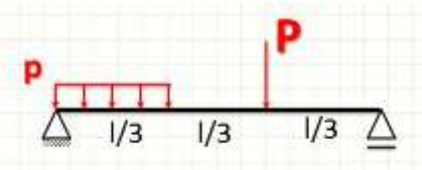
Exercício - Aula 9 - Solução

O objetivo deste exercício é formar no aluno a noção intuitiva da aparência que os diagramas de cortante e momento fletor devem ter, a fim de que verificações possam ser realizadas quando do traçado a partir do cálculo. Os equívocos nos cálculo são relativamente comuns e o engenheiro precisa sempre fazer uma verificação do resultado com relação à sua intuição.

O problema é apresentado com o seguinte enunciado:

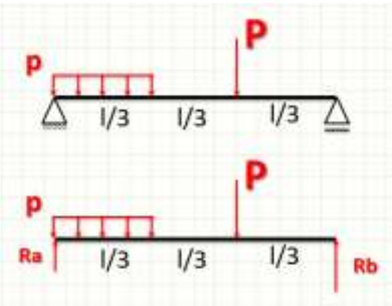
Trace, intuitivamente os diagramas de força cortante e momento fletor na barra abaixo, sabendo que **P** é muito maior que **p** (**P** é da ordem de **10x** maior que a **p** total aplicada):



Reações de Apoio e Diagrama de Corpo Livre

Sem cálculos, se **P** é muito maior que a soma total de **p**, podemos dizer que a reação no apoio da direita, que chamaremos de **Rb**, será maior que a reação **Ra** (do lado esquerdo), visto que a carga é distribuída em maior proporção para o apoio mais próximo. Adicionalmente por se tratar de uma viga biapoiada isostática, os momentos reativos nas extremidades são 0.

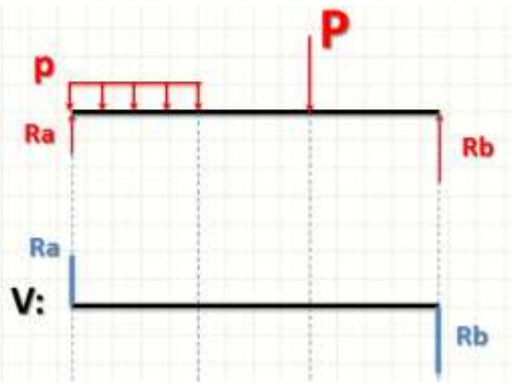
Assim, vamos representar o diagrama de corpo livre como se segue:



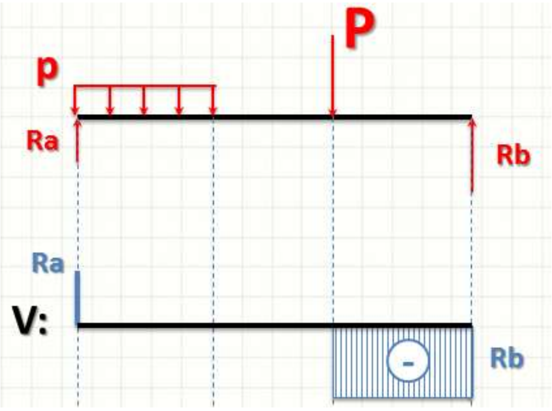
E daremos início ao traçado dos diagramas.

Diagrama de Cortante

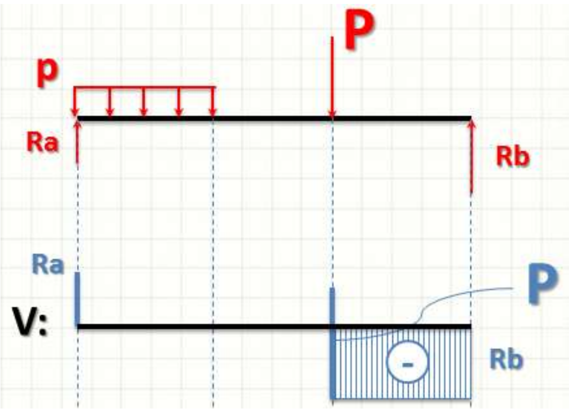
Uma vez que conhecemos as reações cortantes nos extremos da barra, podemos iniciar por elas. Rb gira a barra no sentido anti-horário (cortante negativa) e Ra no sentido horário (cortante positiva):



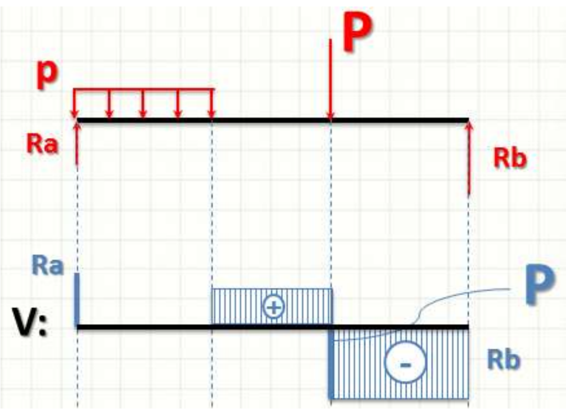
Agora, vamos percorrer a barra da direita para a esquerda, anotando os efeitos de cada força. A primeira força cortante a ser analisada é Rb. Entre Rb e P não há outras forças cortantes, então supõe-se que a força cortante permaneça constante:



Ao chegar no ponto de aplicação de P, a cortante irá mudar. Rb tendia a girar a barra no sentido anti-horário (daí o sinal negativo). P, por outro lado, tende a girar a barra no sentido horário, sendo uma cortante positiva. A resultante será P – Rb. Ocorre que pela configuração do problema e magnitudes sugeridas para as forças, com grande probabilidade P será maior que Rb, fazendo com que a resultante seja positiva:



Como não ocorre nada entre P e p, a cortante deve permanecer constante neste trecho:



Finalmente,entre o início de p e Ra, a cortante varia de maneira constante ao longo de p, ou seja, o diagrama de cortante terá uma variação linear. Como a carga p está no sentido de girar a barra no sentido positivo (e a cortante acumulada até o ponto já é positiva), o valor da cortante no diagrama vai ser linearmente crescente até atingir o valor Ra, na lateral esquerda, conforme indicado no próximo diagrama:

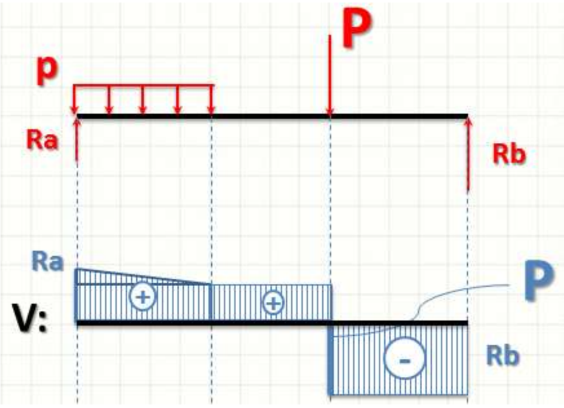
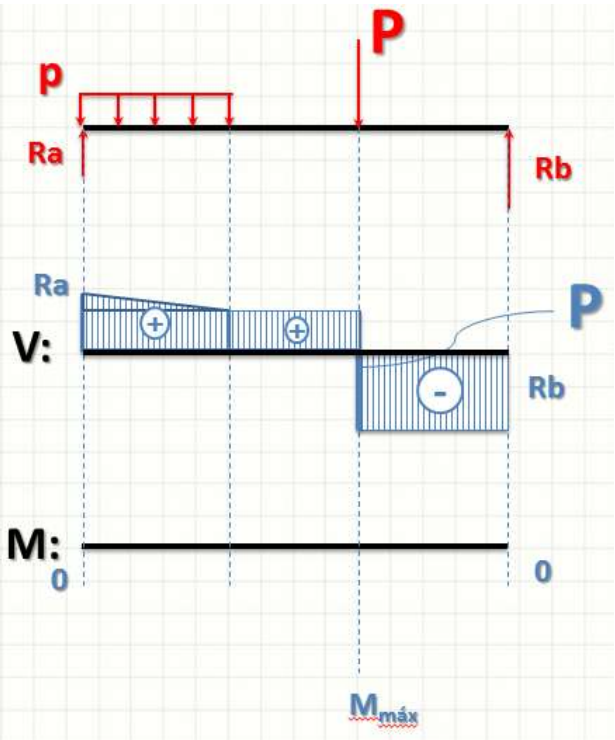


Diagrama de Momento Fletor

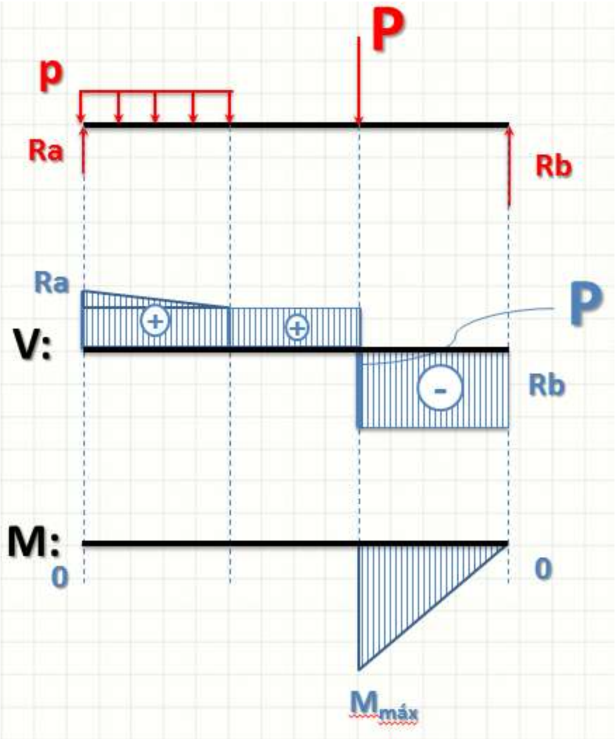
Com o diagrama de cortante, passamos ao diagrama de momento fletor. Iremos usar tanto informações do diagrama de corpo livre quanto do diagrama de cortante para isso.

O primeiro passo é verificar o que ocorre nos extremos, pelo diagrama de corpo livre: os momentos nos extremos são zero. Adicionalmente, verificamos em que pontos o diagrama de cortante troca de sinal. Nestes pontos teremos pontos de máximo/mínimo de demomento. Se houver apenas um cruzamento intermediário, será sempre o ponto de máximo.

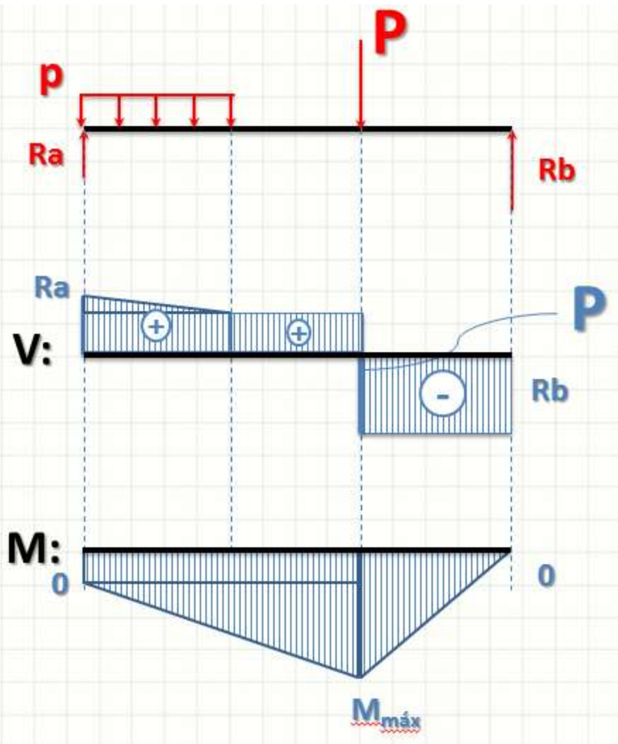
Como é possível verificar de início que os esforços todos curvam a barra de maneira que a parte de baixo fique tracionada, o ponto de máximo em questão estará na parte de baixo da barra, conforme indicado nos diagramas abaixo:



Vamos agora analisar o que acontece em cada trecho. Vamos, por exemplo, começar da direita para a esquerda. Entre Rb e P, a cortante é constante, envergando a barra para baixo. Assim, o momento deve crescer linearmente de 0 até $M_{máx}$, conforme apontado na figura abaixo.

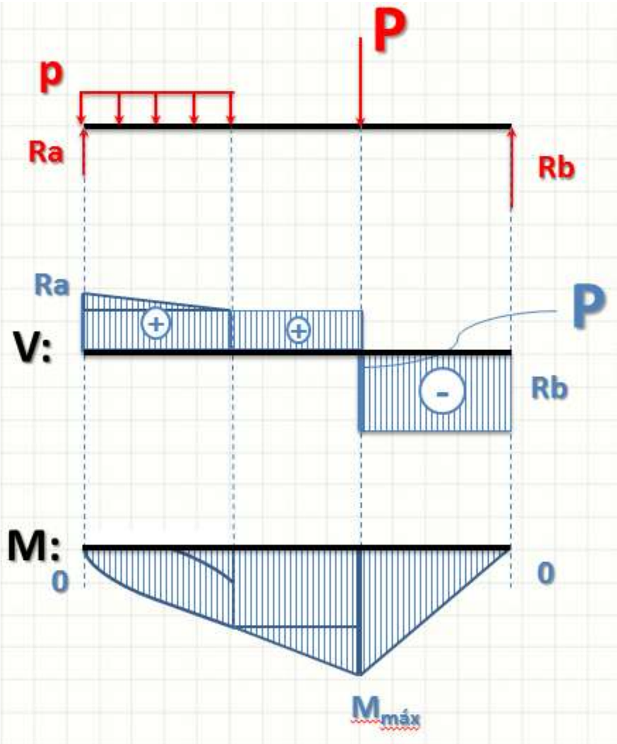


Entre P e p, a cortante inverte de sinal, o que sinifica que o comportamente do diagrama muda (se era crescente, vira decrescente). Se não houvesse p, P iria reduzir linearmente até o final da barra, do lado esquerdo:



Note que sobra um momento no final desta forma. Este momento não existe na realidade. Quem é o responsável pela anulação do mesmo é exatamente a carga distribuída p: ela atua no sentido de acelerar o decaimento do momento.

No entanto, no diagrama de cortante é possível verificar que a variação da cortante ocorre de maneira linear, o que significa que a variação do momento será quadrática (uma parábola). Como a cortante é crescente da direita para a esquerda, o decaimento se acelera da direita para a esquerda, permitindo o traçado final:



Observe que o formato dos diagramas pode variar ligeiramente (em especial os valores máximos de cada seção, pois dependem dos valores de P, p e l. Entretanto, o aspecto geral será esse independentemente dos valores exatos destas cargas. Isso é importante porque essa noção intuitiva serve para verificarmos os resultados de diagramas calculadosatravés de fórmulas, onde é especialmente fácil de cometer equívocos, em especial com relação a sinais.

O engenheiro sempre lança mão de sua intuição para avaliar os resultados dos cálculos, seja aqueles que ele mesmo realizou mas também aqueles produzidos por computador. Nunca se deve receber resultados numéricos sem questionar se eles fazem sentido. Erros de pequena monta podem passar por essa análise (tornando necessária uma verificação mais detalhada dos cálculos, sempre que possível), mas erros grosseiros (como erros de sinal e erros de digitação no software de cálculo) podem ser facilmente detectados apenas observando os diagramas gerados e comparando-os àqueles que se esperava encontrar.