

MotroLink

Guia Rápido de

Acerto de Ponto Calibração da tabela de avanço de ignição

MOTROLINK

Sumário

1	Antes de Começar	1
1.1	Compatibilidade	1
1.2	Segurança	1
2	Acerto de Ponto — Calibração de Ignição	2
2.1	Conceitos Essenciais	2
2.2	Verificar Configuração de Ignição	3
2.3	Verificar Avanço com Pistola Estroboscópica	4
2.4	Calibrar a Tabela de Avanço	4
2.5	Correção por Temperatura do Motor (CLT)	6
2.6	Correção por Temperatura do Ar (IAT)	7
2.7	Configurar Dwell (Tempo de Carga da Bobina)	8
2.8	Configurar Controle de Detonação (<i>Knock Control</i>)	9
2.9	Referência Rápida	10
2.10	Próximos Passos	12

1 Antes de Começar

Este é um dos **Guias Rápidos evoTech** — documentos práticos e focados que cobrem um aspecto específico da calibração. Eles extraem e condensam os procedimentos do *Manual de Calibração evoTech*, eliminando a teoria aprofundada e focando na ação prática.

Teoria e detalhes completos

Para explicações teóricas detalhadas, fundamentos e informações avançadas sobre cada parâmetro, consulte o **Manual de Calibração evoTech** completo.

1.1 Compatibilidade

Este guia aplica-se a toda a família de centralinas evoTech (evoTech4, evoTech8 e evoTech12). Diferenças entre modelos são indicadas ao longo do texto quando aplicável.

1.2 Segurança

Nunca calibre sozinho e cuide da ventilação

Tenha sempre pelo menos uma segunda pessoa presente durante calibração com motor em funcionamento. Nunca opere o motor em ambiente fechado sem ventilação forçada — monóxido de carbono (CO) é inodoro e **letal**. Mantenha um extintor de incêndio ao alcance imediato.

Checklist de segurança

- Extintor de incêndio presente e dentro da validade.
- Segunda pessoa presente e instruída sobre emergências.
- Ventilação adequada no ambiente.
- *Kill switch* funcional e acessível.
- Nenhum vazamento visível de combustível, óleo ou líquido de arrefecimento.
- Alarmes de temperatura e AFR configurados no MotroLink Manager .

2 Acerto de Ponto — Calibração de Ignição

Este guia cobre o procedimento prático de calibração do sistema de ignição nas centralinas MotroLink Manager. Antes de iniciar, certifique-se de que:

- O motor já dá partida e mantém marcha lenta (trigger sincronizado, combustível operando).
- A tabela VE (volumétrica) já foi calibrada de forma razoável — a mistura não precisa estar perfeita, mas o motor deve funcionar de forma estável.
- Você possui uma pistola estroboscópica (timing light), sensor de knock funcional (se disponível) e, idealmente, acesso a um dinamômetro.
- Os itens de segurança estão em ordem: extintor, ventilação, segunda pessoa presente.

⚡ Ignição é o parâmetro mais perigoso da calibração

Avanço de ignição excessivo causa detonação (*knock*), que pode perfurar pistões, quebrar bielas e destruir o motor em segundos. **Na dúvida, sempre erre para o lado conservador** — menos avanço nunca destruiu um motor; mais avanço já destruiu milhares.

2.1 Conceitos Essenciais

Antes de mexer nos parâmetros, entenda estes conceitos-chave:

Avanço de ignição — O ângulo de virabrequim antes do Ponto Morto Superior (PMS) no qual a centelha é disparada. Exemplo: 28° de avanço significa que a centelha ocorre quando o pistão está a 28° antes do PMS. O objetivo é que o pico de pressão da combustão ocorra entre 12° e 18° depois do PMS, onde a eficiência é máxima.

MBT (*Maximum Brake Torque*) — O ângulo de avanço que produz o máximo torque para uma dada condição de RPM, carga e temperatura. É determinado experimentalmente em dinamômetro, avançando-se em incrementos de 0,5–1° até que o torque pare de subir.

Detonação (*knock*) — Autoignição espontânea da mistura não queimada (*end gas*) no cilindro. Gera ondas de pressão de 5–15 kHz que danificam pistões, anéis, bielas e cabeçotes. O som metálico característico (“batida de pino”) nem sempre é audível em alta rotação.

Borderline knock — O ponto de avanço no qual a detonação começa a aparecer. O avanço final de calibração deve estar **sempre** abaixo deste limite, com margem de segurança de no mínimo 2° (aspirado) ou 3–4° (turbo).

Turbo vs. aspirado — Motores turbo operam com pressão de admissão muito superior, resultando em maior tendência à detonação. Enquanto um motor aspirado pode operar com 30–38° de avanço em rotações intermediárias, um turbo com 1,5 bar de boost pode exigir apenas 10–18° nas mesmas condições.

Efeito da temperatura — Ar quente (IAT alta) e motor quente (CLT alta) aumentam a tendência à detonação — exigem retirada de avanço. Motor frio tem combustão mais lenta — aceita e geralmente precisa de mais avanço.

❗

MBT nem sempre é alcançável

Em alta carga, motores turbo e com combustível de baixa octanagem, a detonação aparece *antes* de atingir o MBT. Nesses casos, o avanço é limitado pelo *borderline knock*. Calibre sempre pelo limite mais restritivo.

2.2 Verificar Configuração de Ignição

Antes de construir a tabela de avanço, confirme que a configuração base está correta.

2.2.1 Modo de ignição

Selecione o modo compatível com o hardware instalado:

- **Individual (*Coil-on-Plug*):** Cada cilindro tem sua própria bobina e saída na centralina. Modo mais preciso — permite trim de avanço e dwell por cilindro. Use sempre que o hardware permitir.
- ***Wasted Spark*:** Uma bobina atende dois cilindros defasados em 360°. Exige metade das saídas de ignição, mas não permite ajustes individuais entre os cilindros do par.

⚠

Modo errado = centelha no momento errado

Configurar o modo de ignição incompatível com o hardware causa disparo fora de ordem, contrafogo e possível dano mecânico. Confirme o tipo de bobina instalado antes de selecionar o modo.

2.2.2 Mapeamento de pinos das bobinas

Atribua cada saída de ignição (IGN1, IGN2, IGN3, etc.) ao cilindro correto, considerando:

- A ordem de ignição do motor.
- A fiação física — qual pino do conector está conectado a qual bobina.
- O modo de ignição — individual (1 saída por cilindro) ou *wasted spark* (1 saída por par).

Use a função de **bench test** do MotroLink Manager para acionar cada saída individualmente e confirmar que cada bobina dispara no cilindro correto. Para detalhes sobre bench test, consulte o Manual de Calibração evoTech, capítulo Bench Test.

2.2.3 Offset por cilindro (motores em V ou especiais)

Motores em V, boxer ou com espaçamento angular irregular exigem configuração manual de offset por cilindro. Para motores em linha com espaçamento regular (4 cilindros/180°, 6 cilindros/120°), os offsets são calculados automaticamente — apenas confirme que a ordem de ignição está correta.

2.3 Verificar Avanço com Pistola Estroboscópica

Este procedimento garante que o avanço real no motor corresponde ao valor comandado pela centralina. Um offset de trigger incorreto desloca *toda* a tabela de ignição, podendo causar detonação ou perda de potência.

Offset incorreto pode destruir o motor

Se o offset do trigger estiver errado, o avanço real pode ser muito maior que o comandado. Sempre verifique com pistola estroboscópica antes de avançar a ignição além de valores conservadores.

Procedimento passo a passo:

1. No MotroLink Manager, **trave (fixe)** o avanço de ignição em um valor conhecido — por exemplo, 10° BTDC.
2. Conecte a pistola estroboscópica ao fio da vela do **cilindro 1**.
3. Com o motor em marcha lenta, aponte a pistola para as marcas de timing na polia do virabrequim (ou volante).
4. Compare a marca iluminada na polia com a referência de PMS do motor (marca no bloco ou tampa de distribuição).
5. Se a marca indica um ângulo diferente dos 10° configurados, ajuste o **offset do trigger** (ângulo de offset da roda fônica) no MotroLink Manager até que a marca na polia corresponda ao valor travado.
6. Destrave o avanço quando terminar o ajuste.

Quando repetir esta verificação

Verifique o offset sempre que: instalar a centralina pela primeira vez, trocar a roda fônica ou sensor de rotação, alterar a configuração do trigger, ou suspeitar de defasagem. Para detalhes sobre configuração do trigger, consulte o Manual de Calibração evoTech, capítulo Configuração do Motor.

2.4 Calibrar a Tabela de Avanço

A tabela de avanço é o parâmetro mais crítico de toda a calibração. Ela define, para cada combinação de RPM e carga (MAP ou TPS), quantos graus antes do PMS a centelha será disparada.

2.4.1 Estrutura da tabela: RPM × Carga

A tabela de avanço é tridimensional (3D):

- **Eixo X:** Rotação em RPM (tipicamente 500–8000+ RPM).
- **Eixo Y:** Carga — pressão do coletor (MAP em kPa) ou posição da borboleta (TPS em %).
- **Valores (Z):** Avanço em graus BTDC (antes do PMS).

2.4.2 Forma típica da superfície

- **Cargas baixas (vácuo alto):** Mistura rarefeita, queima lenta, baixa tendência à detonação. Avanço mais alto: 30–45° em aspirados.
- **Cargas altas (MAP alto ou boost):** Mistura densa, queima rápida, alta tendência à detonação. Avanço reduzido: 15–25° (aspirado) ou 5–18° (turbo).
- **Rotações baixas:** Mais tempo por ciclo, menos turbulência. Avanço intermediário.
- **Rotações altas:** Menos tempo por ciclo, mais turbulência (queima mais rápida). Avanço tende a se manter estável ou subir ligeiramente.

A superfície deve ser **suave e contínua**. Saltos abruptos entre células vizinhas (ex.: 35° numa célula e 20° na adjacente) causam instabilidade, engargalos e trancos. Use a função de suavização (*smooth*) do MotroLink Manager após calibrar.

2.4.3 Metodologia de calibração — passo a passo

Passo 1 — Tabela inicial conservadora

Preencha a tabela com valores deliberadamente baixos:

Condição	Avanço inicial
Cargas parciais (aspirado)	20–25°
Carga plena (aspirado)	15–20°
Carga plena (turbo, 1 bar boost)	8–12°
Carga plena (turbo, 1,5+ bar boost)	5–8°

! Comece conservador — sempre

Um motor com avanço insuficiente produz menos potência, mas está seguro. Um motor com avanço excessivo pode detonar e sofrer dano irreversível. A potência “perdida” é recuperada nos passos seguintes. Um motor danificado por detonação não é recuperado.

Passo 2 — Avanço progressivo com monitoramento

Com o motor em dinamômetro e todos os canais de monitoramento ativos (knock, AFR, EGT, temperaturas):

1. Selecione uma faixa de RPM e carga (ex.: 3000 RPM em carga plena).
2. Estabilize o motor nessa condição.
3. Avance a ignição em incrementos de 1° (máximo 2° por vez).
4. A cada incremento, observe:
 - Torque no dinamômetro — está aumentando?
 - Sinal do sensor de knock — há detonação?
 - Som do motor — há batida metálica?

- Temperatura de escapamento (EGT) — está subindo ou caindo?
5. Continue até que o torque pare de subir (MBT) **ou** o sensor de knock detecte detonação (*borderline knock*).
 6. Aplique a **margem de segurança**: subtraia 2–4° do limite encontrado.
 7. Repita para todas as combinações de RPM e carga relevantes.

Passo 3 — Validação com datalogger

Realize passagens completas em dinamômetro (varreduras de RPM em carga plena e parcial) gravando o datalogger. Verifique:

- Canal de knock — nenhum evento de detonação em operação normal.
- Avanço final efetivo — correções (CLT, IAT, knock retard) não devem atuar excessivamente. Se atuam, a tabela base está próxima demais do limite.
- Temperaturas (CLT, EGT) dentro dos limites seguros.
- Curva de torque suave, sem saltos entre células.

Nunca avance a ignição sem monitoramento

Avançar a ignição “no ouvido” é extremamente perigoso. A detonação em alta carga e alta rotação pode ser imperceptível ao ouvido, mascarada pelo ruído do motor. Quando se torna audível, o dano já pode estar em andamento. Use sempre sensor de knock, datalogger e, preferencialmente, dinamômetro.

2.5 Correção por Temperatura do Motor (CLT)

A tabela de avanço base é calibrada com o motor na temperatura normal de operação (85–95°C). A correção por CLT ajusta o avanço quando a temperatura se desvia dessa referência.

2.5.1 Estrutura e lógica

A correção por CLT é uma tabela com eixos de temperatura (CLT em °C) e carga (MAP/TPS). Os valores da tabela (em graus) são **somados** ao avanço base.

- **Motor frio (abaixo de 60–70°C):** Combustão mais lenta, paredes da câmara absorvem calor. **Adicionar avanço** (+3° a +8°) para compensar.
- **Temperatura normal (80–95°C):** Correção **zero** — a tabela base já cobre essa faixa.
- **Motor superaquecido (acima de 100–105°C):** Câmara excessivamente quente, alta tendência à detonação. **Retirar avanço** (–3° a –8° ou mais).

2.5.2 Valores típicos de correção CLT

Faixa de CLT	Correção típica
Abaixo de 20°C	+5° a +8°
20–40°C	+3° a +5°
40–60°C	+1° a +3°
60–80°C	0° a +1°
80–95°C	0° (referência)
95–105°C	–1° a –3°
105–115°C	–3° a –6°
Acima de 115°C	–6° a –10°

! Proteção contra superaquecimento

Configure valores agressivos de retardo (–5° a –10°) para CLT acima de 110°C. Se o motor está nessa faixa, algo já está errado (ventoinha, radiador, nível de líquido) — a prioridade é proteger o motor.

2.6 Correção por Temperatura do Ar (IAT)

Ar de admissão mais quente aumenta a temperatura no final da compressão, favorecendo a detonação. A correção por IAT protege o motor nessas condições.

2.6.1 Estrutura e lógica

A tabela é análoga à correção por CLT: eixos de IAT (°C) e carga (MAP/TPS), com valores de correção em graus somados ao avanço base.

- **Ar frio (abaixo de 20–25°C):** Correção 0° ou até +1° a +2°.
- **Temperatura de referência (25–35°C):** Correção zero.
- **Ar quente (acima de 40°C):** Retirar avanço progressivamente.
- **Ar muito quente (acima de 60°C):** Retirar agressivamente (–3° a –8° ou mais). Comum em turbos com intercooler subdimensionado.

2.6.2 Valores típicos de correção IAT

Faixa de IAT	Correção típica
Abaixo de 20°C	0° a +1°
20–35°C	0° (referência)
35–45°C	–1° a –2°
45–55°C	–2° a –4°
55–65°C	–4° a –6°
65–80°C	–6° a –10°
Acima de 80°C	–10° ou mais

❗ IAT em motores turbo — atenção redobrada

Em motores turbo, o ar pode atingir 60–80°C ou mais após compressão, mesmo com intercooler. A correção por IAT é a principal defesa contra detonação por ar quente nessas aplicações. Configure valores de retardo agressivos para IAT alto.

⚠ Efeito mais forte em carga alta

O impacto da temperatura do ar na detonação é mais pronunciado em carga plena. Considere usar a dimensão de carga da tabela para aplicar retardo mais agressivo em carga alta do que em parcial.

2.7 Configurar Dwell (Tempo de Carga da Bobina)

O dwell é o tempo (em milissegundos) que a centralina mantém corrente na bobina antes de interrompê-la para gerar a centelha. Ele determina a energia da centelha.

2.7.1 Por que o dwell correto importa

- **Dwell insuficiente:** Centelha fraca, risco de falhas de ignição (*misfires*).
- **Dwell excessivo:** Superaquecimento da bobina, degradação prematura, risco de dano à saída de ignição da centralina.
- **Dwell correto:** Centelha forte e consistente, sem desperdício de energia.

⚡ Dwell excessivo destrói bobinas

Nunca configure dwell muito acima do especificado pelo fabricante da bobina. Bobinas modernas (*coil-on-plug*) são projetadas para 2,0–4,0 ms. Valores de 6–8 ms causam superaquecimento interno e falha prematura. Consulte sempre o datasheet da bobina.

2.7.2 Curva de dwell base por RPM

Configure uma curva 2D (RPM × dwell em ms). Na maioria dos casos, o dwell é **constante** em toda a faixa de RPM. Exemplo típico: 3,0 ms para bobinas modernas tipo *coil-on-plug*. Redução de dwell em alta rotação só é necessária acima de 10.000 RPM ou com bobinas de carga lenta.

2.7.3 Correção de dwell por tensão de bateria

Quando a tensão da bateria cai (partida, alternador fraco), a bobina leva mais tempo para carregar. A MotroLink Manager utiliza uma tabela de **multiplicador** sobre o dwell base:

Tensão da bateria	Multiplicador de dwell
14,0 V (normal com alternador)	1,00 (referência)
12,0 V (sem alternador)	1,10 a 1,15
10,0 V (partida, bateria fraca)	1,25 a 1,50
8,0 V (bateria muito fraca)	1,50 a 1,80

2.7.4 Dwell máximo (proteção)

O MotroLink Manager permite configurar um limite de dwell máximo. Independentemente do cálculo (curva base + correção por tensão), o dwell nunca excederá este valor.

- Bobinas modernas (*coil-on-plug*): dwell máximo de 4,0–5,0 ms.
- Bobinas mais antigas ou *wasted spark*: até 6,0 ms.

! Consulte o fabricante da bobina

O dwell correto deve ser obtido no datasheet da bobina. Se indisponível, inicie com 2,5–3,0 ms e aumente gradualmente, monitorando a temperatura da bobina e a qualidade da centelha.

2.8 Configurar Controle de Detonação (*Knock Control*)

O controle de detonação monitora o sensor de knock em tempo real e retira avanço automaticamente quando detecta detonação. É a última linha de defesa do motor.

⚡ Knock control é rede de segurança, não estratégia

Se o sistema está constantemente retirando avanço, a tabela base está agressiva demais. Corrija a tabela. Sensores falham, algoritmos têm limites. Calibre com margem e use o knock control como proteção adicional.

2.8.1 Sensor de knock e frequência

O sensor piezoelétrico de knock é sensível a uma frequência que depende do diâmetro do cilindro (*bore*). Configure a frequência central do filtro no MotroLink Manager de acordo:

Bore	Frequência típica	Exemplo
Grande (90+ mm)	5–7 kHz	motores V8 americanos
Médio (75–90 mm)	6–9 kHz	4 cil. e 6 cil. comuns
Pequeno (<75 mm)	8–12 kHz	motores de moto, compactos

Fórmula aproximada: $f_{knock} \approx 900.000/D$, onde D é o bore em mm e o resultado é em Hz.

! Frequência errada anula a proteção

Se o filtro de knock estiver configurado fora da frequência real de detonação, o sistema não detectará nada. Isso equivale a não ter controle de knock. Calcule com base no bore e, se possível, valide com análise de espectro.

2.8.2 Curva de threshold por RPM

O threshold define o nível de sinal acima do qual a centralina interpreta como detonação. Varia com a rotação:

- **RPM baixo:** Ruído mecânico de base menor — threshold mais baixo (maior sensibilidade).
- **RPM alto:** Ruído mecânico maior (válvulas, corrente, injetores) — threshold mais alto para evitar falsos positivos.

Como calibrar: Grave o datalogger com avanço conservador (sem detonação), analise o nível de sinal do sensor em toda a faixa de RPM e configure o threshold com margem de 1,5–2,5× o nível de ruído de base.

2.8.3 Tabela de retardo máximo

Quando detonação é detectada, a centralina retira avanço incrementalmente. Configure:

- **Retardo máximo:** 5–15° (configurável por tabela RPM × carga) — suficiente para eliminar a detonação, sem causar perda excessiva de potência ou aumento perigoso de EGT.
- **Agressividade do retardo:** Definida em **porcentagem** do avanço atual. Valores típicos: 5% (conservador), 10% (turbo/alta compressão), 15–20% (casos extremos).
- **Taxa de recuperação:** Tipicamente 0,5°/segundo — o avanço retorna gradualmente ao valor base quando a detonação cessa.

2.8.4 Janela de detecção (ângulo de amostragem)

A detonação ocorre em uma janela angular específica do ciclo. Configure a janela de amostragem para que o MotroLink Manager analise o sinal do sensor apenas nessa região:

- **Ângulo de início:** 5–15° ATDC (após o PMS).
- **Ângulo de fim:** 60–80° ATDC.

Sinais fora desta janela são ignorados, reduzindo falsos positivos causados por ruídos mecânicos em outros momentos do ciclo.

Ajuste a janela ao motor

Motores com cilindros de grande diâmetro tendem a ter detonação mais tardia no ciclo. Motores com câmaras compactas apresentam detonação mais cedo. Ajuste a janela conforme o motor.

2.9 Referência Rápida

As tabelas abaixo consolidam os valores típicos para referência durante a calibração. Todos os valores são pontos de partida — valide sempre no motor específico.

2.9.1 Avanço de ignição base

Condição	Aspirado	Turbo
Marcha lenta / carga mínima	10–18°	10–15°
Cargas parciais (cruzeiro)	30–45°	20–30°
Carga plena (WOT)	15–25°	5–18°
Carga plena, boost 1,5+ bar	—	5–8°

2.9.2 Correção de avanço por CLT

Faixa de CLT	Correção
<20°C	+5° a +8°
20–40°C	+3° a +5°
40–60°C	+1° a +3°
60–80°C	0° a +1°
80–95°C	0°
95–105°C	–1° a –3°
105–115°C	–3° a –6°
>115°C	–6° a –10°

2.9.3 Correção de avanço por IAT

Faixa de IAT	Correção
<20°C	0° a +1°
20–35°C	0°
35–45°C	–1° a –2°
45–55°C	–2° a –4°
55–65°C	–4° a –6°
65–80°C	–6° a –10°
>80°C	–10° ou mais

2.9.4 Dwell e tensão de bateria

Parâmetro	Valor típico
Dwell base (<i>coil-on-plug</i>)	2,5–3,5 ms
Dwell base (<i>wasted spark</i>)	3,0–4,5 ms
Dwell máximo (<i>coil-on-plug</i>)	4,0–5,0 ms
Dwell máximo (<i>wasted spark</i>)	5,0–6,0 ms
Multiplicador a 12 V	1,10 a 1,15
Multiplicador a 10 V	1,25 a 1,50
Multiplicador a 8 V	1,50 a 1,80

2.9.5 Controle de detonação (knock)

Parâmetro	Valor típico
Frequência do filtro (bore 75–90 mm)	6–9 kHz
Fórmula de frequência	$900.000/D_{mm}$
Janela de detecção — início	5–15° ATDC
Janela de detecção — fim	60–80° ATDC
Threshold	1,5–2,5 × ruído de base
Retardo máximo	5–15° (tabela RPM × carga)
Agressividade por evento	5–20% do avanço atual
Taxa de recuperação	0,5°/s

2.9.6 Margem de segurança sobre *borderline knock*

Tipo de motor	Margem mínima
Aspirado, combustível alta octanagem	2°
Aspirado, octanagem variável	3°
Turbo	3–4°

2.10 Próximos Passos

Com a ignição calibrada, considere os seguintes passos para completar a calibração do motor:

- **Tabelas de blend de ignição** — correções adicionais por marcha, teor de etanol (flex-fuel), pressão barométrica e outras variáveis auxiliares. Consulte o Manual de Calibração evoTech, capítulo Ignição (seção Tabelas de Blend).
- **Trim de ignição por cilindro** — ajustes individuais para equalizar EGT e compensar diferenças entre cilindros. Consulte o Manual de Calibração evoTech, capítulo Ignição (seção Trim por Cilindro).
- **Multi-centelha (*multi-spark*)** — múltiplas centelhas por evento para melhorar partida a frio e estabilidade de marcha lenta. Consulte o Manual de Calibração evoTech, capítulo Ignição (seção Multi-Centelha).
- **Calibração de combustível (VE)** — refine a tabela volumétrica para otimizar a mistura em toda a faixa de operação. Consulte o Manual de Calibração evoTech, capítulo Combustível.
- **Marcha lenta (controle de IAC)** — ajuste fino do controle de marcha lenta após a ignição estar calibrada. Consulte o Manual de Calibração evoTech, capítulo Marcha Lenta.
- **Validação em rua** — após a calibração em dinamômetro, valide o comportamento em condições reais de uso (trânsito, subida, temperatura ambiente variável) com datalogger ativo, monitorando especialmente o canal de knock.

i **Ordem recomendada**

A calibração de ignição e a calibração de combustível são interdependentes. Após ajustar a ignição, revise a tabela VE e o AFR alvo. Após ajustar o combustível, verifique novamente se os limites de detonação não foram alterados. Itere entre ambas até atingir convergência.