

Descrição de funcionamento –Atuador hidráulico linear (Hastes simples)

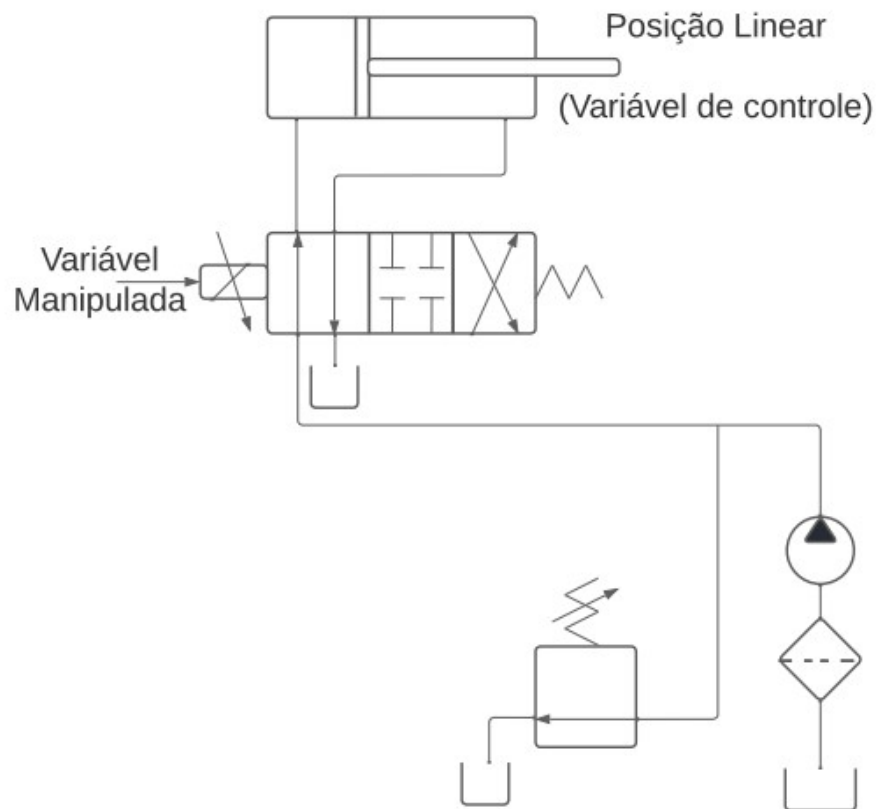
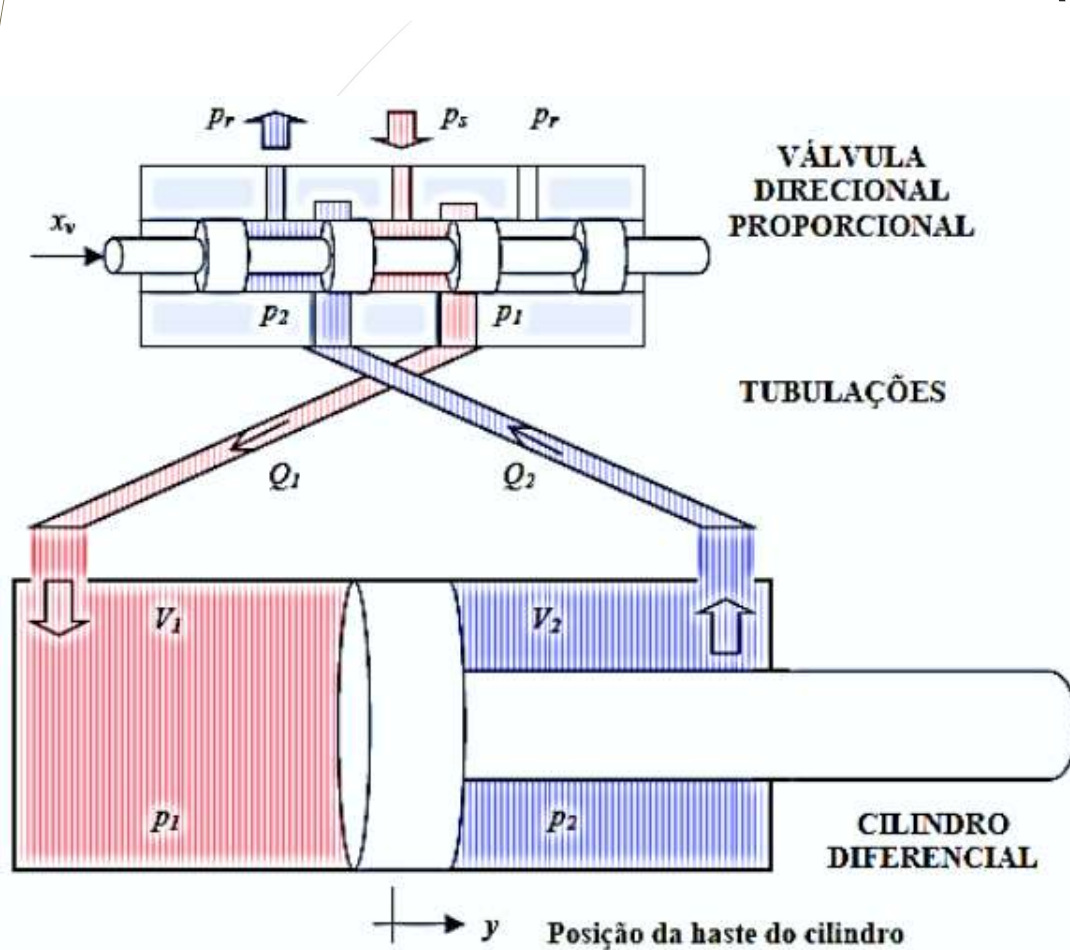


Diagrama do cilindro/atuador hidráulico.

- O diagrama apresenta um atuador hidráulico de posição linear(hastes simples), acionado por um válvula proporcional que realiza o controle da vazão do cilindro, desta forma seu fluxo movimenta a haste e consequente sua posição, além disso a válvula possui um bidirecional normalmente aberto com mola. Também é ilustrado uma bomba hidráulica que gera pressão para funcionamento do sistema e uma válvula limitadora de pressão do sistema

Modelagem Linear – Atuador hidráulico linear (Hastes simples)



Modelo linearizado de 4ª ordem:

$$\dot{p}_1 = -\frac{\beta}{V_{10}} K_c p_1 - \frac{\beta}{V_{10}} A_1 \dot{y} + \frac{\beta}{V_{10}} K_q x_v$$

$$\dot{p}_2 = -\frac{\beta}{V_{20}} K_c p_2 + \frac{\beta}{V_{20}} A_2 \dot{y} - \frac{\beta}{V_{20}} K_q x_v$$

$$\ddot{y} = \frac{1}{M} (A_1 p_1 - A_2 p_2 - F_g - B \dot{y})$$

Onde,

p_1 e p_2 são as pressões nas câmaras 1 e 2;

V_{10} e V_{20} são os volumes iniciais nas câmaras 1 e 2;

A_1 e A_2 são as áreas transversais do embolo do cilindro;

y é o deslocamento da haste;

K_c é o coeficiente de pressão;

K_q é o ganho de vazão;

β é o módulo de elasticidade do fluido;

x_v é a tensão no solenoide (válvula);

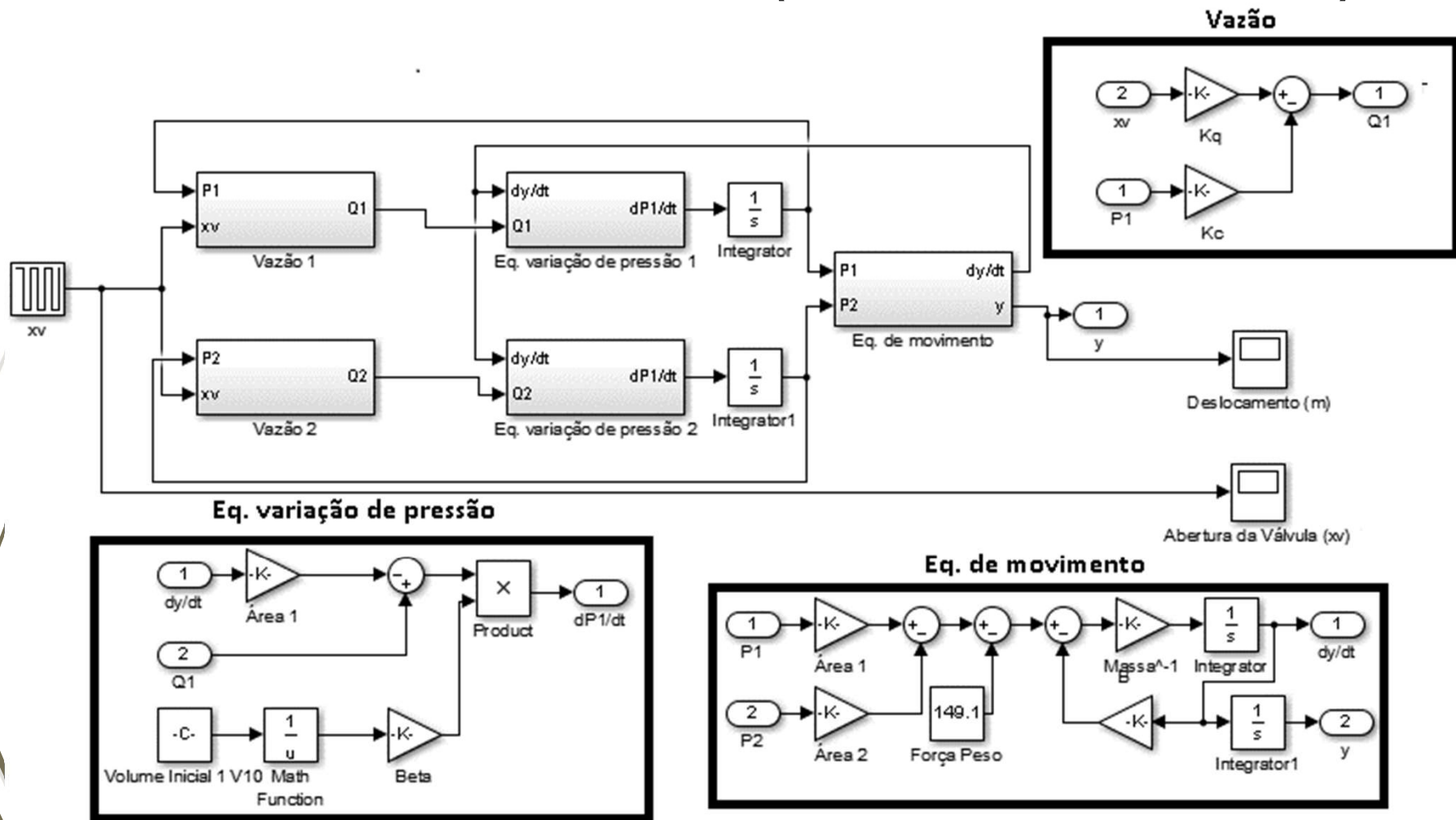
M é a massa total em movimento (haste + carga);

F_g Força peso da massa acoplada no cilindro

B é o amortecimento viscoso do cilindro.

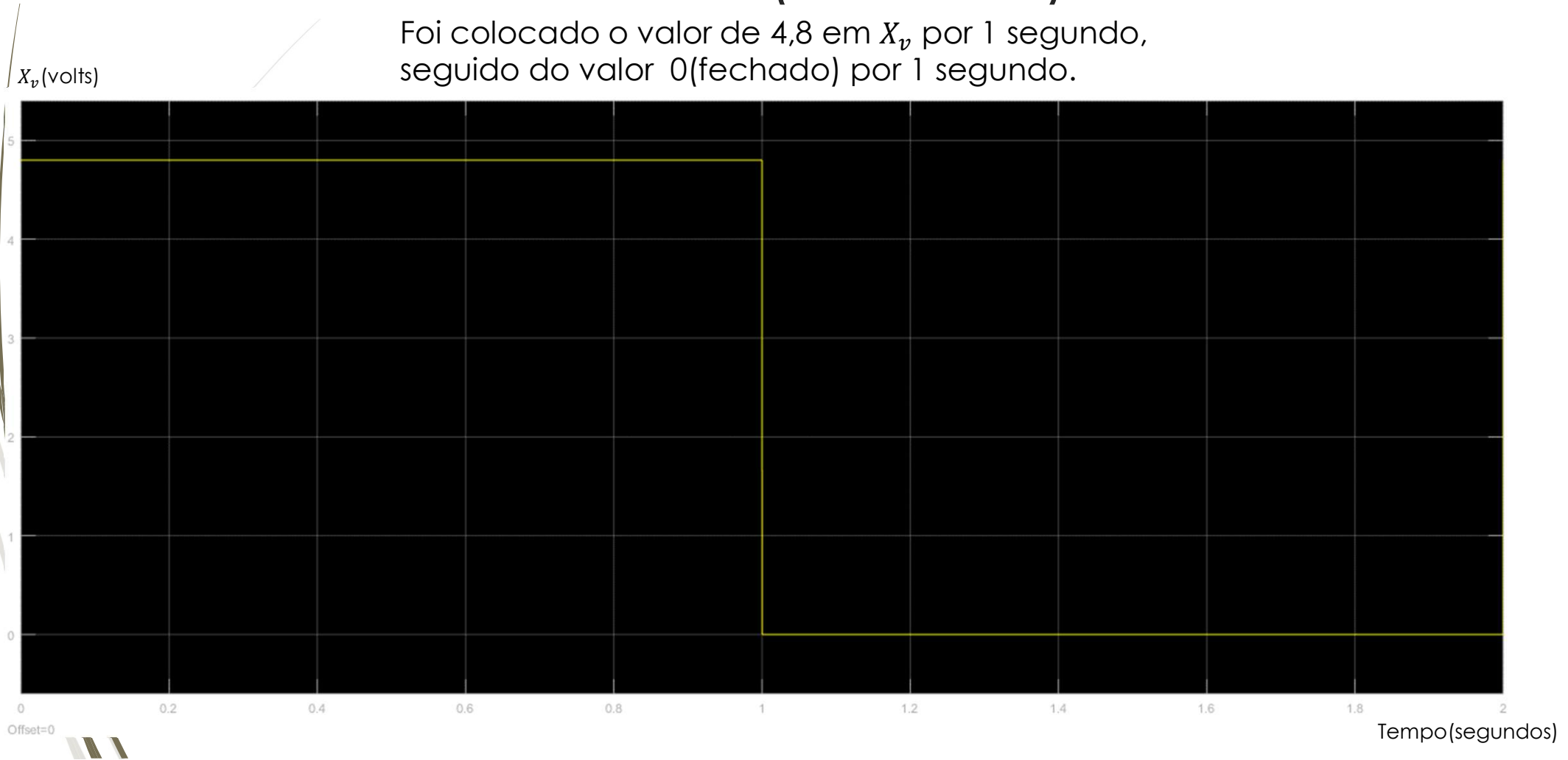
Circuito hidráulico de um atuador de haste simples (Valdieiro, 2002)

Modelagem Linear - Atuador hidráulico linear (Simulink-MATLAB)



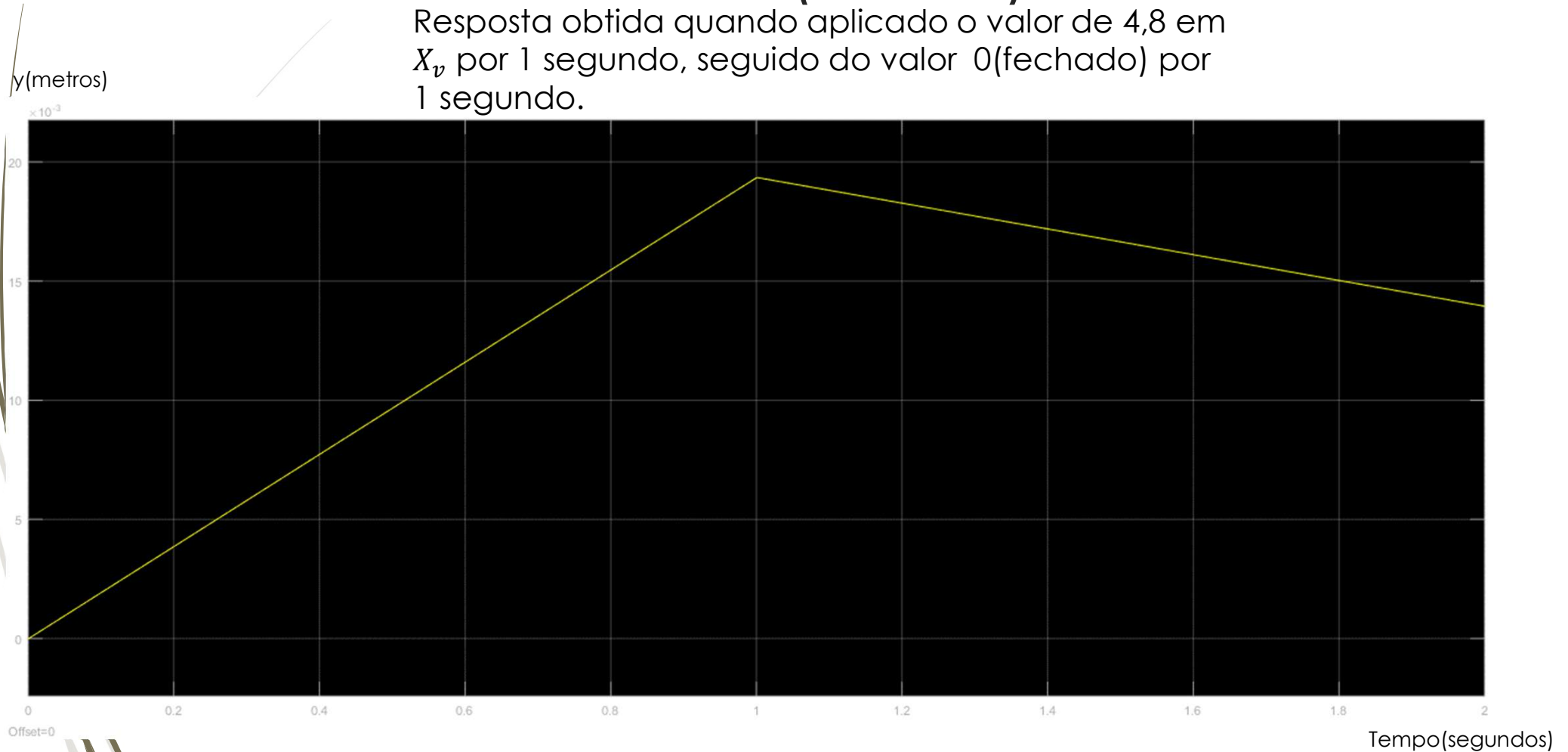
Simulação em malha aberta - Atuador hidráulico linear(Entrada)

Foi colocado o valor de 4,8 em X_v por 1 segundo, seguido do valor 0(fechado) por 1 segundo.



Simulação em malha aberta - Atuador hidráulico linear(Saída)

Resposta obtida quando aplicado o valor de 4,8 em X_v por 1 segundo, seguido do valor 0(fechado) por 1 segundo.



Parâmetros físicos –Atuador hidráulico linear (Hastes simples)

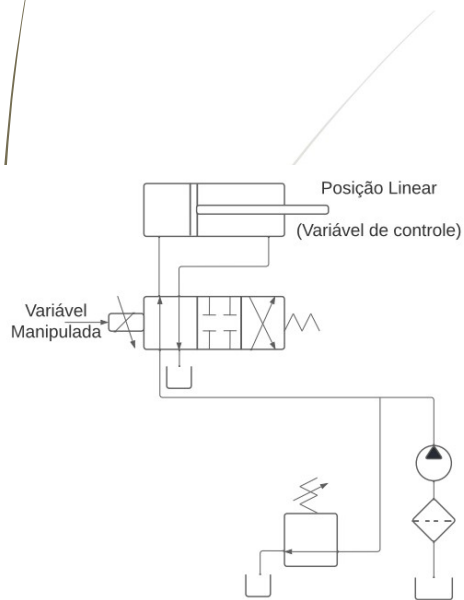


Diagrama do cilindro/atuador hidráulico.

- **Parâmetros visualizados no diagrama do atuador hidráulico:**
- Atuador hidráulico de posição linear(hastes simples), acionado por um
- Válvula proporcional que realiza o controle da vazão do cilindro, desta forma seu fluxo movimenta a haste e consequente sua posição, além disso a válvula possui um bidirecional normalmente aberto com mola.
- **Parâmetros gerais e significados:**
- **Atuador hidráulico de linear:** Hastes simples(Apenas um lado com haste), diâmetro do embolo(Diâmetro interno da câmara), curso do haste(medida de deslocamento da haste), diâmetro da haste, pressão máxima de funcionamento, velocidade máxima da haste,força máxima de avanço e retorno da haste.
- **Válvula proporcional:** Vazão máxima de operação(Fluxo do fluido), tensão de entrada(Mínima e máxima, controle da vazão), posição da transição(opções de transição, fechamento, troca de sentido dos fluxos), número de vias, pressão máxima de funcionamento.

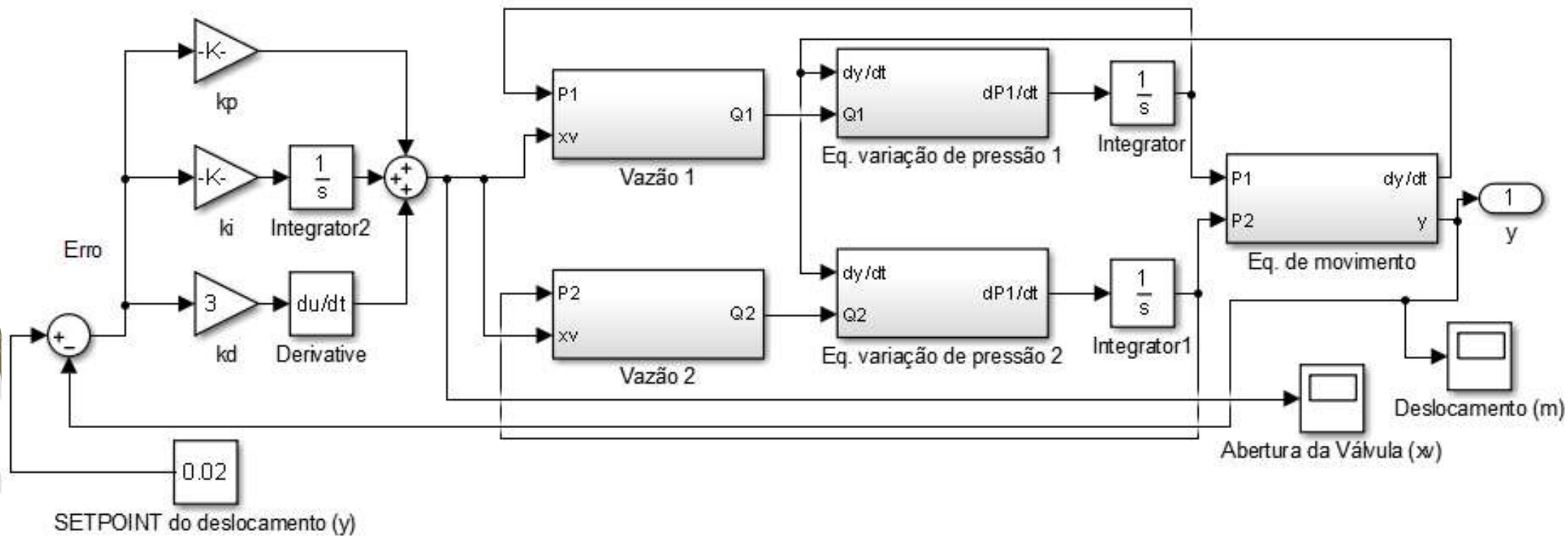


Simulação em malha aberta - Atuador hidráulico linear(Saída)

■ Observações:

Durante o degrau aplicado na entrada a haste se move conforme previsto até o instante de 1 segundo, durante o fechamento da válvula o cursor retrocede, algo que em um experimento real não deveria acontecer, isto se deve a força peso colocada na equação simplificada e linearizada, fazendo haver vazão mesmo com a válvula fechada.

Controlador PID – Atuador hidráulico linear (Simulink-MATLAB)



Parâmetros por Ziegler Nichols

$$G_c(s) = K_P \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right)$$

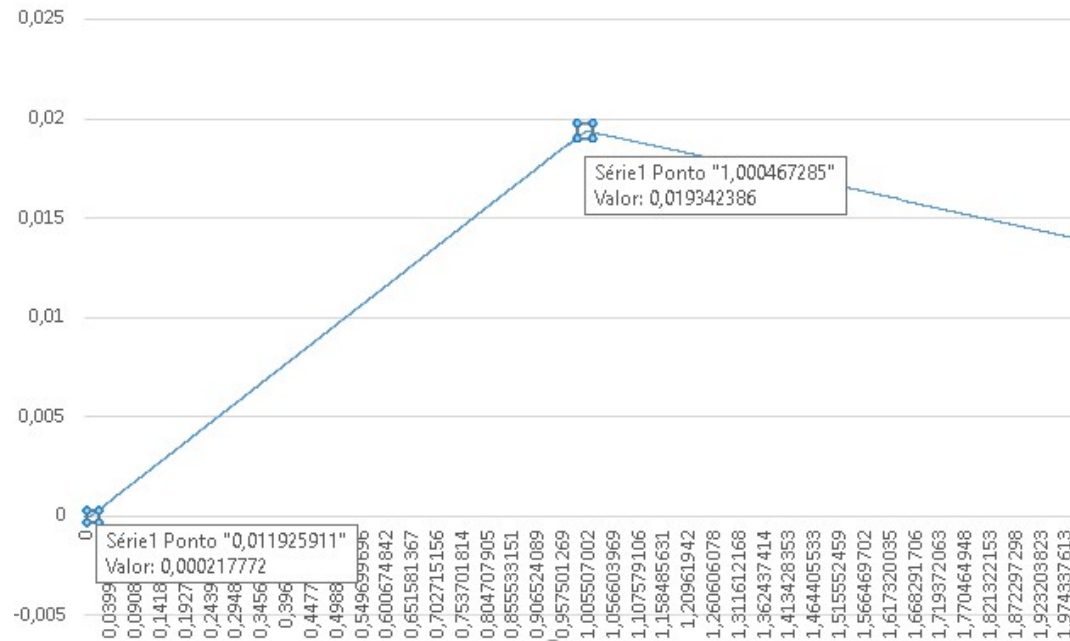
Controle	K_P	τ_i	τ_d
P	$\frac{\tau}{KL}$	∞	0
PI	$0,9 \frac{\tau}{KL}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{\tau}{KL}$	2L	0,5L

Parâmetros por Ziegler Nichols

Resposta em malha aberta, foi colocado o valor de 4,8 em X_v por 1 segundo, seguido do valor 0(fechado) por 1 segundo.

y(metros)

Método - Ziegler Nichols



Valores obtidos pelo método Ziegler Nichols:

$K=0,1934$	$T=0,993691$	$L=0,006777$	$\frac{L}{T}=0,00682$
PID	K_P	K_i	K_d
	909,8203	73,78188	3,082804

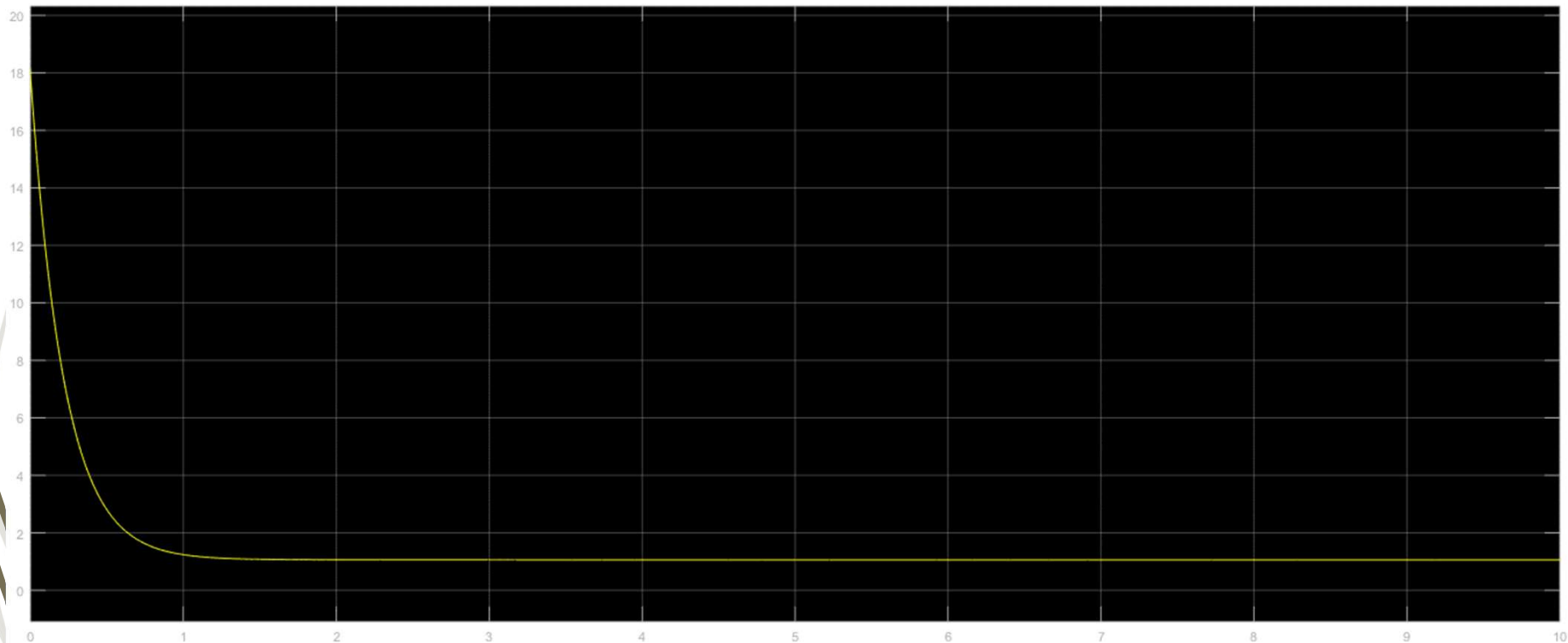
Tempo(segundos)

Controlador PID – Atuador hidráulico linear- Parâmetros por Ziegler Nichols(Simulação)

Entrada do sistema

Setpoint: $y = 0,02 \text{ m}$

X_v (volts)



Offset=0

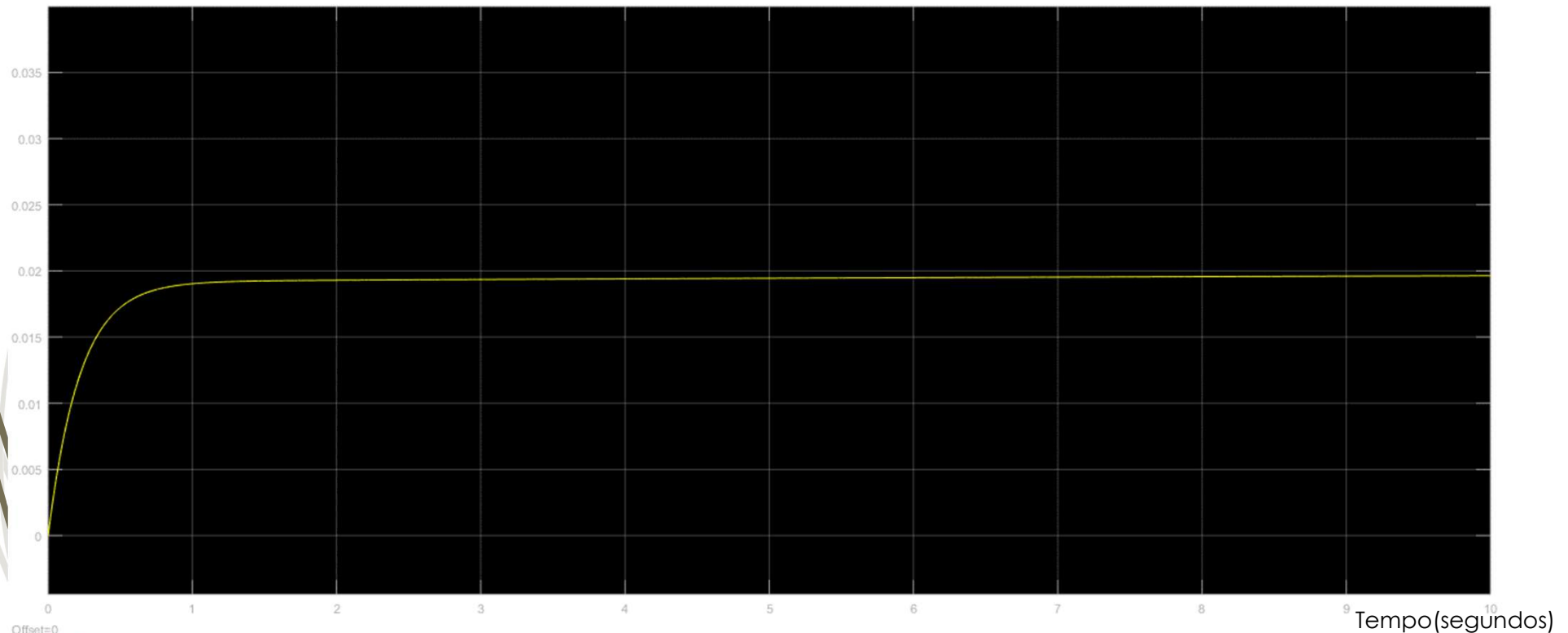
Tempo(segundos)

Controlador PID – Atuador hidráulico linear- Parâmetros por Ziegler Nichols(Simulação)

Saída do sistema

Setpoint: $y = 0,02 \text{ m}$

y(metros)



Offset=0

Tempo(segundos)



Controlador PID – Atuador hidráulico linear- Parâmetros por Ziegler Nichols(Simulação)

- Observações:
- Controle estável;
- Sem overshoot;
- Undershot de 1,83%;
- Tempo de resposta para atingir 0,019m foi de 0,977 segundos;

Controlador PID – Atuador hidráulico linear- Parâmetros ajustados ótimos

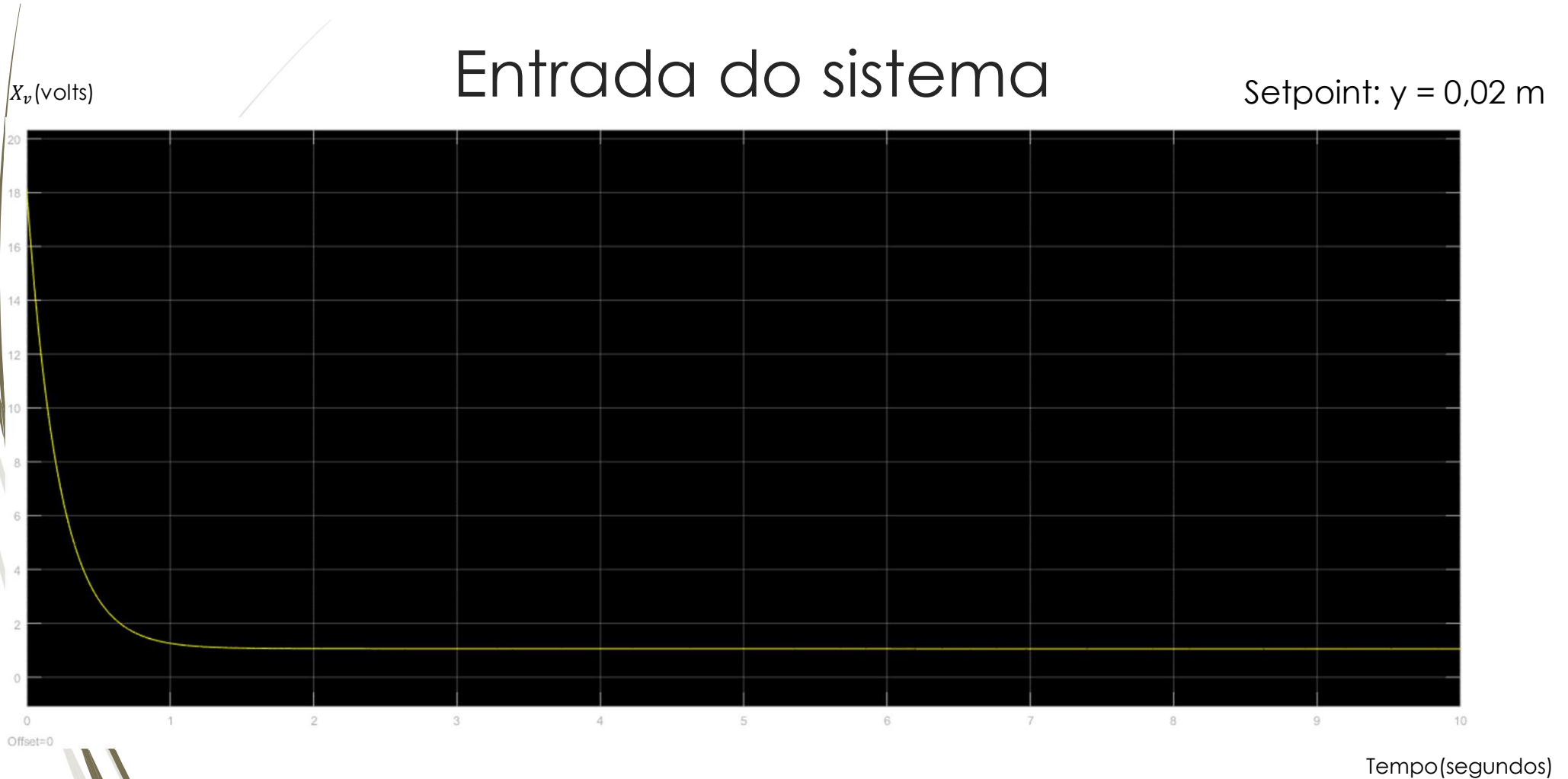
- No intuito de melhorar o tempo de resposta e o erro foi proposto uma modificação apenas no coeficiente de integração, obtendo-se como $K_i=150$ melhor parâmetro. Assim sendo foi realizada uma simulação com os parâmetros abaixo:

Parâmetros ajustados ótimos			
$K=0,1934$	$T=0,993691$	$L=0,006777$	$\frac{L}{T}=0,00682$
PID	K_P	K_i	K_d
	909,8203	150	3,082804

Controlador PID – Atuador hidráulico linear- Parâmetros ajustados ótimos(Simulação)

Entrada do sistema

Setpoint: $y = 0,02 \text{ m}$

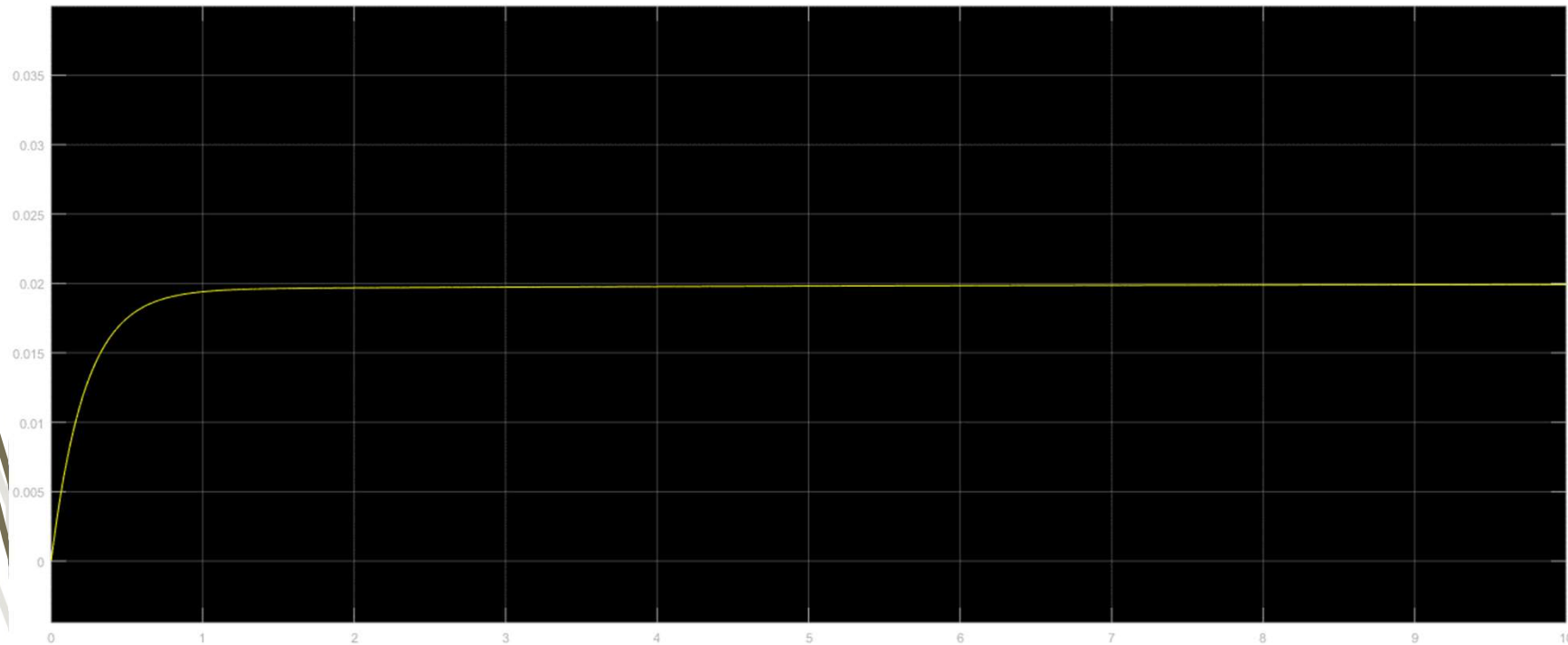


Controlador PID – Atuador hidráulico linear- Parâmetros ajustados ótimos(Simulação)

Saída do sistema

Setpoint: $y = 0,02 \text{ m}$

$y(\text{metros})$



Offset=0

Tempo(segundos)



Controlador PID – Atuador hidráulico linear- Parâmetros ajustados ótimos(Simulação)

- Observações:
 - Controle estável;
 - Sem overshoot;
 - Undershoot de 0,4%;
 - Tempo de resposta para atingir 0,019m foi de 0,78 segundos;
- Houve uma melhora em relação ao tempo de resposto e erro.



Sensores e equipamentos comerciais – Atuador hidráulico linear (Hastes simples)

- **Medição da posição da haste:** Sensor de deslocamento linear do tipo magnético de efeito hall, sensor óptico de deslocamento. (Foram escolhidos por não possuírem contato mecânico, fatores externos como campos magnéticos e poeiras e detritos devem ser analisados previamente).
- Exemplos comerciais:
- Sensor magnético de deslocamento linear Balluff - BML-S2C0-Q61G-M600-K0-KA05;
- Cilindro Hidráulico Série 2H da Parker Hydraulics, parâmetros a definir de acordo com as dimensões do projeto.

Dimensionamento de equipe e atividades – Controle Fuzzy de motor hidráulico.

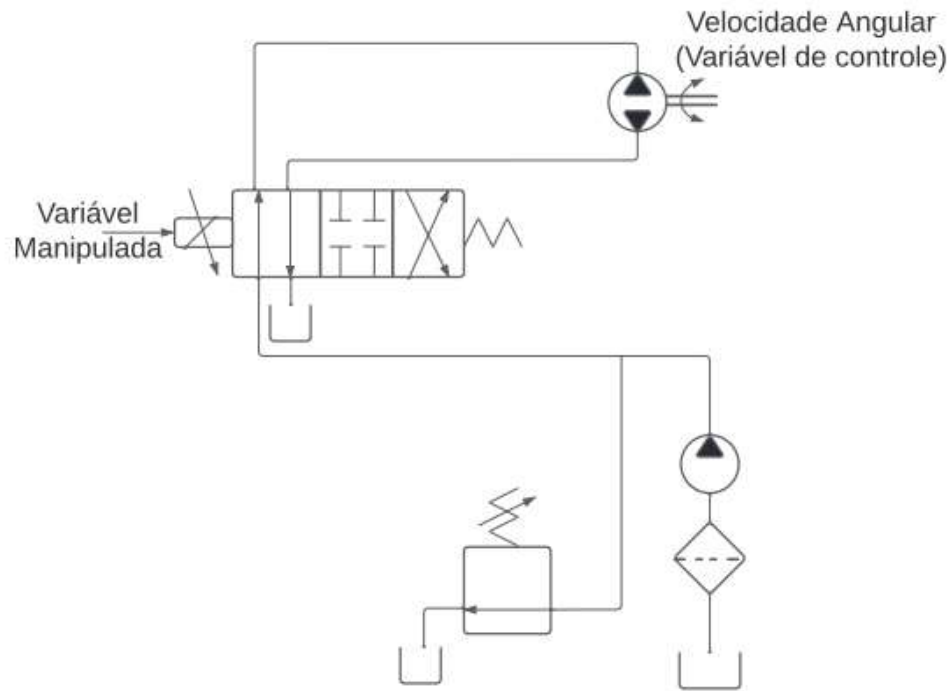


Figura 2: Diagrama do motor hidráulico.

- Atividades:
- Dimensionamento, escolha dos equipamentos hidráulicos e instalação. (1 profissional da área de metal/mecânica);
- Dimensionamento, escolha dos equipamentos elétricos e instalação. Programação, instrumentação e automação. (1 profissional de automação e 1 profissional de ciência da computação em conjunto).
- Coordenação e reunião de toda a equipe.
- 4 profissionais: Sendo 1 coordenador e 3 profissionais de área.



Referências Bibliográficas

- https://www.parker.com/parkerimages/br/download/hydraulics/pdf/hy_2017_br.pdfhttps://www.parker.com/parkerimages/br/download/hydraulics/pdf/hy_2017_br.pdf
- <https://publications.balluff.com/pdfengine/pdf?type=pdb&id=283328&con=pt&ws=approval>
- <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/61983/000864217.pdf?sequence=1>