

MotroLink

Guia Rápido de

Marcha Lenta Configuração e ajuste do controle de marcha lenta

MOTROLINK

Sumário

1	Antes de Começar	1
1.1	Compatibilidade	1
1.2	Segurança	1
2	Guia Rápido — Controle de Marcha Lenta	2
2.1	Conceitos Essenciais	2
2.2	Configurar Hardware de Idle	2
2.3	Definir RPM Alvo por Temperatura	3
2.4	Calibrar Posição Base da Válvula	4
2.5	IAC durante Cranking e Taper	4
2.6	Controle em Malha Fechada — PID	5
2.7	Controle por Timing	6
2.8	Dashpot e IAC em Desaceleração	7
2.9	VE de Marcha Lenta	8
2.10	Referência Rápida	8
2.11	Próximos Passos	10

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 Guia Rápido — Controle de Marcha Lenta

Este guia resume os passos práticos para configurar e calibrar o controle de marcha lenta na ECU MotroLink Manager .

Pré-requisitos antes de iniciar:

- Motor funcionando e capaz de manter-se ligado (mesmo que instável).
- Tabela VE principal com valores razoáveis na região de marcha lenta (RPM baixo, carga baixa).
- Sensores calibrados: TPS (0% com acelerador liberado), CLT e IAT lendo corretamente.
- Tipo de atuador de marcha lenta identificado (stepper, PWM ou ETB) e fiação verificada.

2.1 Conceitos Essenciais

Em marcha lenta, o motor precisa gerar torque suficiente apenas para vencer o atrito interno, alimentar o alternador, o compressor de A/C e demais acessórios. Se o torque gerado cair abaixo do consumido, a rotação cai e o motor pode apagar. O sistema de controle de marcha lenta ajusta continuamente o fluxo de ar para manter a rotação no alvo.

Malha aberta vs. malha fechada:

Malha aberta — a ECU posiciona a válvula IAC/ETB em uma posição fixa por tabela. Simples, mas não compensa perturbações imprevistas.

Malha fechada (PID) — a ECU mede a rotação, compara com o alvo e ajusta a válvula em tempo real. Compensa perturbações, mas requer calibração dos ganhos PID.

Abordagem recomendada

A MotroLink recomenda utilizar **malha aberta + malha fechada simultaneamente**. A malha aberta fornece a posição base (coloca a rotação “perto” do alvo) e o PID faz o ajuste fino. Essa combinação é a configuração padrão da família evoTech.

Por que a marcha lenta é mais alta com o motor frio? O atrito interno é 2–3× maior (óleo viscoso), a combustão é menos eficiente (câmara fria) e a estabilidade rotacional é menor. Valores típicos: 850–950 RPM (motor quente, $\geq 80^{\circ}\text{C}$) e 1200–1500 RPM (motor frio, $< 20^{\circ}\text{C}$).

2.2 Configurar Hardware de Idle

Configure o tipo de atuador de marcha lenta de acordo com o hardware instalado:

Motor de passo (stepper) — 4 fios (2 bobinas). Controlado por número de passos (0–255 típico). Posicionamento preciso e repetível, resposta mais lenta. Comum em motores GM, Fiat e japoneses. Requer homing na partida (ruído breve é normal). Frequência de stepping típica: 100–300 Hz.

Válvula PWM (2 ou 3 fios) — controlada por sinal PWM. Resposta mais rápida que stepper. Frequência PWM típica: 100–1000 Hz (inicie com 300 Hz se desconhecida). Duty cycle operacional: 5–10% (mín.) a 90–95% (máx.). Comum em Ford, VW/Audi.

Corpo de borboleta eletrônico (ETB) — não há válvula IAC separada; o próprio ETB controla o ar de marcha lenta com aberturas de 2–8%. Para detalhes do controle ETB, consulte o Manual de Calibração evoTech, capítulo Corpo de Borboleta Eletrônico.

⚠ Inversão de fios no stepper

Se a válvula stepper abre quando deveria fechar (rotação “dispara” em vez de estabilizar), inverta um par de fios de **uma** das bobinas. Nunca inverta os 4 fios simultaneamente.

2.3 Definir RPM Alvo por Temperatura

A curva de RPM alvo define a rotação desejada em função da temperatura do líquido de arrefecimento (CLT). Com motor frio, RPM mais alto; com motor quente, RPM mais baixo.

CLT (°C)	RPM alvo
–20	1500
–10	1400
0	1300
10	1200
20	1100
30	1000
40	950
50	920
60	900
70	880
80	850
90	850
100	850

Histerese: a ECU aplica uma banda de ± 25 a ± 50 RPM ao redor do alvo. Dentro dessa banda, o PID não atua (ou atua com ganho reduzido), evitando micro-oscilações.

Compensações automáticas de RPM alvo:

- **A/C ligado** — aumento típico de 50–100 RPM para compensar a carga do compressor.
- **Tensão de bateria baixa** ($< 13,0$ V) — aumento de RPM para o alternador carregar mais rápido.

- **Ventilador do radiador ligado** — aumento de RPM em sistemas com ventilador elétrico de alta potência.

Motores de competição

Motores com perfis de comando agressivos frequentemente necessitam de RPM de marcha lenta mais elevada (950–1100 RPM mesmo com motor quente), pois a sobreposição de válvulas reduz o torque efetivo em baixas rotações. Se o motor “sacoleja” a 850 RPM, aumente para 950–1000 RPM.

2.4 Calibrar Posição Base da Válvula

A tabela de posição base é o componente de malha aberta. Ela define a posição “de partida” do atuador (passos, duty cycle ou % de abertura) em função de CLT × RPM.

Lógica da tabela:

- Eixo vertical — CLT (temperatura do líquido de arrefecimento).
- Eixo horizontal — RPM (faixa de rotação próxima ao alvo).
- Valores — posição da válvula (passos, % duty ou % abertura).

O objetivo é que essa tabela sozinha coloque a rotação “perto” do alvo para cada temperatura, sem necessidade de PID.

Procedimento passo a passo:

1. **Desabilite o PID** temporariamente (opere apenas em malha aberta).
2. Com o motor na temperatura desejada, **ajuste manualmente** a posição da válvula até a rotação ficar próxima do alvo. Anote o valor.
3. **Repita para cada faixa de temperatura** disponível (frio, morno, quente).
4. **Interpole** os valores para temperaturas intermediárias.
5. **Reabilite o PID** e verifique que a marcha lenta estabiliza rapidamente, com o PID fazendo apenas pequenos ajustes ($\pm 5\%$ a $\pm 10\%$) ao redor da posição base.

Tabela base bem calibrada = PID tranquilo

Se o PID faz correções constantes maiores que $\pm 20\%$, a tabela de posição base está mal calibrada. Revise a tabela base **antes** de ajustar os ganhos PID.

2.5 IAC durante Cranking e Taper

Posição de cranking

Durante a partida, a válvula IAC deve estar suficientemente aberta para os primeiros ciclos de combustão. A posição é definida por uma curva CLT → posição:

CLT (°C)	Posição IAC (passos)
-10	180
0	160
20	120
40	90
60	70
80	50

A posição de cranking deve ser **igual ou ligeiramente superior** à posição base para a mesma temperatura. Se for muito menor, o motor não aspira ar suficiente. Se for muito maior, o motor “dispara” ao pegar.

Taper: transição cranking → funcionamento

Quando o RPM ultrapassa o limiar de cranking, a posição da IAC deve transicionar suavemente da posição de cranking para a posição base. A duração do taper é definida em **ciclos do motor** e varia com a temperatura:

CLT (°C)	Duração do taper (ciclos)
-10	300–400
0	200–300
20	150–200
40	80–120
60	40–60
80	10–30

Durante o taper, a posição da válvula interpola linearmente entre a posição de cranking e a posição base. A meta final é em torno de 100 ciclos quando a calibração estiver bem ajustada.

Taper muito curto causa apagamento

Se o motor pega, a rotação sobe brevemente e depois cai e apaga (especialmente com motor frio), aumente o número de ciclos do taper para a faixa de temperatura correspondente.

2.6 Controle em Malha Fechada — PID

Após calibrar a posição base (malha aberta), ative o controle PID para que a ECU corrija automaticamente os desvios de rotação.

Ganhos PID da IAC — valores iniciais sugeridos:

- **Proporcional (P)** — controla a resposta imediata ao erro de RPM. Comece com valores baixos e aumente gradualmente.
- **Integral (I)** — elimina erros estacionários (acumula o erro ao longo do tempo). Valores altos causam overshoot e oscilação lenta.

- **Derivativo (D)** — amortece oscilações respondendo à taxa de variação do erro. Geralmente mantido baixo.

Como diagnosticar e corrigir oscilação (“**hunting**”):

- **Oscilação rápida** (RPM subindo e descendo rapidamente, ciclo < 1 s) — **P muito alto**. Reduza o ganho P.
- **Oscilação lenta** (RPM subindo e descendo suavemente, ciclo de vários segundos) — **I muito alto**. Reduza o ganho I.
- **RPM estável mas afastado do alvo** — **I muito baixo**. Aumente o ganho I gradualmente.
- **Resposta lenta a perturbações** (ex.: ligar A/C causa queda prolongada) — **P muito baixo**. Aumente o ganho P.

Multiplicador PID: tabela bidimensional (RPM $\times$ carga) que escala os ganhos P, I e D. Permite ser mais agressivo longe do alvo (multiplicador 1,5–2,0) e mais suave perto do alvo (multiplicador 0,5–0,8). Use apenas após os ganhos base estarem razoavelmente calibrados.

! Ordem de calibração do PID

Sempre calibre nesta ordem: (1) zere I e D, ajuste apenas P até obter resposta razoável sem oscilação rápida; (2) aumente I gradualmente até o RPM convergir ao alvo sem oscilação lenta; (3) adicione D se necessário para amortecer oscilações residuais.

2.7 Controle por Timing

Além do controle por ar (IAC/ETB), a ECU pode usar o **avanço de ignição** como correção complementar. A resposta é praticamente instantânea (efeito no próximo ciclo de combustão), muito mais rápida que o controle por ar.

Princípio:

- Rotação **abaixo** do alvo $\rightarrow$ ECU **avança** a ignição (mais torque).
- Rotação **acima** do alvo $\rightarrow$ ECU **atrasa** a ignição (menos torque).

Ganhos PID de timing (independentes do PID da IAC):

- **P:** 0,5–2,0 graus por 100 RPM de erro.
- **I:** 0,1–0,5 (valores altos causam overshoot).
- **D:** 0,0–0,3 (geralmente mantido baixo ou zero).

Limites obrigatórios:

- **Avanço máximo adicional:** $+5^\circ$ a $+15^\circ$ acima do avanço base. Limita o risco de detonação.

- **Atraso máximo:** -5° a -15° abaixo do avanço base. Atraso excessivo causa superaquecimento do catalisador.

Avanço base na marcha lenta — valores típicos:

RPM	Avanço ($^{\circ}$ APMS)
600	8
700	10
800	14
850	15
900	16
1000	18
1100	20
1200	22
1500	25

i Timing como diagnóstico da malha aberta

Se o controle de timing está constantemente no limite de avanço, a IAC está muito fechada (pouco ar). Se está sempre no limite de atraso, a IAC está muito aberta. Use essa informação para refinar a tabela de posição base. Uma boa prática é calibrar o avanço base $5-8^{\circ}$ abaixo do MBT, deixando margem para o PID avançar quando necessário.

2.8 Dashpot e IAC em Desaceleração

Dashpot (anti-stall)

O dashpot evita que o motor apague durante desacelerações rápidas (ex.: soltar o acelerador de 5000 RPM). Ele detecta a queda rápida de rotação e abre parcialmente a IAC/ETB para “amortecer” a queda.

Parâmetros de dashpot:

- **RPM de ativação** — rotação abaixo da qual o dashpot atua (ex.: 1500 RPM).
- **Taxa de decaimento** — velocidade de remoção da abertura extra (passos/s ou $\%/s$).
- **Abertura máxima de dashpot** — limite superior da abertura adicional.

i Câmbio automático e dashpot

Em veículos com câmbio automático ou CVT, o dashpot deve ser mais agressivo (RPM de ativação mais alto, decaimento mais lento), pois a mudança de marchas ao parar o veículo causa quedas abruptas de rotação.

Tabela de IAC em desaceleração

Tabela separada que define a posição da IAC durante a desaceleração (borboleta fechada, RPM caindo). Os eixos são RPM × CLT → posição da válvula.

A ideia é que, conforme o RPM se aproxima do alvo de marcha lenta, a IAC vá gradualmente assumindo uma posição maior, preparando-se para sustentar o motor. Isso evita o *undershoot* (queda momentânea abaixo do alvo).

 **Câmbio manual vs. automático**

Em veículos com câmbio manual, a desaceleração engrenado é mais severa (motor “freado” pelas rodas) — use posições de IAC mais altas. Em câmbio automático, o conversor de torque absorve parte da desaceleração — IAC pode ser menos agressiva.

2.9 VE de Marcha Lenta

A MotroLink Manager permite configurar uma **tabela VE dedicada para a região de marcha lenta**, que substitui a tabela VE principal quando a ECU detecta condição de idle.

Vantagens da VE dedicada:

- **Resolução mais fina** na faixa de RPM e carga de idle (a tabela principal tipicamente tem apenas 1–4 células nessa região).
- **Ajuste independente** sem afetar o restante da calibração.
- **Melhor controle de emissões e estabilidade** na marcha lenta.

A transição entre VE de idle e VE principal é interpolada com base nos limiares de detecção (TPS e RPM).

 **Coerência nas bordas**

Os valores nas bordas da tabela VE de idle devem ser próximos dos valores correspondentes na tabela VE principal. Uma diferença grande causa um “salto” na mistura ao sair da marcha lenta, perceptível como engasgo ou oscilação.

2.10 Referência Rápida

RPM alvo por temperatura

CLT (°C)	RPM alvo típico
−20 a −10	1400–1500
0 a 10	1200–1300
20 a 30	1000–1100
40 a 50	920–950
60 a 70	880–900
80 a 100	850

Posição IAC de cranking (stepper, 0–255 passos)

CLT (°C)	Posição (passos)
–10	180
0	160
20	120
40	90
60	70
80	50

Duração do taper cranking → funcionamento

CLT (°C)	Duração (ciclos)
–10	300–400
0	200–300
20	150–200
40	80–120
60	40–60
80	10–30

Avanço base na marcha lenta

RPM	Avanço (° APMS)
600	8
700	10
800	14
850	15
900	16
1000	18
1100	20
1200	22
1500	25

Ganhos PID de timing — faixa típica

Ganho	Faixa típica
Proporcional (P)	0,5–2,0 graus / 100 RPM
Integral (I)	0,1–0,5
Derivativo (D)	0,0–0,3

Limites de correção por timing

Parâmetro	Faixa típica
Avanço máximo adicional	+5° a +15°
Atraso máximo	-5° a -15°
Histerese de RPM	±25 a ±50 RPM
Compensação A/C	+50 a +100 RPM

Características dos atuadores

Característica	Stepper	PWM	ETB
Fios	4	2 ou 3	6 (típico)
Resolução	Alta	Média	Alta
Velocidade	Lenta	Rápida	Rápida
Range típico	0-255 passos	5-95% DC	2-8% abert.
Freq. controle	100-300 Hz	100-1000 Hz	—

2.11 Próximos Passos

Após configurar o controle de marcha lenta, avance para as seguintes etapas da calibração:

- **Refinar a tabela VE principal** — consulte o Manual de Calibração evoTech, capítulo Eficiência Volumétrica (VE), para garantir que a região de marcha lenta na tabela principal esteja coerente com a VE de idle.
- **Calibrar o avanço de ignição** — consulte o Manual de Calibração evoTech, capítulo Ignição, para ajustar a tabela de avanço completa e verificar limites de detonação.
- **Configurar o corpo de borboleta eletrônico** — se utilizar ETB como atuador de idle, consulte o Manual de Calibração evoTech, capítulo Corpo de Borboleta Eletrônico, para os parâmetros específicos de controle.
- **Ajustar corte em desaceleração (*DFCO*)** — consulte o Manual de Calibração evoTech, capítulo Aceleração e Desaceleração, para coordenar o corte de combustível com o dashpot e a IAC de desaceleração.
- **Validação final** — teste a marcha lenta em todas as condições: motor frio, motor quente, A/C ligado, A/C desligado, carga elétrica alta, direção hidráulica em manobra. Verifique que a rotação se mantém estável e que o motor não apaga em nenhuma condição.