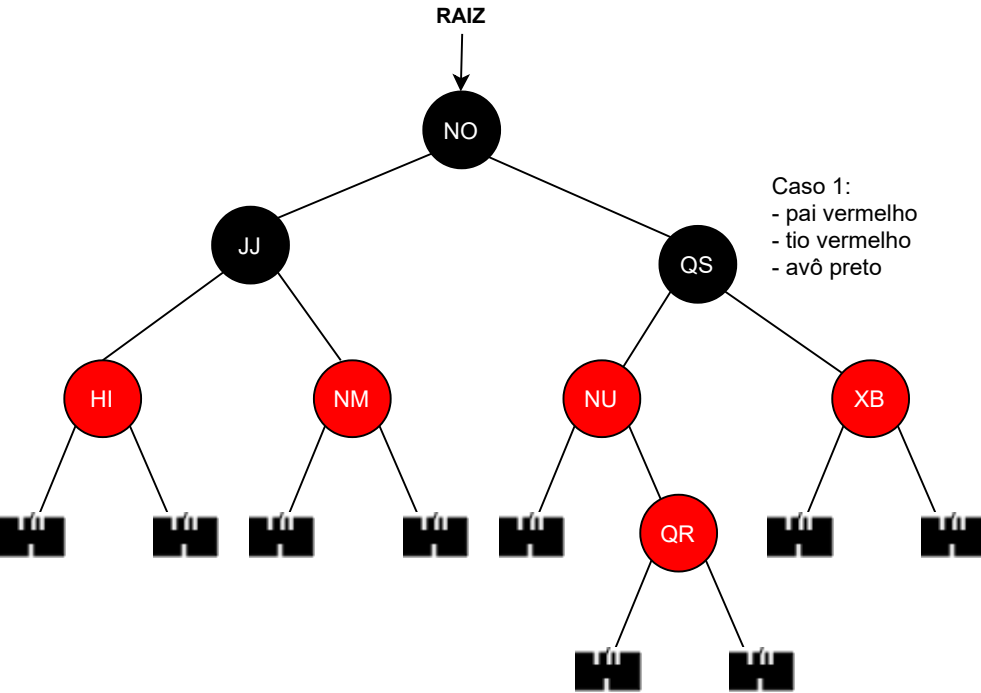


ALTERAÇÃO DAS CORES DO PAI E AVÔ

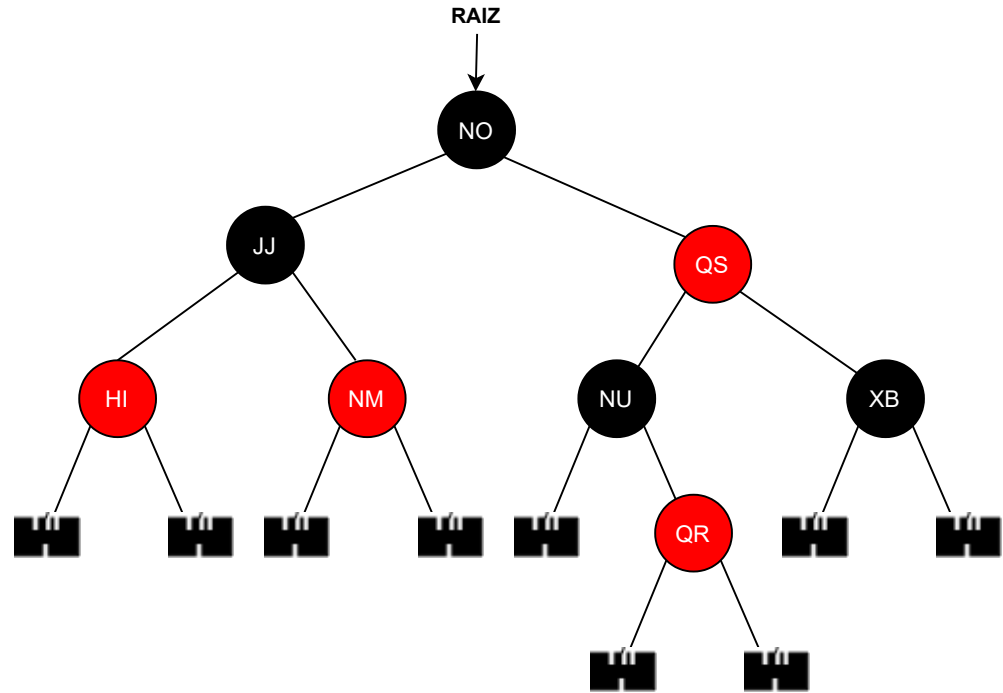
RAIZ



INSERÇÃO QR  
QR > NO, VAI PARA DIREITA  
QR < QS, VAI PARA ESQUERDA  
QR > NO, VAI PARA DIREITA



ALTERAÇÃO DAS CORES DO PAI, TIO E AVÔ



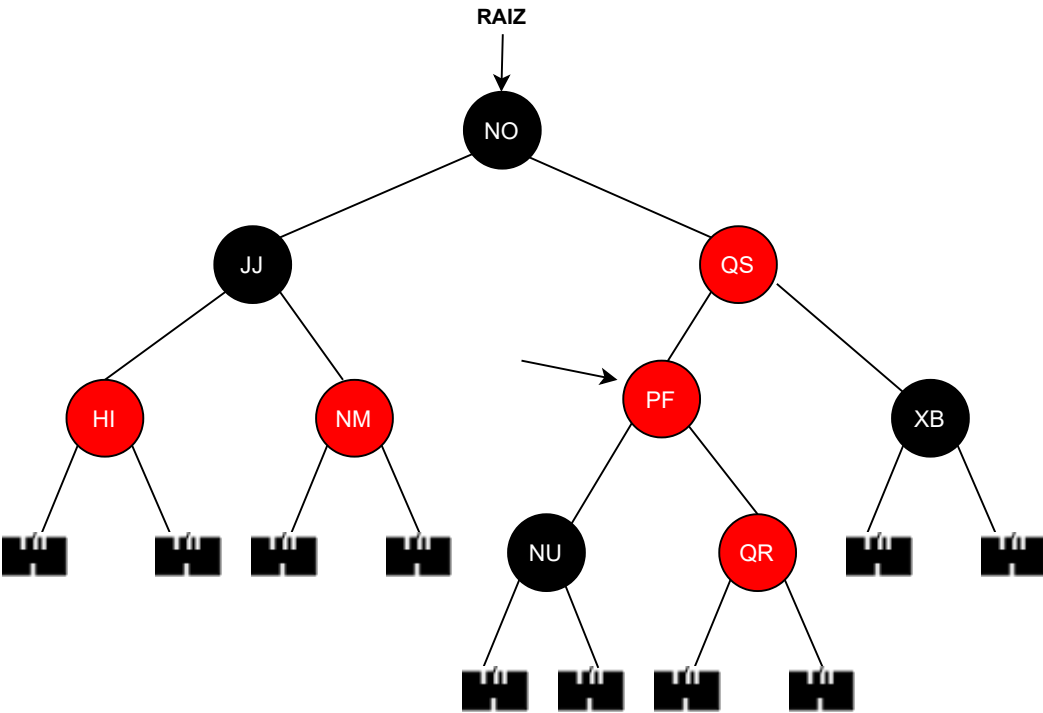
INSERÇÃO PF  
 PF > NO, VAI PARA DIREITA  
 PF < QS, VAI PARA ESQUERDA  
 PF > NO, VAI PARA DIREITA  
 PF < QR, VAI PARA ESQUERDA  
 RAIZ

Caso 4:  
 - pai vermelho  
 - tio preto  
 - avô preto  
 - nó inserido a esquerda do pai e pai à direita do avô

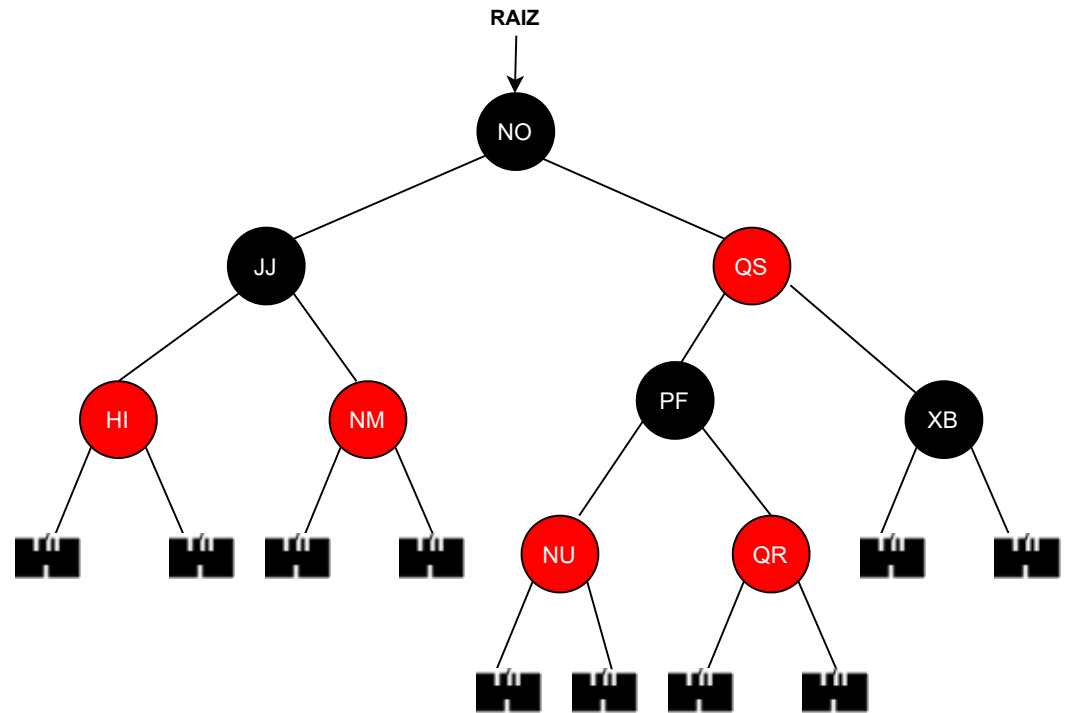
ROTAÇÃO DUPLA DIREITA-ESQUERDA  
 1º DIREITA

RAIZ

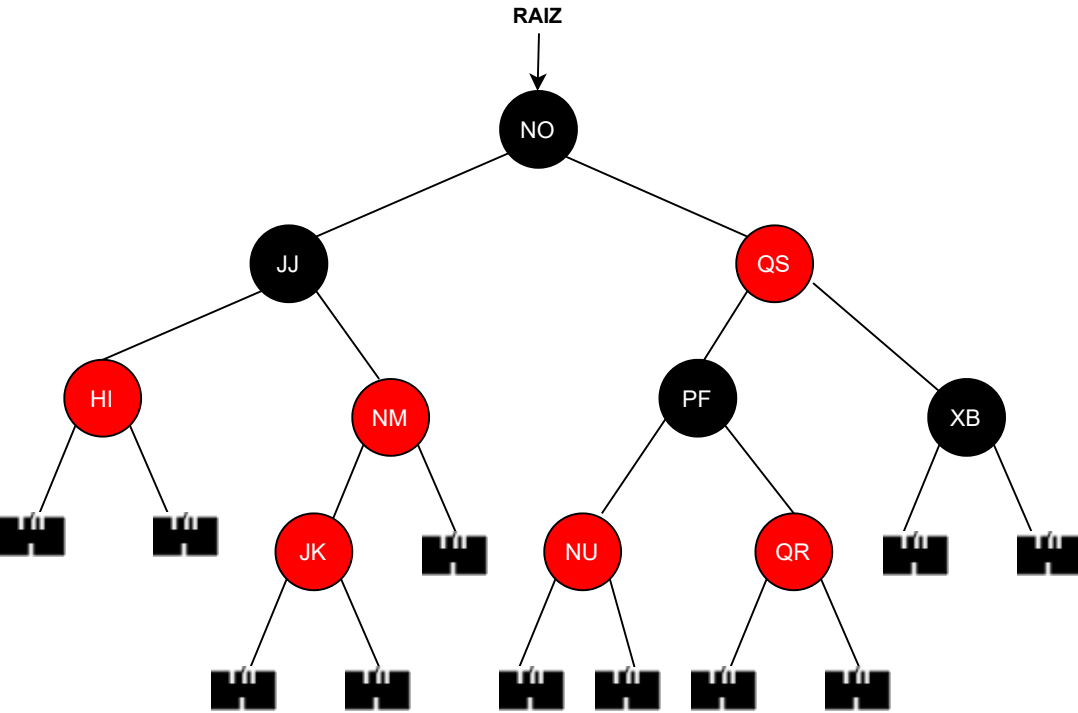
ROTAÇÃO DUPLA DIREITA-ESQUERDA  
2º ESQUERDA



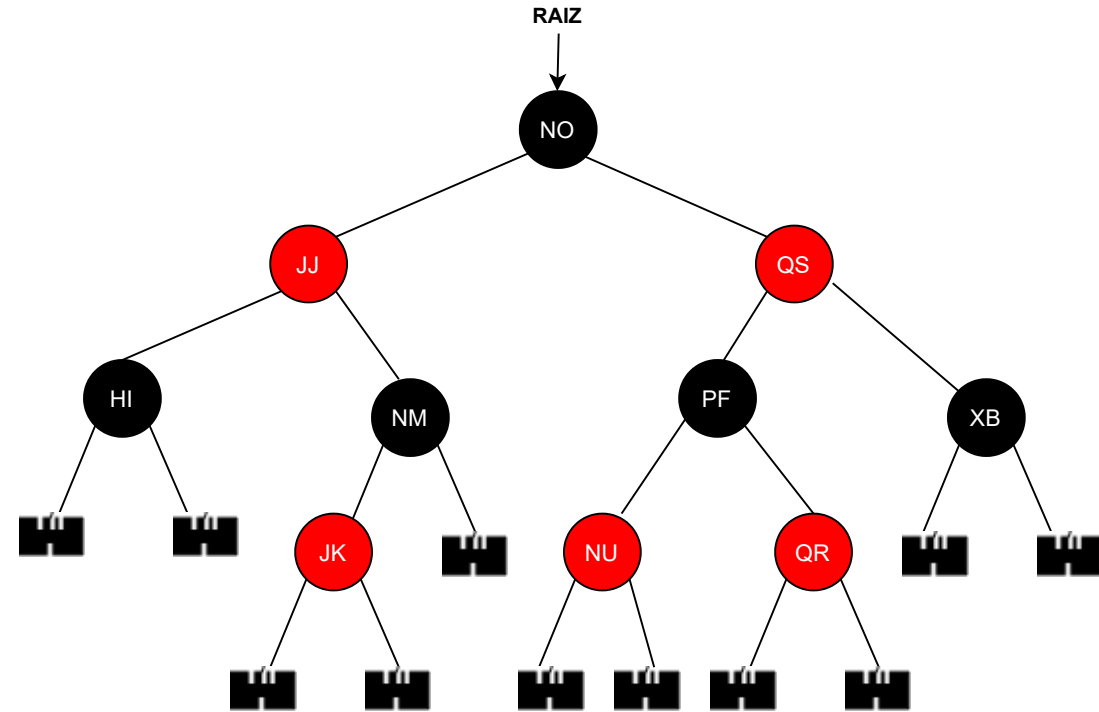
ALTERAÇÃO DAS CORES DO NÓ E DO AVÔ



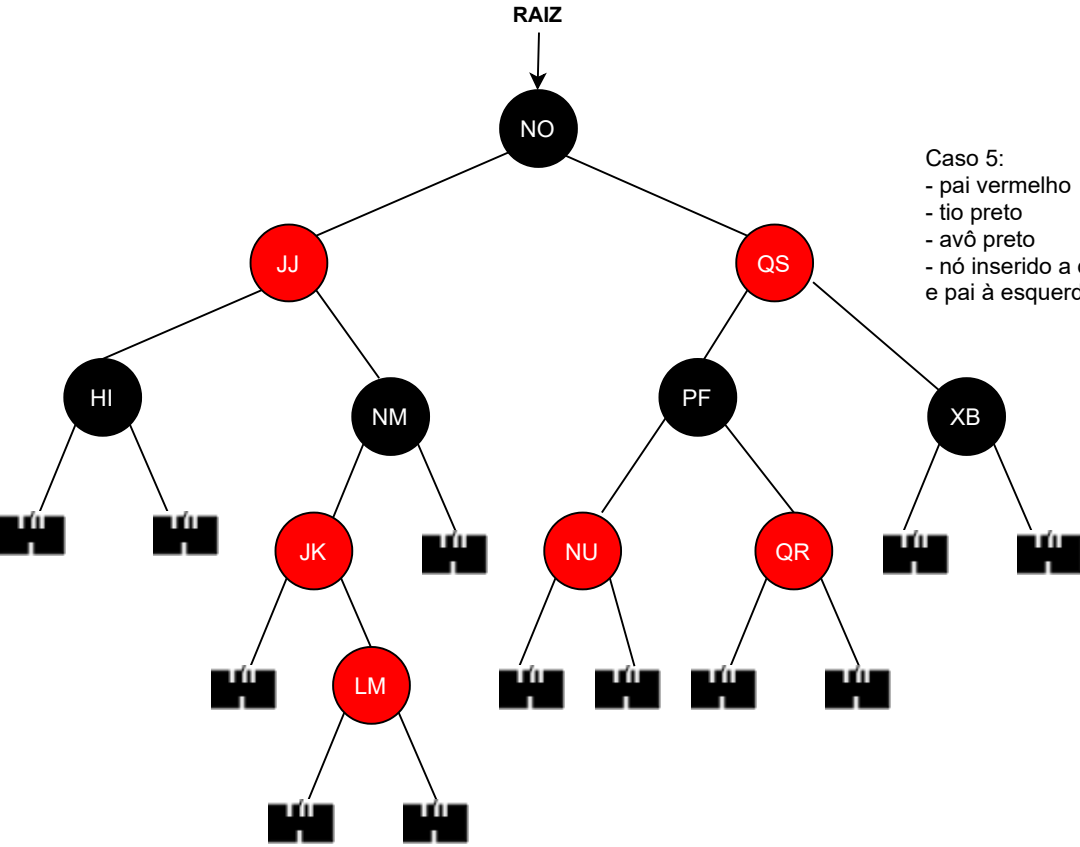
INSERÇÃO JK  
JK < NO, VAI PARA ESQUERDA  
JK > JJ, VAI PARA DIREITA  
JK < NM, VAI PARA ESQUERDA



ALTERAÇÃO DAS CORES DO PAI, TIO E AVÔ

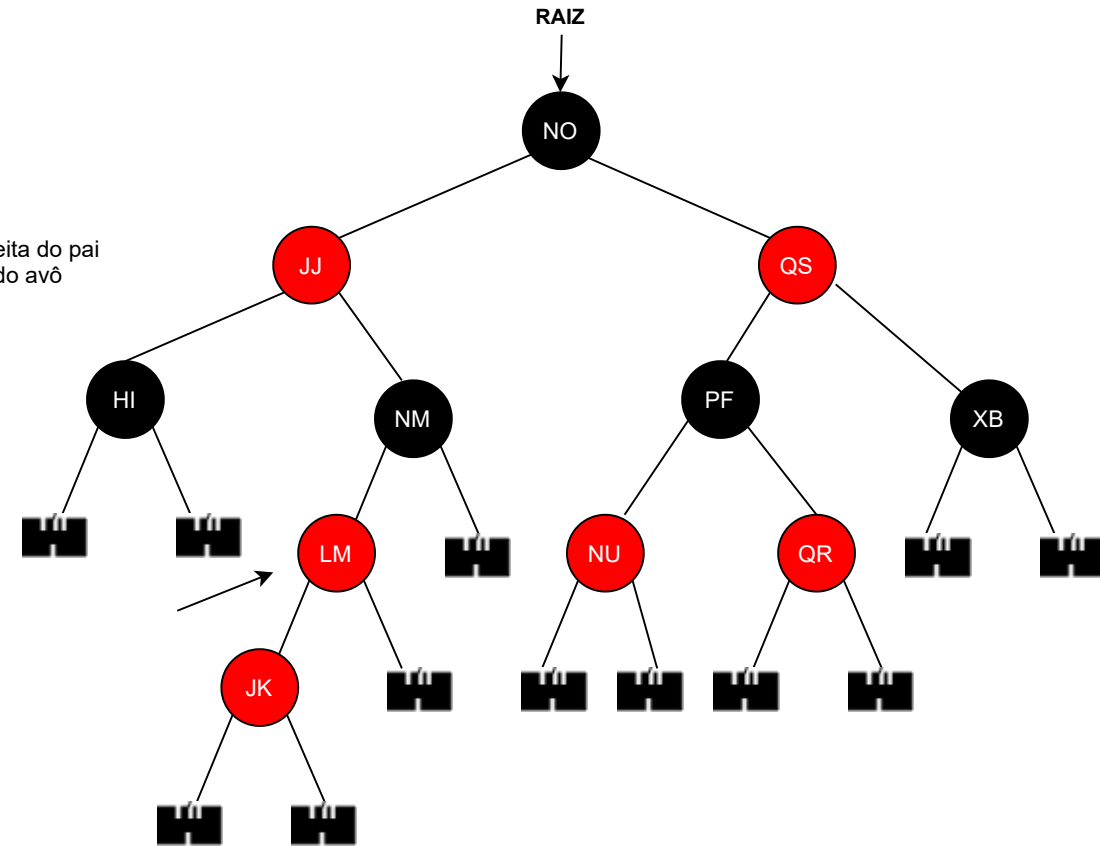


INSERÇÃO LM  
LM < NO, VAI PARA ESQUERDA  
LM > JJ, VAI PARA DIREITA  
LM < NM, VAI PARA ESQUERDA  
LM > JK, VAI PARA DIREITA



Caso 5:  
- pai vermelho  
- tio preto  
- avô preto  
- nó inserido a direita do pai  
e pai à esquerda do avô

ROTAÇÃO DUPLA ESQUERDA-DIREITA  
1º ESQUERDA



ROTAÇÃO DUPLA ESQUERDA-DIREITA  
2º DIREITA

RAIZ



NO

JJ

QS

HI

LM

PF

XB

JK

NM

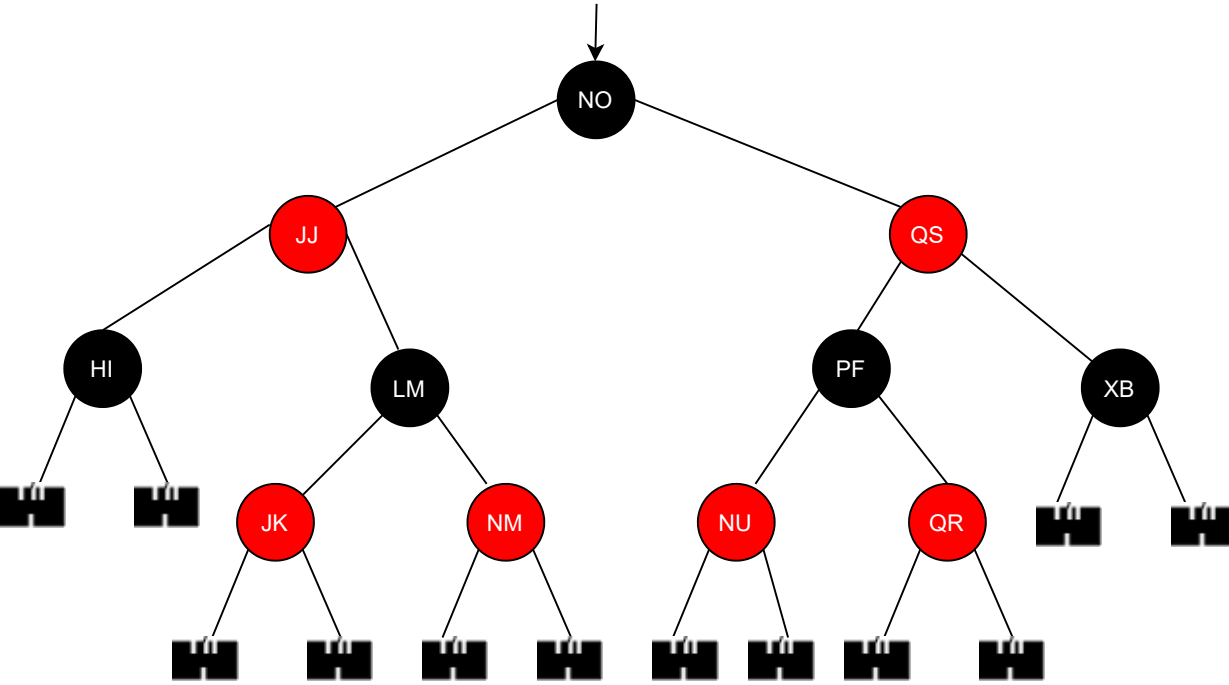
NU

QR



ALTERAÇÃO DAS CORES DO NÓ E DO AVÔ

RAIZ



ARN FINAL:

RAIZ

