



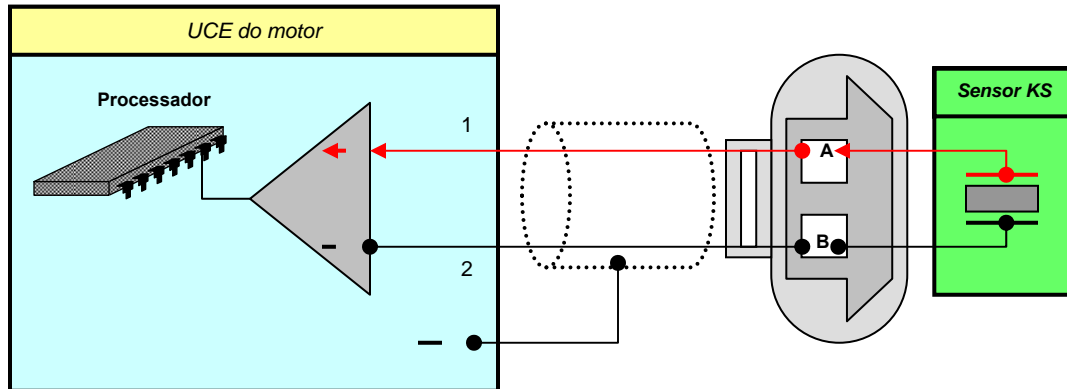
# *Sensores de detonação*

*(KS ou Knock Sensor)*

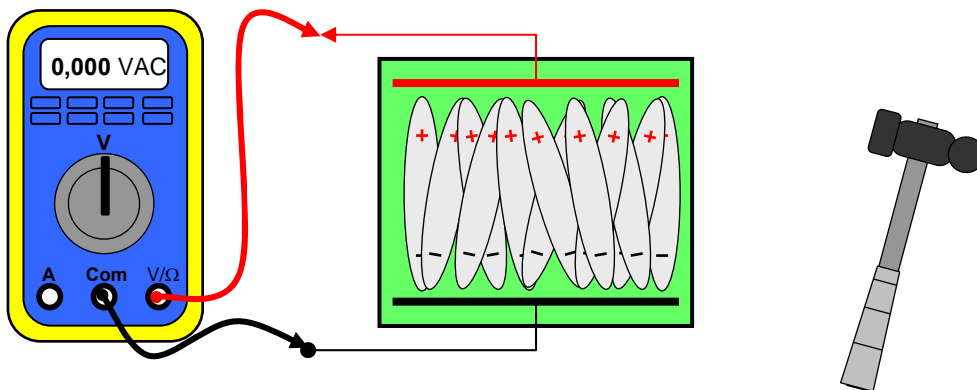
### Sensores de detonação

Os sensores de detonação ou acelerômetro mecânico é constituído de um cristal piezelétrico do tipo não ressonante, o qual tem a capacidade de converter a energia mecânica (vibração da batida da detonação) em um sinal elétrico (Volts AC).

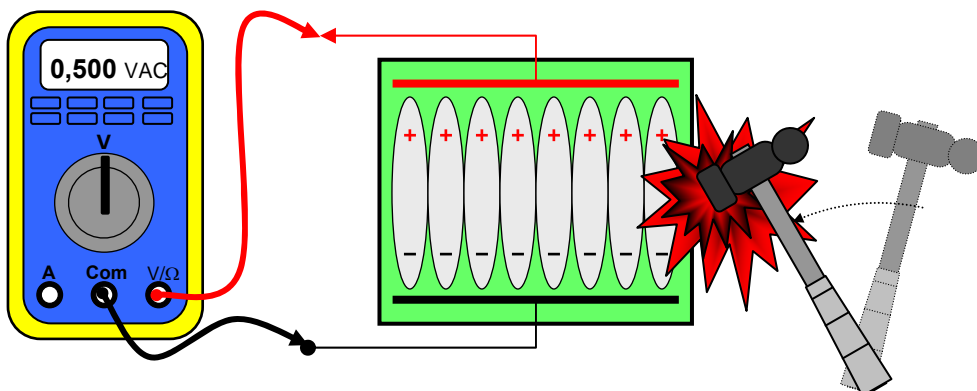
- O sensor é ligado à UCE do motor através de um chicote com malha de blindagem para evitar interferência eletromagnética.



- As moléculas do cristal são caracterizadas por uma polarização elétrica. Em condições de repouso, as moléculas não possuem uma orientação particular.



- Quando o cristal é submetido a solicitações mecânicas (colisão, vibração ou pressão), as moléculas se orientam, de modo que quanto mais elevadas forem as vibrações às quais o cristal for submetido, maior será a voltagem gerada (frequência elétrica). Esta orientação produz uma tensão AC nas pontas do cristal.



## O processo de queima e os fenômenos laterais

### Condições de queima NORMAL da mistura

Ao pular a faísca de ignição nos eletrodos de vela, a mistura admitida gaseificada estando comprimida a alta pressão, se inflama. Forma-se na folga do eletrodo de vela primeiramente uma chama. Esta se desenvolve em forma esférica, com a frente de chama percorrendo a câmara de combustão.

A velocidade de expansão da chama depende tanto das propriedades geométricas e térmicas da câmara de combustão, como da relação ar-combustível.

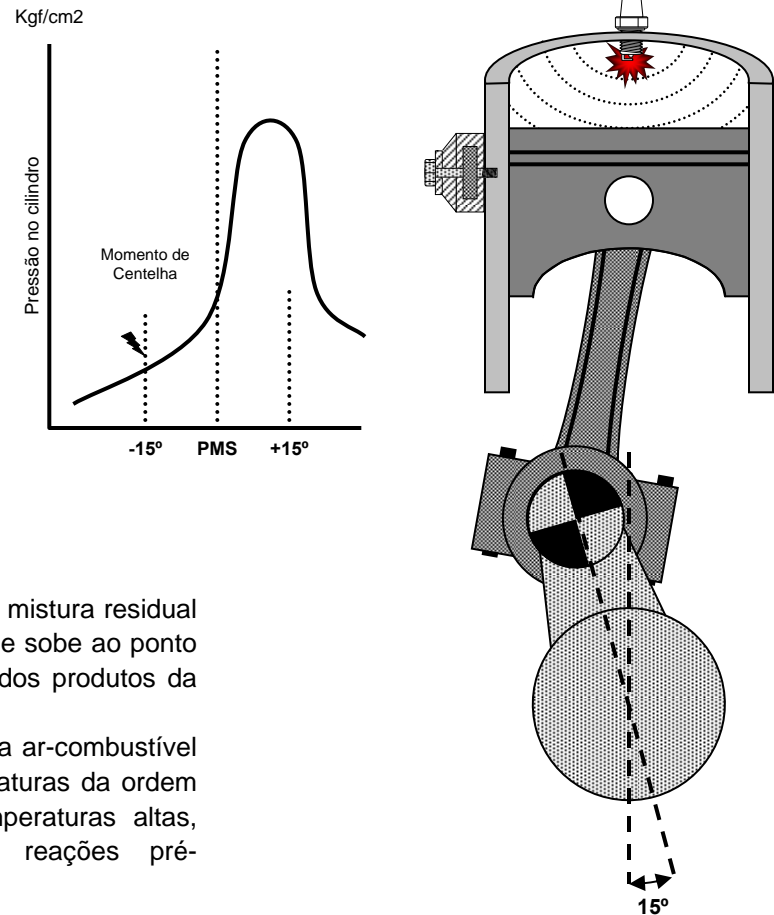
A velocidade da queima aumenta com temperatura alta, compressão alta, alta turbulência da mistura combustível e as relações ar-combustível.

A velocidade da chama em expansão não permanece igual, no início da queima a velocidade é mais lenta. Aumentando-se a pressão da queima, esta também aumenta alcançando o seu ponto máximo mais ou menos quando a pressão for a máxima e decresce logo em seguida, devido à dispersão do calor e ao início da expansão.

Com o aumento da rotação do motor e a correspondente maior turbulência da mistura ar-combustível, ela aumenta mais ou menos na mesma proporção, de forma que permanecem suficientes os intervalos de tempo, cada vez mais curtos, em maiores rotações do motor.

Tão logo se inicia a queima em volta da vela, a mistura residual continua a ser comprimida, tanto pelo pistão que sobe ao ponto morto superior, como também pela expansão dos produtos da queima atrás da frente de chamas.

Com isto, e devido ao calor irradiado da mistura ar-combustível em queima, a mistura residual alcança temperaturas da ordem de grandeza de 750 à 800 °C. Nestas temperaturas altas, ocorrem na mistura residual, complexas reações pré-inflamatórias.



- ✓ **Se as condições de trabalho do motor forem de tal maneira que não apareçam condições de reações críticas, antes da chama ter consumido totalmente a mistura residual, a queima se processa sem perturbação ou de forma normal.**

Desta maneira gera-se um aumento de pressão firme e uniforme e correspondentemente uma firme e eficiente força do pistão.

Nas reações pré-inflamatórias acima mencionadas, a estrutura química e física do combustível tem um papel preponderante. Quando queima um combustível facilmente oxidável, como por exemplo n-heptano, uma grande parte do mesmo é transformado, na mistura residual, em outras combinações. Muitas destas combinações são altamente inclinadas às reações.

A oxidação da maioria dos hidrocarbonetos passa durante a queima no motor por 3 ou 4 estágios distintos, antes de se formar uma chama dita "quente". No primeiro estágio da oxidação são formados peróxidos. Os produtos de reação destas combinações levam logo à formação da chama "fria".

### Condições de queima ANORMAL da mistura (processo de detonação)

Se a mistura residual alcançar condições críticas de reação, no sentido de não suportar a solitação térmica continuamente crescente durante o avanço da frente da chama, e antes de ser por esta consumida por completo, ela se inflama espontaneamente e queima então tão rapidamente que a consequência é um extraordinário aumento da pressão. Esta origina ondas de choque que causam a conhecida “batida de pino”, e que são transmitidos sobre as partes do motor na forma de vibrações.

Na figura abaixo, temos o diagrama de TEMPO-PRESSÃO esquematicamente representando uma queima com “batido de pino”. Ao lado das ondulações originadas, que estão na zona de frequência de 15.000 Hz, nota-se uma pressão bem mais alta. Esta pressão maior e o aumento súbito desta pressão, conduzem à uma correspondente sobrecarga do mecanismo motriz.

Devido às altas velocidades das chamas originadas (cerca de 300,0 m/s) e às altas velocidades das reações coligadas, acontece uma troca intensiva de calor em toda a câmara de combustão.

As consequências são:

- ✓ Perda de potência e, conforme as circunstâncias, uma sobrecarga térmica das peças insuficientemente refrigeradas que se encontram em volta da câmara de combustão.

Pode se considerar a “batida de pino” também como uma seqüência muito rápida de reações químicas do tipo reações em cadeia que parte de uma quantidade suficiente de radicais químicos facilmente sujeitos à reações. Estas reações só muito dificilmente podem ser observadas num motor que trabalha em condições normais, pois que se dão dentro de uma zona extremamente estreita, imediatamente antes do início da queima repentina da mistura residual.

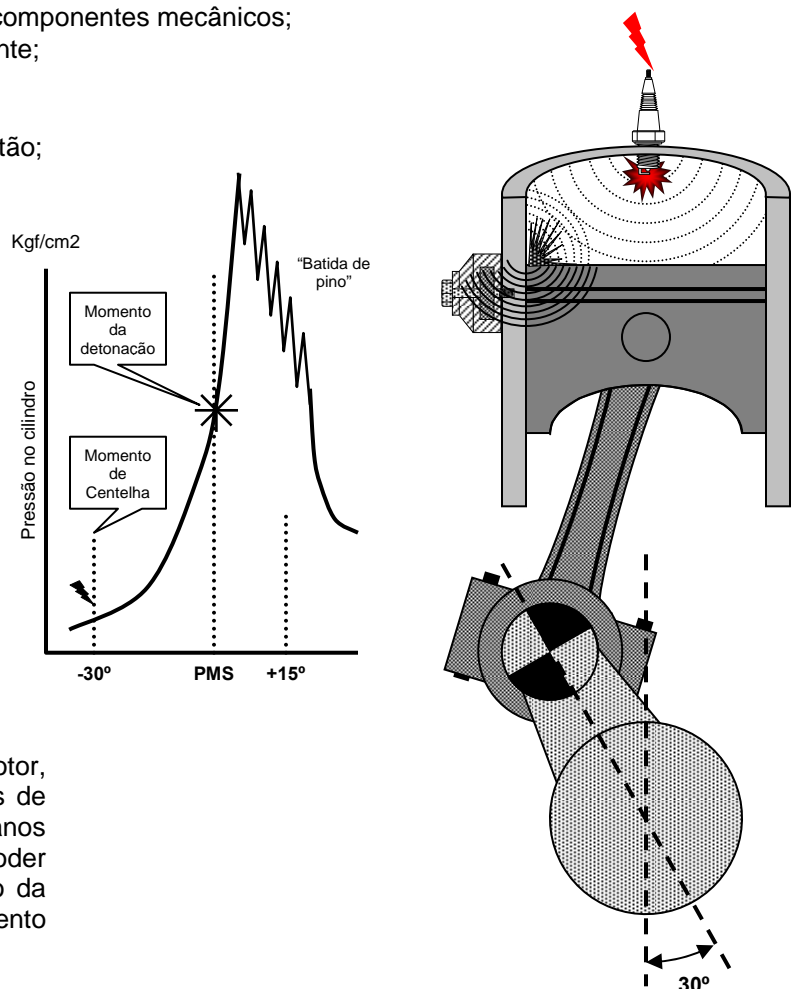
Então a DETONAÇÃO é um processo de queima incorreta que pode ocorrer dentro da câmara de combustão, onde são múltiplas as causas que podem levar ao surgimento deste fenômeno:

- Altas temperaturas na câmara de combustão;
- O envelhecimento ou o desgaste dos componentes mecânicos;
- Gasolina com menor poder antidetonante;
- Ponto de ignição muito avançado;
- Mistura pobre;
- Pontos quentes na câmara de combustão;
- Vela com teor térmico quente;
- Carvão na câmara de combustão;
- etc.

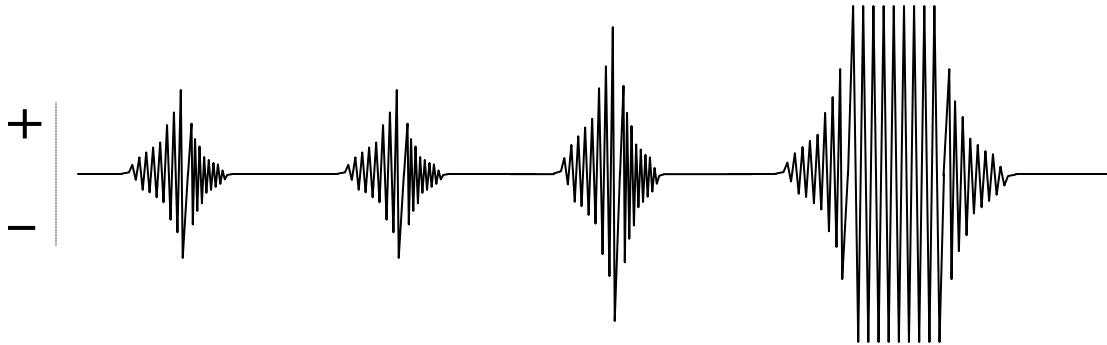
No processo de detonação, é gerada uma contrapressão em oposição à frente de chama em condições de queima normal do motor, onde poderão ser atingidos picos de pressão na ordem de 250,00 Kgf/cm<sup>2</sup>, onde em uma explosão normal a pressão é na ordem de 90,00 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Este “choque” de ondas sônicas provoca uma batida na cabeça do pistão, que faz com que o mesmo oscile dentro do cilindro, batendo contra as paredes do bloco do motor, quando o pistão ainda está subindo (contra esta explosão antecipada na câmara de combustão).

Nas modernas estratégia de controle do motor, além de prevenir o surgimento de fenômenos de detonação persistentes, que podem levar à danos no motor, tem a peculiar característica de poder incrementar o avanço da ignição até o ponto da detonação iminente (ponto de máximo rendimento do motor) cilindro por cilindro.

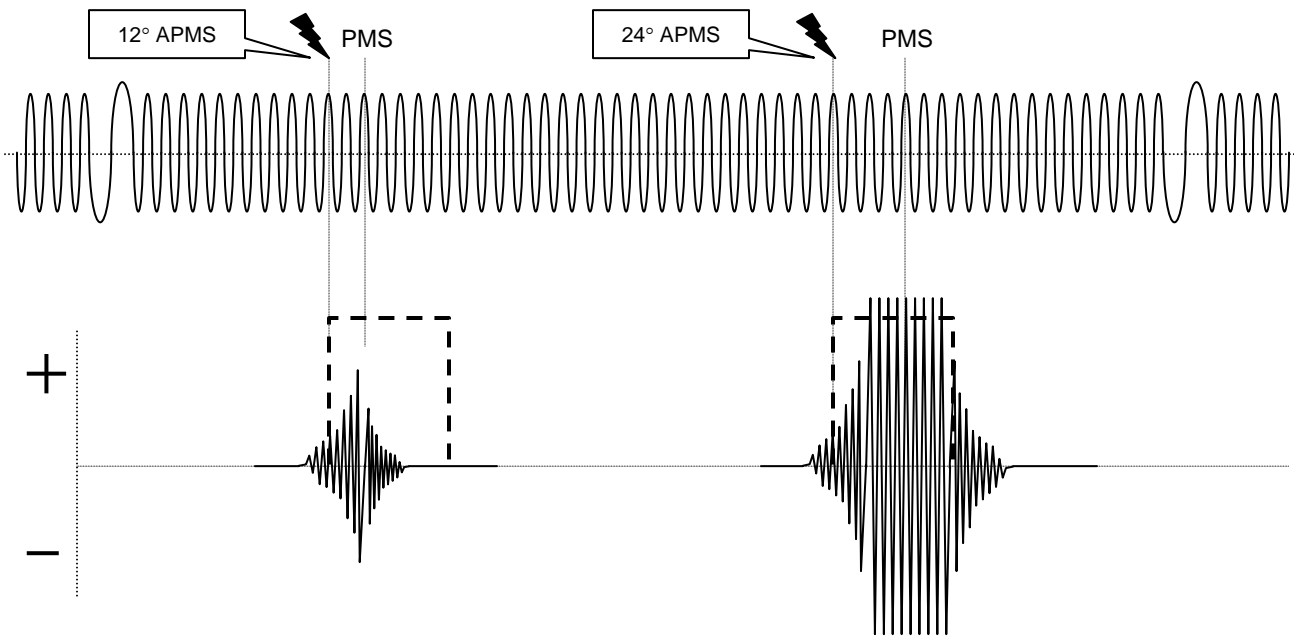


Esta técnica de procura do máximo aproveitamento do motor leva a uma redução do consumo de combustível em aproximadamente 2,00%. O sensor de vibração (acelerômetro) colocado no bloco, fornece à UCE do motor um sinal elétrico proporcional às "vibrações" captadas.



**Diagrama de controle do sensor de vibração**

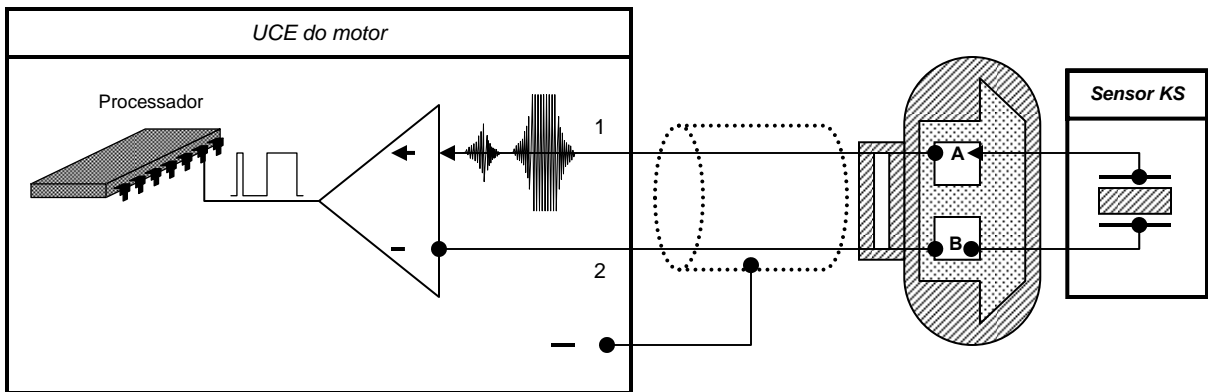
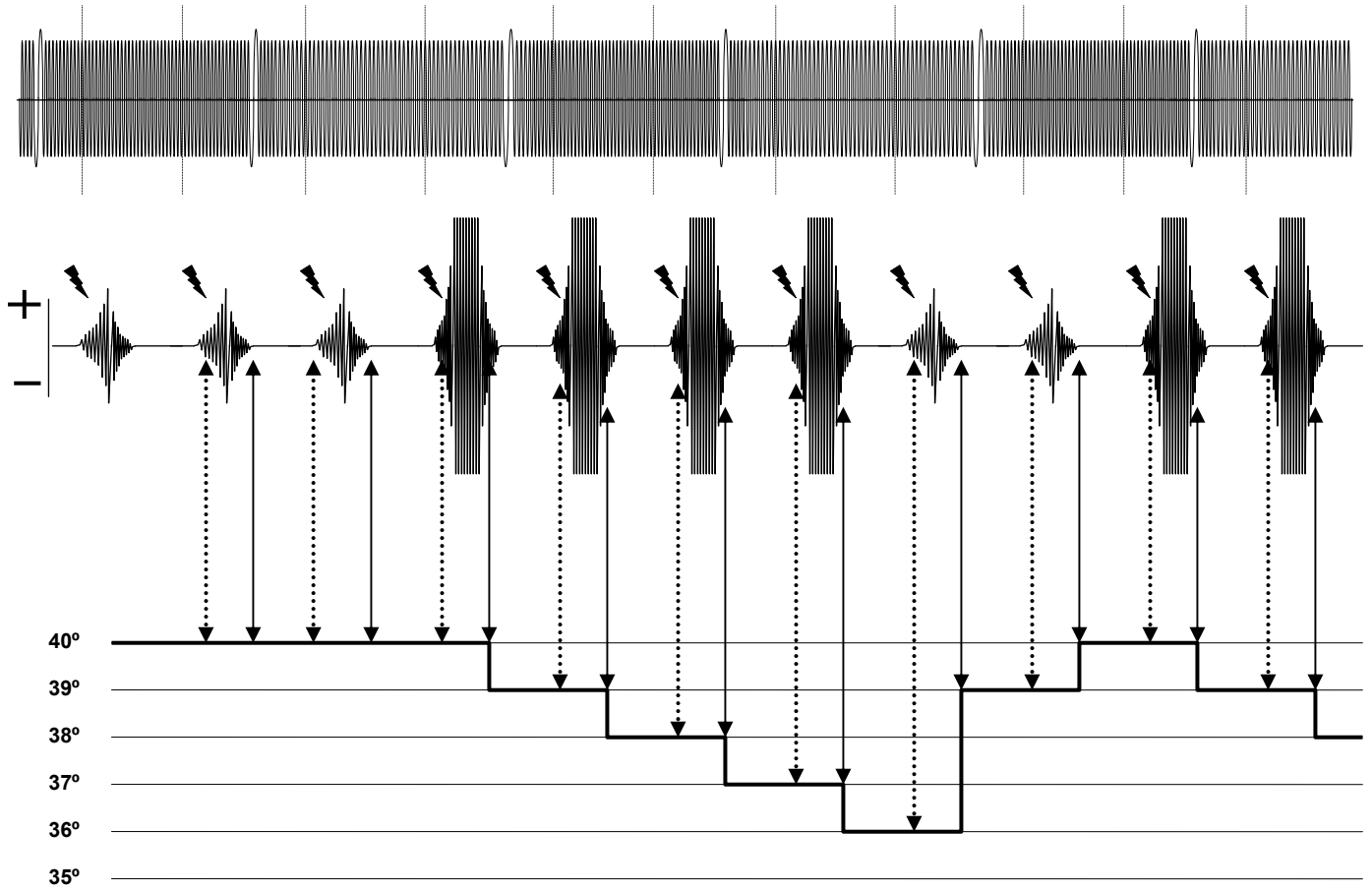
O sinal elétrico, oportunamente filtrado e amplificado, é adquirido pela UCE em determinadas "janelas" síncronas com as fases do motor. Deste modo está apta a distinguir os "picos" de sinal com elevada energia, típicos da detonação, da "rumorosidade" típica da combustão normal.



**Sinal do sensor filtrado pela UCE**



### Mapa de controle de correção de avanço de ignição



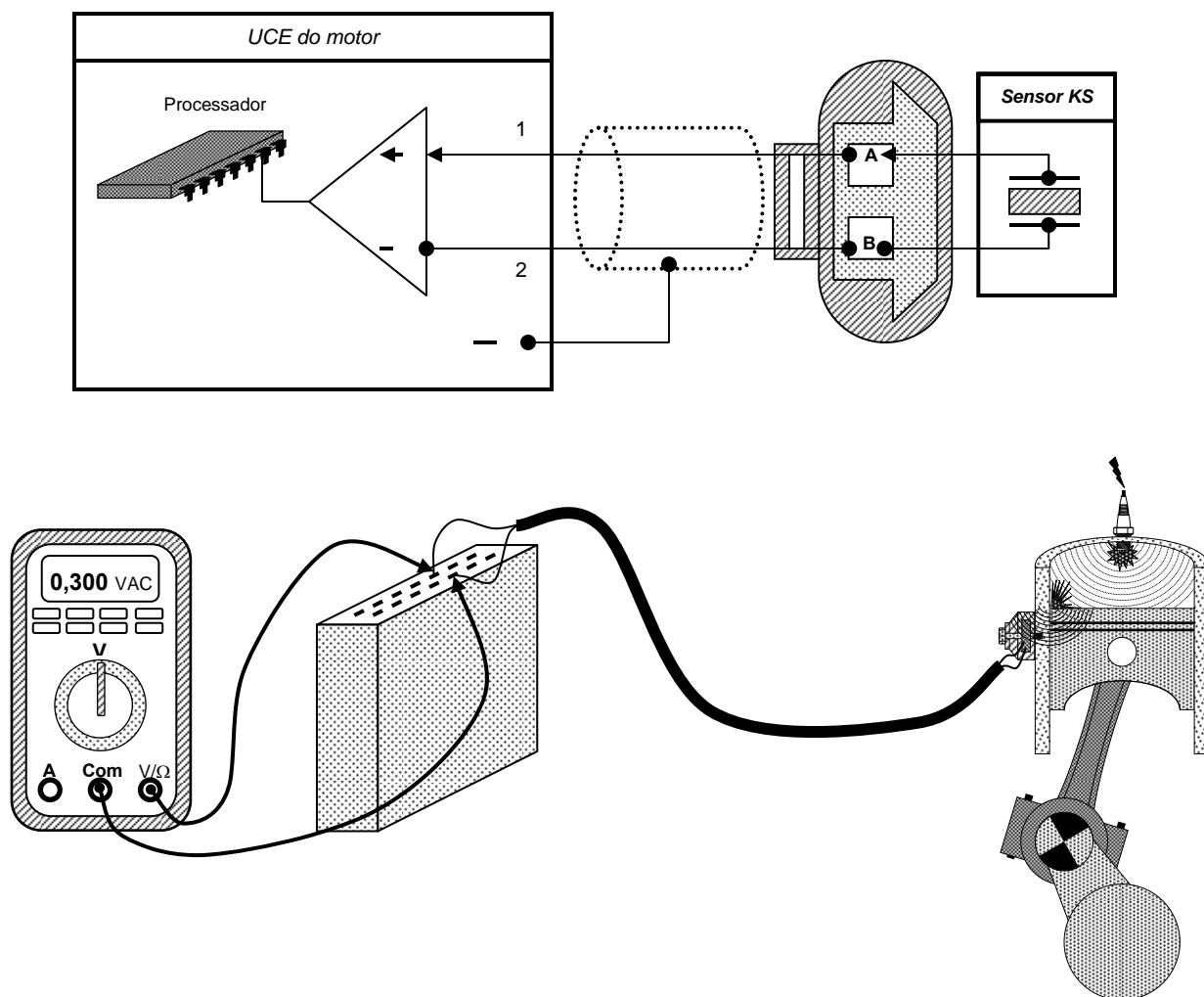
**Testes no sensor de detonação**

Quando o funcionamento do motor apresentar falhas de funcionamento que fique caracterizado como detonação, deve-se antes de efetuar os testes do sensor KS, fazer uma análise minuciosa do sistema, verificando, principalmente

- O envelhecimento ou o desgaste dos componentes mecânicos;
- Altas temperaturas na câmara de combustão ou falhas na válvula termostática do motor;
- Condições do radiador de água ou óleo do motor;
- Sujeira ou barro nas aletas de refrigeração do motor;
- Ponto de ignição muito avançado ou vela com teor térmico quente;
- Carvão ou pontos quentes na câmara de combustão;
- Falhas no sistema de injeção eletrônica ou gasolina com menor poder antidetonante;
- Mistura pobre ou falha na bomba de combustível, injetores ou regulador de pressão.

**Se a análise do sistema levar a conclusão que o problema pode estar no circuito do sensor de detonação, verifique:**

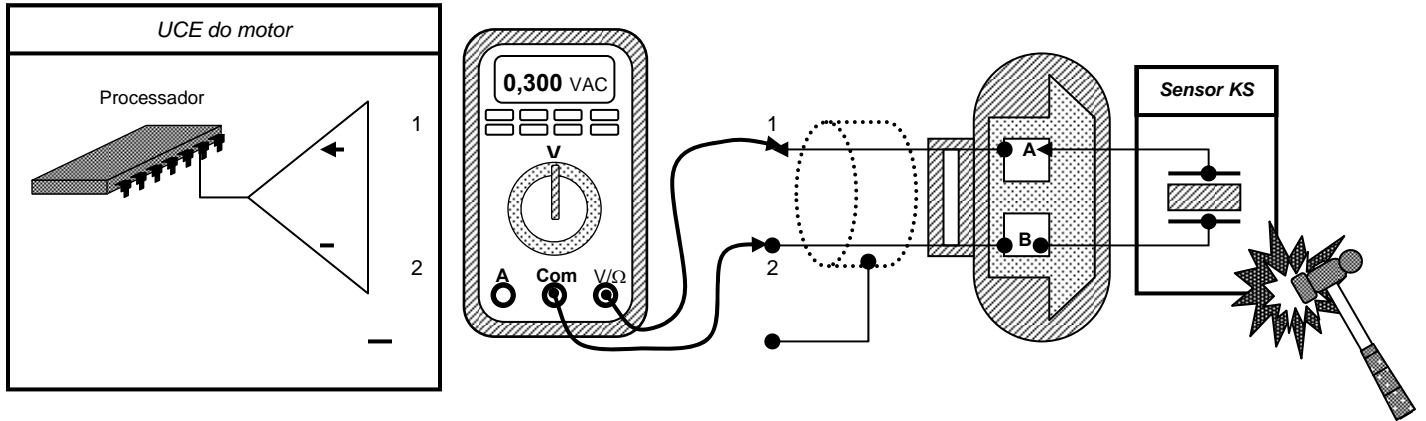
- ✓ Condições do chicote elétrico do sensor de detonação;
- ✓ Condições do conector do sensor de detonação, quanto à quebra do mesmo;
- ✓ Integridade da malha de blindagem do chicote elétrico do sensor de detonação;
- ✓ Torque de aperto do sensor de detonação (de 1,00 a 2,00 Kgf/cm<sup>2</sup>);
- ✓ Arruelas ou qualquer outro objeto apoiado entre a face do sensor e o bloco do motor;
- ✓ Inversão da polaridade do chicote do sensor de detonação. Tenha certeza que o esquema elétrico é confiável quanto a esta informação, para não haver diagnósticos errados;
- ✓ Se até a 4<sup>o</sup> etapa de teste não for encontrado falhas, é possível que haja falhas na UCE.



Medir o sensor de detonação entre...

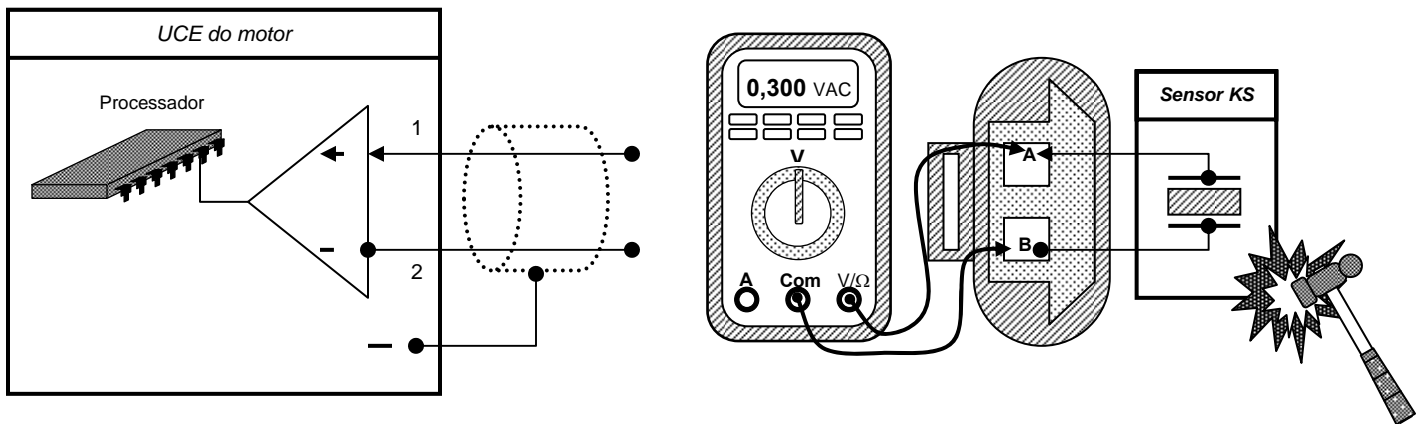
Teste do chicote do sinal do sensor KS até a UCE

Etapa do teste	Volts AC	Sim	Não
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desligue o conector da UCE;</li> <li>- Ligue o multímetro nos pinos 1 e 2 do conector da UCE;</li> <li>- Com um pequeno martelo, dê leves batidas no bloco do motor, próximo do sensor;</li> </ul>	Existe oscilação de tensão AC (em torno de 0,500 VAC)?	Chicote do circuito do sensor de detonação OK	Vá para o teste 2.



2 - Teste do sinal do sensor KS

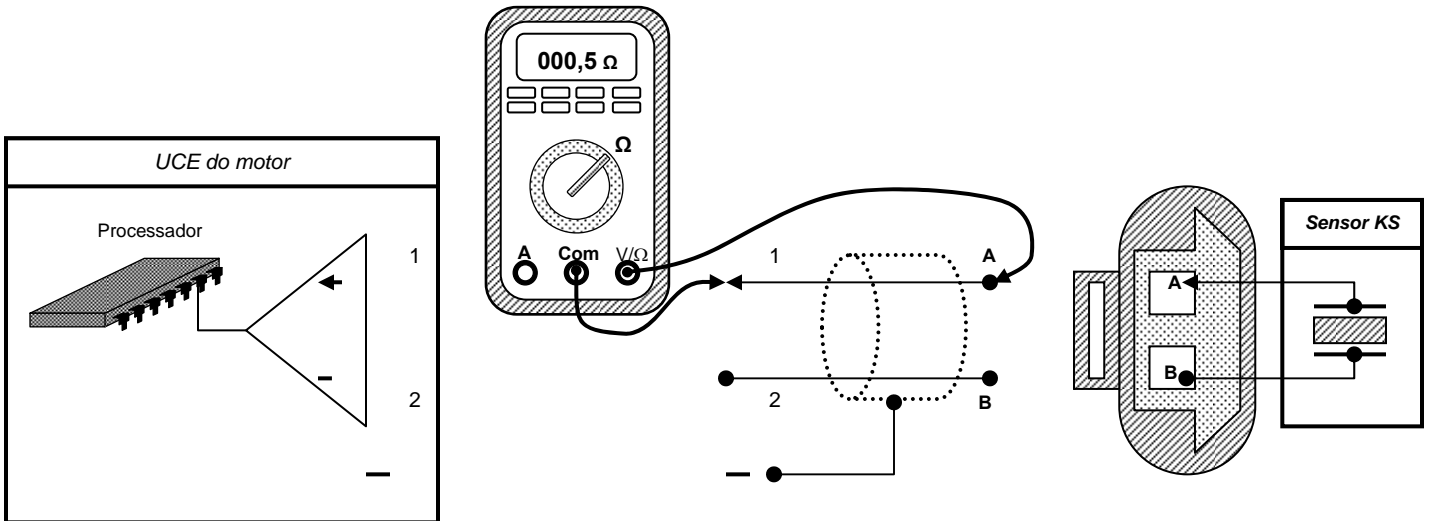
Etapa do teste	Volts AC	Sim	Não
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desligue o conector do sensor;</li> <li>- Ligue o multímetro nos pinos A e B do sensor;</li> <li>- Com um pequeno martelo, dê leves batidas no bloco do motor, próximo do sensor;</li> </ul>	Existe oscilação de tensão AC (em torno de 0,500 VAC)?	O sensor KS está OK. Vá para o teste 3	Sensor KS com defeito.





**3 - Teste do chicote, no pino 1 da UCE até pino A do sensor KS**

Etapa do teste	Resistencia elétrica (Ω)	Sim	Não
Pino 1 da UCE e A do sensor	< 1,00	Vá para o teste 4.	Chicote interrompido entre pino A do sensor e 1 da UCE.



**4 - Teste do chicote, no pino 2 da UCE até pino B do sensor KS**

Etapa do teste	Resistencia elétrica (Ω)	Sim	Não
Pino 2 da UCE e B do sensor	< 1,00	Vá para o teste 5.	Chicote interrompido entre pino B do sensor e 2 da UCE.

