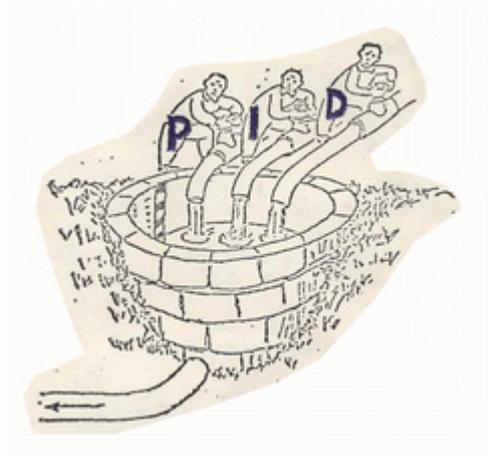


PID (PROPORCIONAL - INTEGRAL - DERIVATIVO)

FÁBULA DO REGULADOR PID E DA CAIXA D'ÁGUA



Pode parecer desnecessário falar-se sobre a utilidade e o porque do sistema de controle PID.

Achamos porém, a seguinte história tão graciosa que decidimos publicá-la. Trata-se de uma fábula contada pela primeira vez aos professores da Universidade Técnica de Bruxelas.

Era uma vez uma pequena cidade que não tinha água encanada. Um belo dia, o prefeito mandou construir uma caixa d'água na serra e ligou-a a uma rede de distribuição. A ligação da caixa com o rio foi feita por meio de um tubo. Neste tubo colocou-se uma válvula para restringir ou aumentar a vazão.

Enfim, foi empregado um senhor, sem quaisquer conhecimentos técnicos, mas, apesar disso, executou o seu serviço durante muitos anos, limitando-se a manter o nível d'água na caixa tão constante como podia, alterando a vazão sempre que necessário.

Quando o velho alcançou a idade de aposentadoria, seus três filhos, **Isidoro**, **Pedro** e **Demétrio** ofereceram-se para substituir o pai. Cada um queria resolver a tarefa da maneira mais simples possível e discutiram as possibilidades de instalar uma válvula acionada por boia, ou de um ventil eletro-pneumático, ou de um regulador hidráulico, etc.

Certo dia, em meio a estas discussões, apareceu um primo de visita à casa. Sendo este engenheiro, pediram sua opinião quanto às ideias em discussão. O primo pensou e, ao invés de apontar uma das alternativas como a melhor, perguntou qual a característica de função que possuíam os reguladores por

eles idealizados. Os três irmãos ficaram um pouco desapontados pois, esperavam uma resposta mais concreta, sendo que o primo explicou: - mais de um tipo de regulador poderá servir para solucionar o caso, desde que sua função obedeça as seguintes características principais:

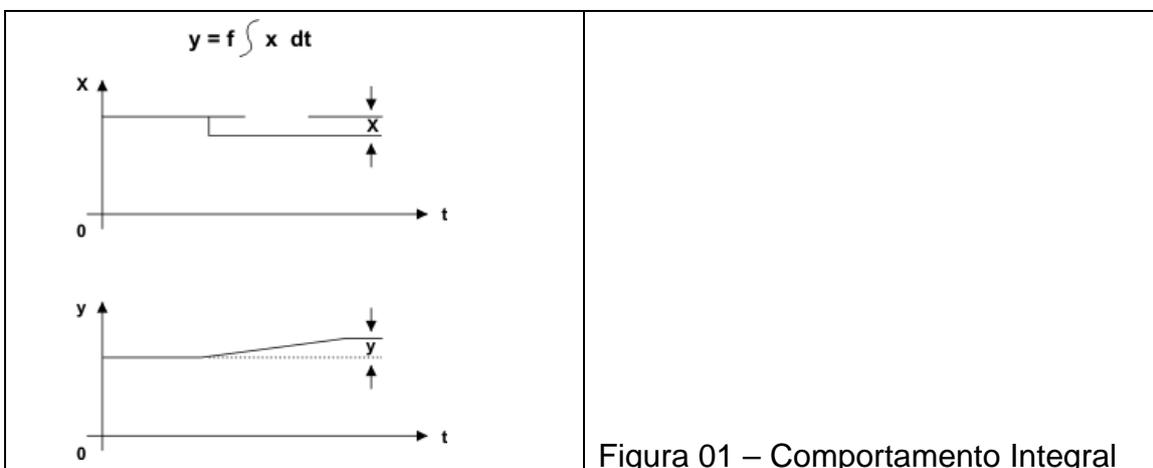
- 1) Dando-se uma variação do valor desejado, o regulador deverá eliminá-la rápida e energeticamente, restabelecendo o ajuste com exatidão.
- 2) Terá que alcançar este ajuste sem provocação de oscilações no valor desejado, não influenciando assim outros valores que dependam do qual está sendo regulado.

(Ex.: do nível de água depende a pressão na rede de distribuição)

Assim, no começo do dia, **Isidoro**, o filho mais velho, encontra-se no lugar do pai. É um rapaz simples, más metódico. Quando nota que o nível d'água está 10 cm abaixo do nível desejado, pensa: "o consumo aumenta". Por isso, começa a abrir a válvula lentamente e de maneira contínua, constatando ao mesmo tempo em que, pouco a pouco, o nível baixa mais devagar, depois se estabiliza e enfim começa a subir. No entanto, **Isidoro** abre mais a válvula até que alcance o nível anterior. Pouco depois, **Isidoro** percebe que a água continua a subir, estando já acima do nível desejado. Por isso, só com a metade da velocidade, **Isidoro** começa a fechar a válvula, restabelecendo pouco a pouco o nível exato, más a água continua baixando. Assim, **Isidoro** vê-se forçado a repetir sua manobra ainda algumas vezes sem que a água se mantenha no nível desejado.

Isidoro é a própria imagem integral de controle, cuja velocidade de ação é proporcional ao desvio. **Isidoro** acionará a válvula enquanto este existir, sem nunca alcançar estabilidade por ter a zona de regulação também um comportamento integral.

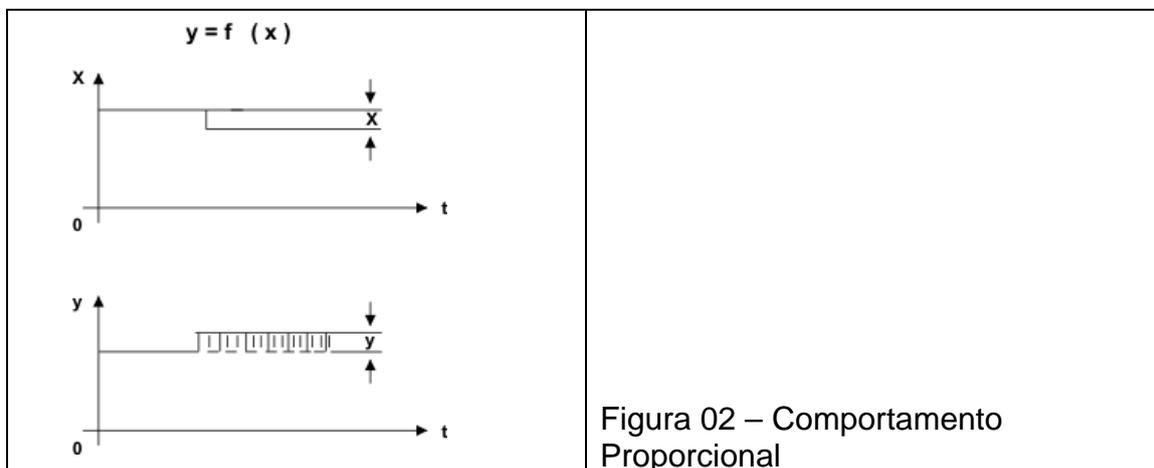
Em termos matemáticos pode-se dizer que para um desvio "X" do valor regulado, a ação integral é uma manobra do órgão de controle que pode ser representado pela fórmula:



Ao meio dia, **Pedro** substitui seu irmão **Isidoro**. **Pedro** possui o costume de calcular tudo o que faz. Ele percebe logo que quando o nível d'água encontra-se 10cm abaixo do nível desejado, deve dar 5 voltas ao volante da válvula no sentido de abertura para eliminar o desvio. Por outro lado, **Pedro** não se preocupa muito em voltar ao nível original, contentando-se em estabilizar o mesmo. Pensa consigo que este voltará a marca certa assim que diminuir o consumo na aldeia. **Pedro** descansa até constatar que o nível efetivo encontra-se 5 cm acima do desejado. Conforme seu cálculo, **Pedro** aciona o volante da válvula 2,5 voltas em sentido de fechamento, estabilizando assim o nível novamente.

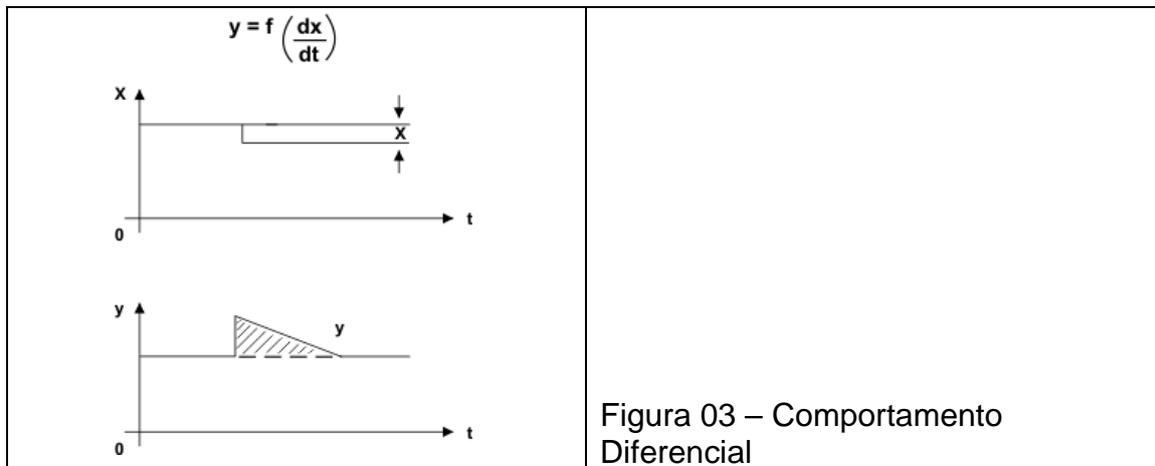
Sua manobra é segura e rápida más, quanto a exatidão, **Pedro** diz que somente é preciso conservar "aproximadamente" a pressão d'água para satisfazer as necessidades de sua cidade.

Pedro é a própria imagem da ação de controle proporcional que pode ser representada pela fórmula:



Ao fim do dia, **Demétrio** toma conta do serviço. **Demétrio** é o mais sofisticado dos três irmãos. Não se preocupa somente com o valor do desvio más, também com a velocidade com a qual este se altera. Caso a água desça rapidamente 10 cm abaixo do nível desejado **Demétrio** dá, de uma só vez, 10 voltas ao volante da válvula em sentido de abertura. Vendo depois que a água sobe devagar, fecha, também devagar, a válvula e, mais devagar quanto menor for a velocidade de aumento de nível até chegar progressivamente à abertura inicial. Caso a água ultrapasse o nível desejado por 5 cm, **Demétrio** executa a mesma manobra de antes porém, em sentido contrário e, além disso, 50% menos acentuado.

Demétrio é a própria imagem da ação diferencial cujo valor é diretamente proporcional ao grau do desvio e inversamente proporcional à duração podendo ser representada pela fórmula:



O prefeito encontrou-se diante de uma decisão difícil; a qual dos candidatos deveria dar o emprego definitivo ?

Isidoro, a imagem do comportamento integral, demorou bastante tempo para restituir o nível desejado na caixa d'água. Verdade é que ele acertou todas as vezes o nível exato; seu método porém resultou numa instabilidade absoluta porque, devido a sua atividade contínua, diversas vezes o nível oscilou fortemente. Seu único recurso contra este inconveniente foi acionar a válvula lentamente más, na proporção que a manobra era lentamente executada aumentou-se o tempo que a população deveria esperar até receber água mesmo nos bairros mais elevados.

Pedro, a imagem do comportamento proporcional, obteve um resultado diametralmente oposto. Seu método não resultou em oscilações do nível nem em desvios consideráveis más, também não foi capaz de assegurar o nível exato.

Demétrio, a imagem do comportamento diferencial, trabalhou com energia demais. Abrindo ou fechando abruptamente a válvula, deu praticamente uma chicotada à vazão. Por causa desta atitude brusca, provocava fortes variações de pressão na rede não conseguindo também estabelecer o nível exato. Assim, apesar de todos seu esforços, os habitantes da cidade acharam seu serviço o menos satisfatório.

Diante destes resultados o prefeito decidiu combinar o trabalho dos três candidatos para verificar o efeito. Para este fim, mandou colocar dois tubos de ligação a mais entre o rio e a caixa d'água.

Demétrio, porém, encontrava-se impedido, sendo que **Pedro** e **Isidoro** trabalharam em conjunto manobrando cada um uma válvula diferente de acordo com seu próprio método.

Quando o nível d'água encontrava-se 10cm abaixo do nível desejado, **Pedro** abriu a válvula dando cinco voltas ao volante acabando assim a queda d'água. **Isidoro**, por sua parte, executa seu trabalho lenta e continuamente até reconduzir o nível d'água ao valor desejado. Desta vez ele não precisa preocupar-se com a variação de consumo na cidade; é suficiente que ele corrija a inexatidão do serviço de **Pedro**. Assim, sua manobra é restrita e não provoca mais, por aberturas exageradas da válvula, a instabilidade.

O método conjunto de **Pedro** e **Isidoro** é a própria imagem da ação proporcional-integral, caracterizada pela estabilização instantânea do nível desejado e por excelente exatidão graças a ação integral de **Isidoro**.

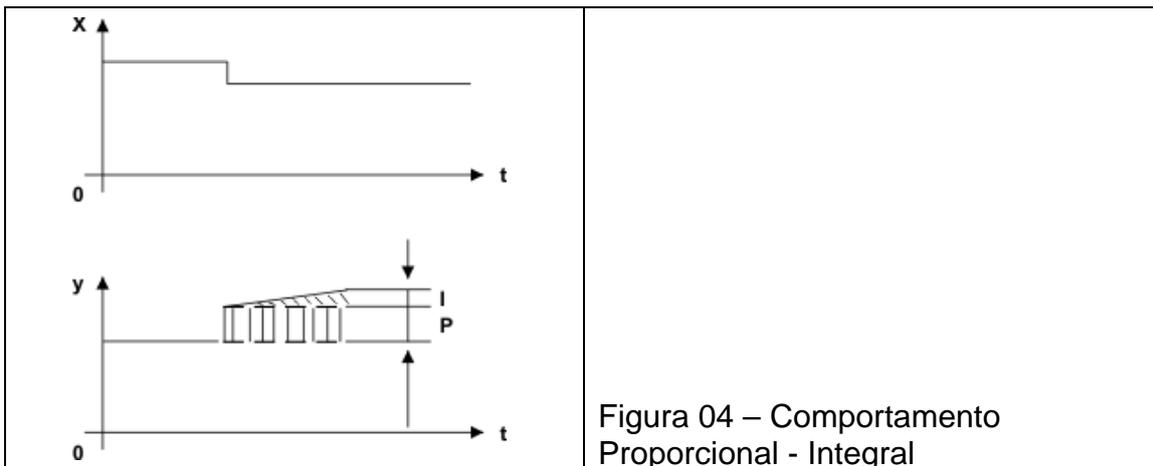


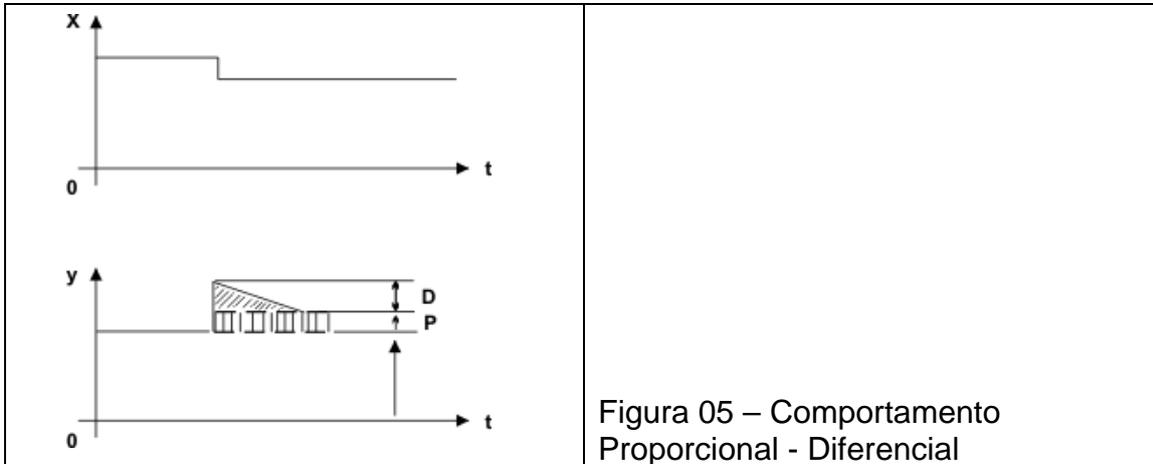
Figura 04 – Comportamento Proporcional - Integral

No dia seguinte é **Isidoro** que encontra-se impedido. **Pedro** e **Demétrio** vão trabalhar.

DESVIO DE NÍVEL DE 10 cm ABAIXO

Pedro, como sempre, estabiliza imediatamente por uma ação proporcional (abertura de 5 voltas). **Demétrio** abre sua válvula de 10 voltas de uma vez (ação diferencial) exagerando a alimentação, prevê a inércia da subida e fecha as dez voltas num tempo proporcional a inércia estimada por ele. Ele sabe que **Pedro** já fez o trabalho principal e que a sua própria chicotada serve apenas para restabelecer mais rapidamente o nível exato. Ele confia mais na sua estimativa do que na marca de nível e, como **Pedro**, não lê o desvio residual após sua manobra. **Pedro** parou a queda por uma ação medida e imediata. **Demétrio** acrescentou uma manobra enérgica mais esporádica, que exagera a ação momentaneamente, acelera o restabelecimento e diminui o desvio. Mesmo assim, o nível prescrito não está ainda exatamente restabelecido.

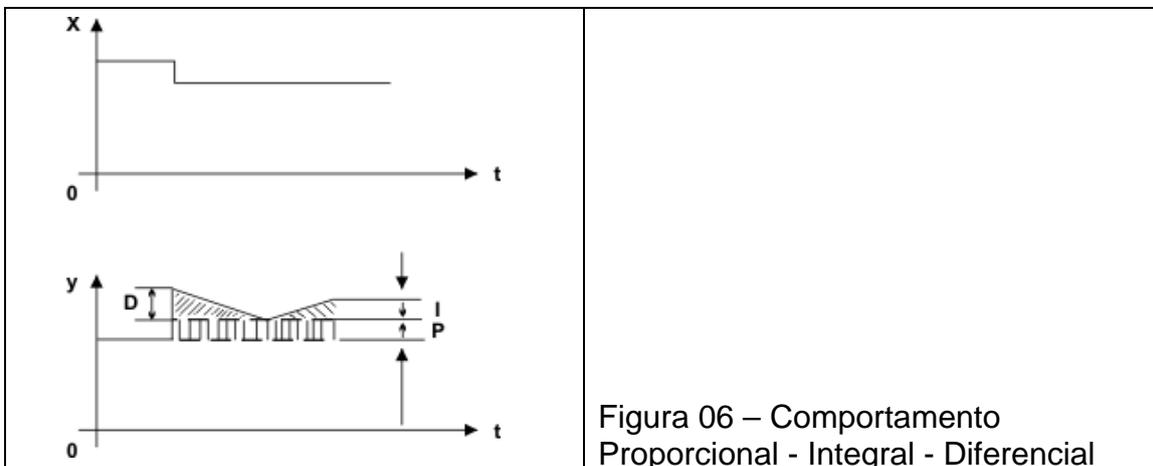
A ação **PROPORCIONAL-DIFERENCIAL** é caracterizada por uma estabilização imediata no momento em que o desvio acontece; um exagero da ação para obter uma absorção do desvio más também, infelizmente, uma certa imprecisão final do resultado.



No dia seguinte, finalmente os três trabalharam juntos e, cada um a seu modo. Para uma queda de 10cm, **Pedro** abre 5 voltas; **Demétrio** exagera a ação (diferencial) até 10 voltas para depois cancelar a manobra num tempo que é em função da inércia do aumento de nível. **Isidoro**, como de costume, não tem pressa e abre a válvula devagar (integraliza) até o momento em que ele constata que o nível prescrito é atingido más, desta vez, sua manobra é bem menor porque, antes dele, seus irmãos já fizeram o principal. **Pedro** efetuou a compensação da perturbação, **Demétrio**, o exagero que eliminou energeticamente o desvio e **Isidoro** que determinou a precisão final da operação, tomando cuidado para que nenhum desvio residual subsistisse.

A ação PROPORCIONAL-DIFERENCIAL-INTEGRAL é a combinação perfeita que reúne:

- compensação imediata da perturbação
- exagero necessário para combater a inércia de mudança de nível
- volta exata ao valor prescrito



Como recompensa pela eficiência, a prefeitura contrata os três como encarregados do chafariz para contento geral da aldeia, a não ser um único habitante... o tesoureiro municipal, que pensa: - “devo agora pagar três encarregados em vez de um; vou ter que aumentar o preço da água”.

CONCLUSÕES

Essa historinha mostra-nos como as diferentes ações simples e combinadas dos reguladores automáticos podem melhorar o funcionamento de um processo.

Não podemos porém, terminá-la sem comentar o pensamento do tesoureiro municipal. Deve-se em cada caso, adquirir um regulador perfeito, completo e pagar um preço múltiplo? Pode-se, ao contrário, ficar contente com um regulador simples e pagar apenas um preço reduzido? As respostas para essas perguntas estão longe de serem fáceis, por outro lado, elas não dependem da riqueza do comprador nem da marca do equipamento de controle. São as próprias características da instalação a controlar que determinam todo tipo e número das funções de controle, o que quer dizer que cada caso deverá ser cuidadosamente estudado pelos especialistas de controle e pelo construtor do processo.