



**ESCOLA DE PILOTAGEM**



# Escola de Pilotagem

INTRODUÇÃO .....	3
COMUNICAÇÃO NA PISTA .....	4
TÉCNICAS DE PILOTAGEM .....	5
VOLANTE .....	7
Posição das mãos no volante .....	7
Controle do Volante.....	8
TROCAS DE MARCHAS .....	11
PEDAIS.....	13
O PUNTA-TACO .....	15
As Etapas do Punta-Taco.....	17
FRENAGEM E ACELERAÇÃO .....	18
Frenagem .....	18
Aceleração .....	19
CONTORNO DE CURVA.....	21
Seqüências Complexas de Curvas.....	24
CAMPO DE VISÃO.....	30
PONTOS DE REFERÊNCIA .....	34
INTRODUÇÃO À DIRIGIBILIDADE .....	36
ADERÊNCIA DOS PNEUS.....	37
Ângulo de Derrapagem .....	37
Pilotagem Suave e Aderência.....	39
Pressão Aerodinâmica e Mecânica.....	39
Resumo.....	40
TRANSFERÊNCIA DE PESO.....	41
O Que Faz a Transferência de Peso? .....	42
Como a Transferência de Peso Pode Ser Minimizada? .....	43
Distribuição de Peso do Veículo .....	43
Alterando o Centro de Gravidade.....	44
Transferência de Peso e os Componentes da Suspensão .....	44
PRESSÃO DO PNEU.....	46
Ferramentas .....	47
Medindo a temperatura do pneu.....	47
Começando "por algum lugar" .....	48
Ajuste Fino .....	51



# Escola de Pilotagem

Ajustando para a Temperatura Ambiente.....	52
Otimizando a Performance do Pneu .....	52
Otimizando a Temperatura do Pneu .....	53
Otimizando a Área de Contato .....	53
Corrida em pista versus AutoCross .....	55
Tração Dianteira e a Pressão dos Pneus .....	55
<b>MOLAS .....</b>	<b>57</b>
Qual a função da mola? .....	57
Rigidez da Mola .....	57
Curso da Suspensão e Rolagem da Carroceria .....	58
Resistência à Rolagem .....	58
Rigidez da Mola Para Uso em Competição e Na Rua .....	60
Usando Molas para Rebaixar o Carro.....	61
Outra Opção: Kits Mola-Amortecedor .....	62
Resumo.....	63
<b>AMORTECEDORES .....</b>	<b>64</b>
Resumo.....	65
<b>BARRAS ESTABILIZADORAS .....</b>	<b>66</b>
Resistência à Rolagem .....	66
Roll Couple .....	67
Resumo.....	68
<b>BARRAS DE AMARRAÇÃO .....</b>	<b>69</b>
<b>TABELA DE AJUSTES.....</b>	<b>71</b>
Cenários de Testes.....	73



# Escola de Pilotagem

## Introdução



Esse texto tem por objetivo detalhar alguns aspectos referentes à pilotagem esportiva em autódromo de um carro normal de rua, que pode ter recebido algumas melhorias em sua configuração para aumento do desempenho na pista, mas que basicamente ainda mantém suas características para uso normal em rua (street-legal).

Primeiramente serão discutidas as técnicas de condução, abordando tópicos como a posição de direção do piloto, acionamento dos comandos (volante, câmbio, freio, acelerador etc), a busca do traçado ideal e a localização na pista (pontos de referência de frenagem, tomada de curva, tangência). Numa segunda parte serão abordados assuntos relativos aos ajustes que podem ser feitos no carro visando extrair sua máxima performance conforme as condições da pista no momento.

Todo o material deste texto é de propriedade do site TurnFast.com ([www.turnfast.com](http://www.turnfast.com)), tendo sido feita apenas a tradução e adaptação para a língua portuguesa. Se você possuir conhecimentos em inglês, recomenda-se que visite o site original. No começo de cada tópico foram mantidos os links para as páginas originais de modo a facilitar a consulta.

Esperamos que após a leitura deste texto você, aspirante a piloto, tenha adquirido uma boa base de conhecimento que certamente o ajudará a tornar mais rápido seu aprendizado, de modo a torná-lo competitivo em pouco tempo se você praticar disciplinadamente um a um dos fundamentos que tomar contato ao longo deste texto.

Bom divertimento!

## Comunicação na Pista



Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_intro/intro\\_protocol.shtml](http://www.turnfast.com/tech_intro/intro_protocol.shtml)

*A comunicação entre pilotos na pista é crítica para manutenção da segurança. Há umas poucas coisas sobre comunicação na pista e camaradagem que você deve conhecer e usar enquanto estiver praticando ou tentando tempo na pista.*

- **Não bloqueie um carro mais rápido** - Dependendo da pista, carros mais rápidos que o seu não necessariamente conseguirão passar você facilmente nas retas. Se um carro alcançá-lo nas curvas, mas você ainda consegue fugir nas retas, isso significa que o outro carro ainda é mais rápido que o seu no geral. Diminua na reta (sim, isso significa aliviar a aceleração) e deixe o outro carro passar.
- **Levante seu braço para avisar que você está mais lento que o normal para aquele trecho** - Se você estiver desacelerando mais que o normal em algum lugar onde não deveria (problemas com o carro, sujeira na pista, ou um carro com problemas à frente, ou ainda se você estiver entrando nos boxes), levante seu braço direito de forma que sua mão seja visível pelo pára-brisa traseiro. Se você estiver só tirando o pé do acelerador antes do ponto, toque o pedal de freio apenas para acender as luzes de freio.
- **Saia do traçado se o seu carro tem problemas** - Se você está tendo problemas com o carro, ou vai entrar nos boxes, dirija fora do traçado. Isto é, não continue dirigindo na mesma linha que estaria se estivesse correndo. Fique fora do caminho dos outros carros conduzindo por onde eles normalmente não estariam.
- **Deixe os outros carros saberem quando podem passá-lo** - Durante as tomadas de tempo normalmente não se ultrapassa em curvas, então é importante comunicar aos outros pilotos que você sabe onde eles estão e precisa passar. Mesmo não havendo ultrapassagem em curvas você deveria desenvolver o hábito de verificar os espelhos. Alguém pode estar com problema de freios, ou então pode simplesmente achar que você ia deixá-lo passar antes da curva. Quando você vir alguém querendo passar, acene sua mão e aponte o lado por onde você quer ser ultrapassado. Se a ultrapassagem será feita pela direita ou esquerda depende de alguns fatores. O grupo onde você corre deveria ter regras bem claras sobre isso. Usualmente a regra mais segura é o carro que vai ultrapassar sair do traçado. O carro mais lento segue pelo traçado. Em corridas onde muitos pilotos não tem experiência, o carro mais lento pode não ter percebido o carro mais rápido, e essa regra evita acidentes por causa de má comunicação.
- **Dentro ou fora da pista, nunca dirija no sentido inverso** - Quando você rodar e sair da pista e quiser voltar aos boxes, nunca dirija contra o fluxo do tráfego nem na pista nem fora dela. Mesmo que a saída mais próxima esteja apenas alguns metros atrás, continue no fluxo do tráfego até a próxima saída - mesmo que tenha que dar toda a volta no circuito. Se o seu carro estiver danificado, fique parado até a sessão ser interrompida. Você não quer terminar numa posição pior, e você não quer largar peças ou líquidos pela pista, ou aumentar os danos tentando andar com o carro.

## Técnicas de Pilotagem



Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_intro/intro\\_technique.shtml](http://www.turnfast.com/tech_intro/intro_technique.shtml)

*Dirigir na pista é exatamente isso - dirigir. Independente do carro que você está usando, você pode aprender e aperfeiçoar as técnicas de pilotagem de corrida. Leva tempo para aprimorar essas técnicas, e todas elas não podem ser aprendidas ao mesmo tempo. Entretanto, se você praticar pacientemente as técnicas básicas, será capaz de superar até aqueles com carros melhores que o seu.*

Para muitos pilotos iniciantes, há uma grande tentação de sair e dirigir pela pista o mais rápido possível. Martelando o acelerador e cravando os freios, você vai perceber que quando conseguir fazer com que a traseira do carro fique escorregando pelas curvas, você está detonando. Só que não é bem assim...

Se você quer realmente aprender a dirigir, e ser realmente rápido por toda a volta, você terá que se concentrar nas técnicas básicas primeiro, então se concentrar em usar essas técnicas juntas para ser mais rápido. Pilotar não é diferente de ser muito bom em qualquer outro esporte ou arte - você precisa ter uma sólida formação das técnicas básicas, e leva tempo para aprendê-las.

Abaixo, nós identificamos algumas das técnicas básicas, e as colocamos na ordem que devem ser praticadas. Cada uma dessas técnicas serão descritas e ilustradas em detalhes nos próximos textos.

- **Heel/toe** (no Brasil conhecido como **punta-taco**, técnica de reduzir as marchas usando freio e acelerador ao mesmo tempo com o pé direito) - pratique essa técnica na pista e nas ruas até que se torne sua própria natureza. Aprenda essa o mais rápido possível, a boa frenagem e contorno de curva começa pelo punta-taco.
- **Pontos de referência e campo de visão** - se você não está olhando para onde você quer ir, você provavelmente não irá até lá quando precisar. Na pista e nas ruas, pratique selecionar pontos de referência fixos para freada e tomada de curva, e continue praticando mantendo seu campo visual tão mais à frente quanto possível (olhar adiante).
- **Freada no limite e turn-in (tomada de curva)** - frear no limite significa usar o máximo de força possível nos freios sem travar as rodas. Isso permite que você se aproxime da curva com a máxima velocidade até onde for possível antes da tomada da curva. Entretanto, você não pode passar do ponto, já que isso reduzirá sua velocidade de entrada na curva. Zonas de freada super curtas por si só não reduzem o tempo da volta tanto quanto a velocidade constante na curva. Uma freada no limite eficiente inclui um turn-in suave e rápido. Eles devem ser praticados juntos, mas não faça isso no trânsito da rua.
- **Aceleração no limite** - isso é acelerar no limite da tração antes que as rodas motrizes comecem a patinar. Esta técnica é aplicada na saída de curva. Para atingir a velocidade mais alta possível na reta, você precisará o máximo de potência possível no asfalto o mais cedo possível. Patinar reduz a transferência de potência dos pneus,

pode superaquecê-los e fazê-los perder aderência, e com pneus macios (soft) irá desgastá-los prematuramente.

- **Contorno de curvas** - no final das contas, andar rápido é fazer bem as curvas. Você provavelmente irá querer estudar e experimentar traçados diferentes pelas curvas desde já, mas até que você se sinta confortável com as quatro técnicas citadas acima, você não estará pronto para usá-las ao mesmo tempo para conseguir o máximo de performance no contorno de curvas. Estude tudo que já foi escrito sobre contorno de curvas, e releia tudo de novo periodicamente.

Há muito mais técnicas para aprender, mas essas são as mais importantes para se concentrar no início. A maior preocupação em aprender qualquer conjunto de técnicas é que você tem frequentemente que praticá-las devagar, e gradualmente aumentar a velocidade até que elas se tornem a sua segunda natureza. Não se preocupe em mostrar aos outros o que você pode fazer ou tente marcar novos recordes de volta na sua primeira visita à pista. Leva muitas sessões de treinos só para se sentir confortável, e muitas mais até o ponto onde você realmente terá otimizada sua performance em cada sessão.



## Volante

Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_driving/driving\\_steering.shtml](http://www.turnfast.com/tech_driving/driving_steering.shtml)

*O volante é onde você recebe a maior parte das informações que os pneus dianteiros, suspensão e freios enviam sobre a superfície da pista. Apesar do volante parecer simples, para máximo controle e suavidade, há certamente algumas técnicas que você deve conhecer.*

Suas mãos passarão um bom tempo no volante, então tanto para o conforto quanto para a sensibilidade, a sensação tátil do volante em suas mãos é importante. Dependendo do tamanho da sua mão, você pode querer um volante que seja mais grosso ou mais fino. O estilo exato, tamanho e construção é uma decisão sua. Se você está pensando em trocar seu volante atual, escolha um que seja confortável quando você segurá-lo vestindo suas luvas de pilotagem.

### Posição das mãos no volante

A posição adequada das mãos no volante é com as mãos nas posições das 9 e 3 horas (ou 9 e 15, 15 para as 3, como preferir). Ao contrário da posição "10 para as 2" que você aprendeu na auto-escola, você tem uma gama de movimentos e controle muito maior com suas mãos nas posições das 9 e 3 horas. As palmas devem cobrir a parte externa do aro do volante, com os polegares circundando o aro e repousando em cima do raio do volante. A base da palma da mão deve estar posicionada de forma a aplicar uma leve pressão na parte da frente do volante para estabilizar os movimentos do seu braço - não deixe seus polegares fazerem toda a estabilização. A maioria dos volantes esportivos atuais são desenhados para as posições 9 e 3 horas, com locais esculpido para os polegares.

A "pegada" deve ser relaxada - apenas firme o suficiente para manter o controle e bom contato para a sensibilidade do tato. Uma pegada com muita força cansará suas mãos e braços rapidamente, e mais importante, reduzirá significativamente a sensibilidade às vibrações necessária para sentir o limite de controle do veículo.

Apesar de ser uma tendência natural agarrar o volante com força durante as curvas, esse excesso de pressão não vai aumentar a aderências dos pneus! Entretanto quanto mais relaxada a pegada (sem perder o contato com o volante), mais você terá a noção desse aderência. É necessário aprender a manter esse relaxamento (na verdade, do seu corpo inteiro) durante as altas forças G em curvas, e você deve se forçar a aprender tão rápido quanto possível. Isso vai aumentar sua sensibilidade ao limite de aderência, e melhorar sua reação ao comportamento do carro.

Uma coisa para praticar para assegurar que suas mãos, braços e ombros estão relaxados antes de entrar numa curva é respirar fundo durante a reta imediatamente anterior. Respire fundo, relaxe seus músculos, e expire. Outra coisa a fazer quando você está numa reta longa o suficiente e sem carros por perto, é relaxar uma mão de cada vez e mexer os dedos (deixando a palma e o polegar no volante). Fazer isso com frequência evitará câibras nos músculos da mão, pulso e antebraço.

## Controle do Volante

Quando estiver entrando na curva, "empurre" o volante com a mão oposta à curva (mão esquerda para curva à direita), e estabilize o volante com a outra mão. Empurre a direção até as 12 horas ao invés de puxá-la até as 6 quando estiver virando. Para grandes movimentos do volante como uma curva de 90 graus, o braço que empurra tem mais controle porque o pulso mantém uma posição firme. O pulso oposto fica muito dobrado e não permitirá um controle suave. "Puxar" o volante funciona para pequenos movimento de volante, como para mudar de lado na pista, onde a ação está limitada a um movimento do pulso, e não do braço todo. Se você é um "puxador" por enquanto, vai precisar de um pouco de treinamento até que isso se torne confortável, mas a longo prazo você se tornará um piloto que dirige com suavidade.

Um dos pontos críticos para maximizar a velocidade nas curvas é a suavidade no controle do carro que vem a partir de movimentos suaves da direção. Se o carro deve percorrer um arco numa trajetória suave e consistente, então o movimento do volante também deve ser suave e consistente. A utilidade dessa suavidade é maximizar a aderência dos pneus. Para entender isso, pegue uma folha de papel e coloque um livro sobre a folha. Puxe o papel lentamente através da mesa e gradualmente aumente a velocidade. O livro continua sobre o papel. Agora, comece a arrastar a folha de novo, mas de repente de um puxão no papel. O livro perde aderência e escorrega pela folha. Nós falaremos mais sobre esse efeito nos pneus, mas por enquanto o movimento de arrastar a folha é igual a maneira que você move o volante. A aderência dos pneus é significativamente influenciada por sua habilidade de fornecer uma mudança de direção suave. Movimentos rápidos do volante serão como o puxão do papel e o pneu vai escorregar. O piloto mais suave terá mais tração, e atingirá velocidades em curva mais altas.

É comum pensar que você está contornando a curva suavemente, quando na verdade você está fazendo um raio menor, mais apertado e mais irregular do que precisa. O replay da volta pode ser uma grande ajuda para observar o seu traçado, e reconhecer onde você precisa ser mais suave. Uma dica típica de um piloto que precisa ser mais suave é quando o carro tem a tendência de sair de frente (*understeer*) durante a primeira metade da curva. Quase sempre isso acontece mais por falta de suavidade do piloto do que por problemas no ajuste do carro.



A posição correta das mãos são 3 e 9 horas com os polegares circulando o aro e apoiados no raio do volante, as palmas encobrem o lado externo do aro e a base da palma aplica uma leve pressão na frente do volante. A pegada deve ser relaxada - apenas forte o suficiente para controle e boa sensação tátil.



A maioria das curvas pode ser contornada sem mover as mãos da posição 9 e 3 horas. Isso permite aos seus braços um pouco mais de 180 graus de giro do volante. Observe nessa foto que o polegar da mão direita é mantido debaixo do raio do volante. Isso permite uma estabilidade extra.



Se uma curva requer um pouco mais do que 180 graus de giro do volante, a seguinte técnica permite maior controle. Isso deve fazer com que o carro faça curvas lentas, apertadas ou de 90 graus. Vamos ver um exemplo de curva à direita. Logo antes da curva, alivie a pressão da mão direita e deslize-a até a posição das 11 horas (não tire sua mão do volante). Isso coloca as mãos próximas no início da curva.



Mantenha ambas as mãos próximas, e continue a curva. Essa posição das mãos permite em torno de 260 graus de giro do volante, colocando a mão direita próxima às 6 horas.



Quando retornando à posição inicial, deixe ambas as mãos firmes no volante até que a mão direita atinja as 3 horas. Afrouxe a mão direita e deixe a mão esquerda trazer o volante de volta à posição normal, e permita que o volante escorregue pela mão direita.

Para cotovelos ou hairpins, você precisará usar uma ação mão-sobre-mão. Alguns pilotos gostam de iniciar um grande movimento de volante como esse colocando a primeira mão na posição das 6 horas, e girando 360 graus antes de usar a outra mão. Isto parece simplificar a ação, mas tem o inconveniente de manter apenas uma mão no volante por algum tempo. O controle não será tão suave, a sensibilidade será reduzida à metade e numa situação de tráfego, a habilidade de manter o controle se for tocado por outro carro estará reduzida. Movimentos menores e repetidos de mão-sobre-mão são melhores nessa situação.

## Trocas de Marchas



Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_driving/driving\\_shifting.shtml](http://www.turnfast.com/tech_driving/driving_shifting.shtml)

*Você pode pensar que trocar de marcha é algo que qualquer descerebrado faz, mas em um esporte onde a diferença da vitória pode estar em um centésimo de segundo, cada detalhe conta. Esta discussão é sobre como usar a alavanca de câmbio, e aqui presumimos o uso do câmbio normal em H de um carro de rua.*

Muitas pessoas adquirem dois maus hábitos na rua quando usam o câmbio. O primeiro: Hollywood ensinou todo mundo que é legal sempre deixar sua mão direita em cima do pomo da alavanca de câmbio. Errado! É melhor você amarrar sua mão atrás das costas que deixá-la em cima da alavanca. Sua mão pertence ao volante - sempre. Quando você precisar trocar de marcha, troque, e coloque sua mão de volta no volante. Nem mesmo pouse a mão sobre a alavanca por uns poucos segundos antes da troca só para "ir adiantando". Cada vez que a sua mão deixa o volante você perde 50% da resposta tátil e 50% da sua capacidade de controlar o carro. Se você está correndo com outros carros à sua volta, você nunca sabe quando pode levar um toque. Mesmo correndo sozinho, uma falha mecânica pode causar problemas de dirigibilidade. Você irá desejar ter as duas mãos no volante quando isso acontecer.

O segundo mau hábito que algumas pessoas têm é trocar de marcha usando excesso de força. Agarrar a alavanca com muita força, e cravar a próxima marcha irá na verdade aumentar seu tempo de troca de marcha e causar desgaste excessivo do câmbio. Trocas de marchas adequadas são feitas com o contato da palma da mão na parte superior do pomo da alavanca de câmbio, e um movimento suave mas rápido de uma marcha para a outra. Nós repetimos - toda troca de marcha bem feita é executada com a mão aberta e pousada sobre o pomo da alavanca, não agarrando-a como o manche de um avião de caça.

Para trocar de marcha de cima do H para baixo, comece colocando sua mão em formato de concha. Coloque a palma da mão sobre o pomo da alavanca de câmbio. Usando a parte de baixo dos dedos e a sua palma contra o pomo, use um movimento reto e suave para levar a alavanca até a próxima marcha. Presumindo que a alavanca tem um curso curto, a ação envolve seu pulso para a maior parte do movimento. Não tente forçar ou atirar a alavanca mais rápido do que ela quer ir. Se você está fechando a mão e movendo seu braço inteiro desde o ombro, você está usando força demais.

Para trocar a marcha de baixo do H para cima (em linha reta), novamente coloque a mão em forma de concha. Dessa vez quando você colocar a mão sobre o pomo, o ponto de contato é a base da palma da mão. Inicie com o pulso ligeiramente dobrado para cima. Empurre a alavanca usando a base da palma em uma linha reta usando seu pulso como uma extensão da base da palma enquanto continua com um leve empurrão do braço. Essa troca de marcha usa mais o movimento do braço que do pulso.

Quando a mudança de marcha atravessa o H, como ao trocar da segunda para a terceira marcha, não tente fazer com a mão o movimento semelhante ao trajeto sugerido pelo H. A ligação precisa muito pouco esforço para cruzar pelo neutro. Sua troca de marcha deve ser quase uma linha reta na diagonal. Fazer o zigue-zague pelo neutro vai aumentar o tempo da troca.

Usar um controle leve e suave não significa fazê-lo devagar. Um movimento leve da alavanca permitirá que a ligação do câmbio se faça através do seu movimento natural. Se você for brusco no movimento, acabará forçando a ligação do câmbio e encontrará mais resistência que aumentará o tempo da troca de marchas. Prefira usar o máximo de movimento de pulso ao invés do braço inteiro.

Alguns de vocês podem estar tentados a aprender técnicas de "troca rápida" - trocar de marcha sem usar a embreagem - com o interesse de ganhar tempo. Várias escolas e pilotos profissionais já mostraram muitas vezes que não há vantagem no tempo da volta e aumenta em muito o risco de quebra do câmbio.



**Troca de marcha do cima para baixo:** com a mão em concha colocada sobre o pomo da alavanca com os dedos e a palma da mão fazendo contato. Guie a alavanca rapidamente, mas sem usar a força do braço. Empurre-a, não a atire. O movimento é principalmente do pulso. Se você está fechando a mão em torno da manopla como no manche de um avião de caça, você está na verdade aumentando o tempo da troca.



**Troca de marcha de baixo para cima:** use sua mão para cobrir o pomo da alavanca, e usando a base da palma, empurre a alavanca para a próxima posição. Esta troca envolve mais movimento do braço do que a troca de cima para baixo, mas novamente - sem engasgos ou movimento de corpo - o câmbio é um mecanismo de precisão, não um adversário de luta.

## Pedais



Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_driving/driving\\_pedals.shtml](http://www.turnfast.com/tech_driving/driving_pedals.shtml)

*Esta seção cobre o básico sobre o uso, desenho e layout dos pedais, e prepara para a discussão da técnica do punta-taco.*

Quantos pedais existem? Você falou quatro? Num carro com transmissão manual existem quatro pedais:

- Acelerador
- Freio
- Embreagem
- Descanso (ou pedal "morto")

O pedal morto é um apoio de metal fixado mais à esquerda para apoiar o pé esquerdo. Ele fornece um local para estabilizar a perna quando você não está usando a embreagem. Em um carro de rua sem um assento de corrida ou cintos de segurança de competição, o pedal morto é eficiente para segurá-lo no lugar durante as curvas, mas se você tem assento e cinto adequados, não adquira o hábito de se apoiar com força no pedal morto - relaxe e deixe o assento e o cinto fazerem seu trabalho.

A primeira coisa sobre o uso dos pedais é que eles são operados usando a sola do pé (a parte saliente logo atrás dos dedos) e não os dedos. Em segundo lugar, você deve estar apto a pressionar o pedal completamente com a sola do pé e ainda ter alguma curvatura no joelho. Você não tem o controle e sensibilidade necessários para a operação dos pedais se a perna está completamente esticada.

Cada pedal deve ser usado com suavidade. Golpear o acelerador ou o pedal de freio em especial causará bruscos deslocamentos no peso sustentado pela suspensão e irá desestabilizar o carro. Faça isso na hora errada e a perda de controle será inevitável.

Quando acionar tanto o pedal de freio quanto o acelerador, permita uma transição suave até a pressão total necessária. Isso não necessariamente significa fazê-lo de maneira lenta. Uma transição rápida mas suave e controlada é o que queremos. Evite súbitos e erráticos movimentos no momento de frear ou acelerar.

Uma das técnicas de controle usadas em corridas é a redução de marcha **punta-taco** (*heel-toe downshift*). Para maximizar a velocidade e suavidade através da curva, surge a necessidade de executar algumas acrobacias no cockpit e operar o volante, câmbio, embreagem, freio e acelerador todos ao mesmo tempo. O problema é que são cinco funções para executar e apenas quatro membros pra fazê-las. Alguém vai ter que fazer trabalho dobrado, e quem fará isso será seu pé direito.

Veja o tópico sobre redução punta-taco para os detalhes sobre essa técnica, mas resumidamente é isso: antes da entrada da curva, o pé direito precisará operar o pedal do freio e do acelerador ao mesmo tempo.

Há uma boa chance que os pedais no seu carro de rua não permitirão que você execute corretamente o punta-taco porque os pedais tornarão a manobra difícil, e você precisará

trocá-los. Existem kits que substituem seus pedais originais. Os pedais de freio e embreagem ficarão maiores para dar a você maior sensibilidade. O pedal do acelerador será maior mas também terá uma extensão no canto inferior esquerdo tornando mais fácil alcançá-lo durante as reduções de marcha. Alguns pedais cujo único propósito são deixar você na moda tem apenas abas dobráveis para segurá-los por cima do pedal original. Isso não serve para um carro que será usado em competição. Assegure-se de obter pedais de qualidade desenhados para serem rebitados ou aparafusados na placa de metal no lugar onde você tinha seus pedais de borracha originais.

Ainda, você pode precisar usar calços para elevar o pedal do freio ou do acelerador para permitir uma posição confortável quando operar ambos pedais. Os pedais de freio e acelerador devem estar próximos da mesma altura no momento que você precisar usá-los ao mesmo tempo. Quando o pedal de freio está completamente pressionado, sua altura deve ser praticamente igual a do acelerador não pressionado. Isto permite manobras de ponta-taco melhor controláveis.



Esses são os pedais típicos necessários em um carro com transmissão manual para executar o ponta-taco. Observe a extensão no lado esquerdo do pedal do acelerador. Isto torna mais fácil para o calcanhar alcançar o acelerador enquanto a ponta do pé aciona o pedal de freio. Note os furos de montagem que permitem que os pedais sejam rebitados nas placas de metal do carro.

## O Punta-Taco



Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_driving/driving\\_heeltoe.shtml](http://www.turnfast.com/tech_driving/driving_heeltoe.shtml)

*A redução punta-taco é fundamental para ganhar tempo no contorno de curvas. Durante o punta-taco, você estará controlando o volante com a mão esquerda, trocando de marcha com a mão direita, pisando na embreagem com o pé esquerdo e acionando simultaneamente os pedais de freio e acelerador - tudo exatamente ao mesmo tempo.*

Leva algum tempo para se acostumar, e é preciso muita repetição até que a manobra se torne automática. No início demanda uma grande concentração. Você está fazendo uma porção de coisas ao mesmo tempo. Além de estar usando todos os controles, você também precisa estar atento à aderência dos pneus durante a frenagem, procurando seus pontos de referência de curva, e para piorar, se você estiver na corrida, você pode precisar controlar o tráfego. Entretanto, após alguns finais de semana de prática, você terá pegado a mão da manobra e poderá se desligar das suas mãos e pés para se concentrar na pista.

Nas ruas quando você estiver se aproximando da esquina, você provavelmente foi ensinado a frear completamente antes da curva, percorrer a curva no neutro, e só então quando você começa a endireitar o carro depois da curva, reduzir a marcha e recomeçar a acelerar. Isso funciona na rua, mas é um procedimento absurdamente lento para a pista de corrida.

Em competição, o tempo gasto na transição da frenagem para a aceleração deve ser reduzido ao mínimo possível. Você está correndo! Você não quer gastar um monte de tempo enquanto troca de pedais (mesmo que seja apenas meio segundo). Para maximizar a velocidade e suavidade através da curva, é necessário executar algumas acrobacias no cockpit e operar o volante, câmbio, embreagem, freio e acelerador todos ao mesmo tempo.

Na pista, quando você se aproxima de uma curva, seu pé direito deixa o pedal do acelerador e pressiona o pedal de freio com a sola do pé. Antes do final da freada, você precisa trocar as marchas de maneira que ao liberar o freio você possa retornar imediatamente a aceleração. Quando a frenagem está quase completa, seu pé esquerdo aciona a embreagem, e sua mão direita reduz a marcha. Entretanto, enquanto você estava desacelerando, a rotação do motor caiu. Se você soltar a embreagem nesse ponto, o carro irá balançar bruscamente já que o motor funciona como um enorme freio. Se você estiver próximo do limite de aderência (onde você realmente deveria estar), você irá perder o controle do carro. Para evitar isso, alguma coisa deve elevar novamente o giro do motor até a rotação correta antes de soltar a embreagem. O pé direito é o que está mais perto, então é o eleito para cutucar o acelerador. Apesar do pé direito estar ocupado freando, você desloca seu calcanhar direito por sobre o acelerador e dá uma leve acelerada (também chamada de "blip") para girar o motor enquanto o pé esquerdo libera a embreagem (a ponta do pé direito continua no freio). A intensidade do blip e o momento de liberar a embreagem devem ser aperfeiçoados até que ocorra uma transição perfeitamente suave quando a embreagem reconectar o motor. Enquanto isso, o calcanhar é retirado do acelerador e a ponta do pé direito continua no freio, agora aliviando a pressão à medida que o carro se aproxima do ponto de tomada da curva. As reduções de marchas deveriam estar terminadas antes do final da frenagem, e antes da tomada da curva. Como o motor e a transmissão já estão conectados e a pressão no pedal de freio já está reduzida, a tomada de curva se dá quando o pé realiza uma suave transição de volta ao acelerador. No princípio apenas o

mínimo de aceleração necessária é aplicada para manter a velocidade inicial da curva, e então gradualmente aumenta ao sair da curva.

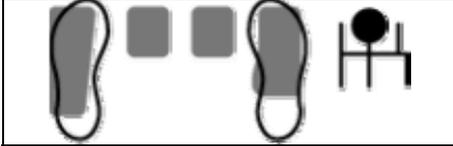
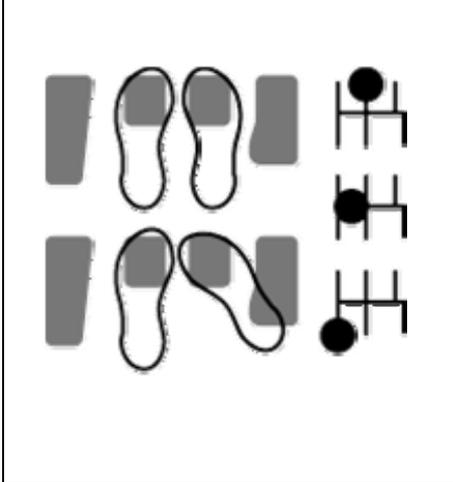
Revisando as etapas envolvidas:

- Tire o pé direito do acelerador e pressione o pedal do freio
- Um pouco antes do final da freada, o pé esquerdo aciona a embreagem
- A mão direita reduz a marcha (a esquerda continua no volante)
- O pé direito ainda está acionando, porém reduzindo a pressão no freio, e gira para que o calcanhar se posicione sobre o canto do acelerador
- O calcanhar direito pressiona rapidamente o acelerador para subir o giro do motor (a ponta do pé ainda está no freio, aliviando ainda mais a pressão)
- O pé esquerdo libera a embreagem, o pé direito fora do acelerador
- O pé direito termina a frenagem
- O pé direito escorrega de volta para o acelerador e retoma sua posição normal apenas para fazer alguma pressão de modo a manter a velocidade do carro através da primeira parte da curva. Então acelera para a saída da curva.

Toda a seqüência acima, da segunda a ultima etapas leva menos de meio segundo. Isso exige muito treino até acertar. A idéia geral é fazer a transição entre frenagem e aceleração quase sem perda de tempo e com perfeita suavidade. Executada corretamente, não devem acontecer trancos durante a redução e retomada da aceleração.

Outra observação sobre a descrição acima: nós presumimos o uso de um carro de rua, e uma transmissão de rua com marchas sincronizadas. Se você está usando uma transmissão de corrida sem sincronizadores, então você precisa modificar a seqüência de redução acrescentando o procedimento da dupla-embreagem. Para fazer isso, a embreagem é pressionada, o câmbio movido para o neutro e a embreagem liberada. Então o acelerador é cutucado com o câmbio ainda no neutro (sempre com o calcanhar enquanto a ponta do pé continua freando), a embreagem é acionada novamente, engrena-se a marcha mais baixa e a embreagem é liberada. Isso é necessário para preservar a transmissão. Se você pretende pilotar um carro de corrida com esse tipo de transmissão algum dia, é uma boa idéia praticar essa técnica de troca de marchas no seu carro de rua, apesar de tecnicamente não ser necessária.

## As Etapas do Punta-Taco

<p>A redução começa com aceleração total na aproximação da curva.</p>	
<p>Tire o pé direito do acelerador e pressione o pedal de freio.</p>	
<p>Um pouco antes do término da frenagem, o pé esquerdo aciona a embreagem.</p> <p>A mão direita executa a redução de marcha.</p> <p>O pé direito ainda está aplicando, mas aliviando, a pressão no freio quando o carro se aproxima da tomada da curva, então o pé gira de forma que o calcanhar se posicione logo acima do canto do pedal do acelerador.</p> <p>Quando a alavanca passa pelo neutro, o calcanhar pressiona rapidamente o acelerador para elevar o giro do motor (a ponta do pé ainda está no freio, aliviando ainda mais).</p>	
<p>O pé esquerdo libera a embreagem, o pé direito gira de volta para fora do acelerador. Executado corretamente, as RPMs geradas pelo blip atingem a rotação necessária, e quando a embreagem é liberada o motor conecta à transmissão suavemente casando com a velocidade das rodas. Não deveriam acontecer trancos quando a embreagem é liberada.</p>	
<p>O pé direito completa a freada liberando o freio suavemente.</p>	
<p>O pé direito move-se de volta para o acelerador na posição normal, no início apenas para manter a pressão necessária para sustentar a velocidade do carro na primeira parte da curva. Então a pressão e gradualmente aumentada para acelerar rumo à saída da curva.</p>	

## Frenagem e Aceleração



Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_driving/driving\\_braking.shtml](http://www.turnfast.com/tech_driving/driving_braking.shtml)

*O segredo para a boa pilotagem é a suavidade, e isso se aplica principalmente ao uso dos pedais de freio e acelerador.*

### Frenagem

Na rua, frenagem e aceleração são feitas a velocidades relativamente baixas se comparadas às capacidades do veículo. O limite de aderência dos pneus raramente é atingido. Claro, você pode abrir o gás e patinar os pneus no sinal, ou cravar os freios e arrastar os pneus um pouco, mas é muito fácil trazer o carro de volta ao controle.

Na chuva, ou especialmente na neve, você sabe que precisa ser muito mais suave e leve com os freios e acelerador. Se você perder o controle numa superfície molhada ou com neve, pode ser muito mais difícil retomar o controle. Há muito menos aderência no piso.

Frear e acelerar na pista durante a corrida, mesmo no seco, são executados como no piso molhado - leve e suavemente. Freio e acelerador são usados em conjunto com as curvas - você freia na entrada e acelera na saída. Por conta do objetivo de ter o carro contornando a curva o mais rápido possível, os pneus estarão utilizando o máximo da aderência disponível (executado corretamente eles deveriam estar usando 100% da aderência disponível). O piloto deve ser muito suave no uso dos freios na entrada da curva e também no uso do acelerador na saída. Uma mudança brusca na frenagem ou potência nesses pontos irá fazer o carro perder a aderência tão rápido como se você estivesse dirigindo sobre o gelo.

Trabalhar dentro do último 1% de tração significa que não há reserva disponível para usar para recuperar o controle do carro. Mesmo os profissionais raramente conseguem recuperar um carro que saiu de controle. Não é porque eles não sabem como, é porque não há mais aderência disponível para usar. É imprescindível aprender como ser suave com o freio e a aceleração de uma forma constante na pista.

Há três fases na frenagem. Primeiro, a freada inicia com uma rápida, mas não instantânea, aplicação do máximo de força de frenagem possível. Quão rápidos os freios podem ser acionados dependerá da suspensão do carro. Quanto mais duros os amortecedores e as molas, mais rapidamente a máxima frenagem pode ser aplicada. Molas macias permitirão significativo mergulho da frente do carro, o que irá requerer uma modulação da frenagem um pouco mais longa e mais suave para manter o carro estável.

Segundo, uma vez que o carro esteja apoiado nos pneus dianteiros, você estará tentando minimizar a distância da zona de frenagem, então precisará manter os pneus no limite de travamento. Você terá que prestar o máximo de atenção às vibrações no seu pé vindas do pedal de freio e nas suas mãos vindas do volante para sentir a pequena diferença (por isso sapatilhas de piloto são altamente recomendáveis. Você não vai sentir muito dos pedais usando Nike Shocks). O carro vai percorrer uma certa distância usando uma pressão no pedal do freio razoavelmente constante.

A terceira fase segue em direção ao final da zona de frenagem quando o veículo já foi desacelerado até próximo da velocidade final. Gradualmente alivie a pressão do pedal

fazendo a transição de pressão total para zero o mais suavemente possível. Durante a frenagem, os pneus dianteiros estão sob intensa carga o que aumenta a aderência disponível. Tirar o pé do freio de repente reduzirá a carga abruptamente e reduzirá o potencial de aderência dos pneus dianteiros, algo que é necessário para a tomada da curva.

A tomada da curva (*turn-in*) é um dos pontos onde o carro estará mais sensível a transferências de peso bruscas da mesma forma que se estivéssemos dirigindo sobre o gelo. Freadas indecisas precisam de um toque a mais no freio de última hora, ou uma tirada de pé repentina desequilibrará o manejo do carro e forçará o piloto a desacelerar para retomar o controle, isso se tiver sorte de evitar uma rodada.

Ao final da zona de frenagem, já sem o pé no freio, você terá que aplicar alguma aceleração para atingir um estado estável de nem aceleração nem desaceleração. Dependendo do contorno da curva, essa zona estável irá variar, mas com numa curva típica de tangência tardia (*late-apex*), deverá ser do ponto de tomada até logo antes do ponto de tangência.

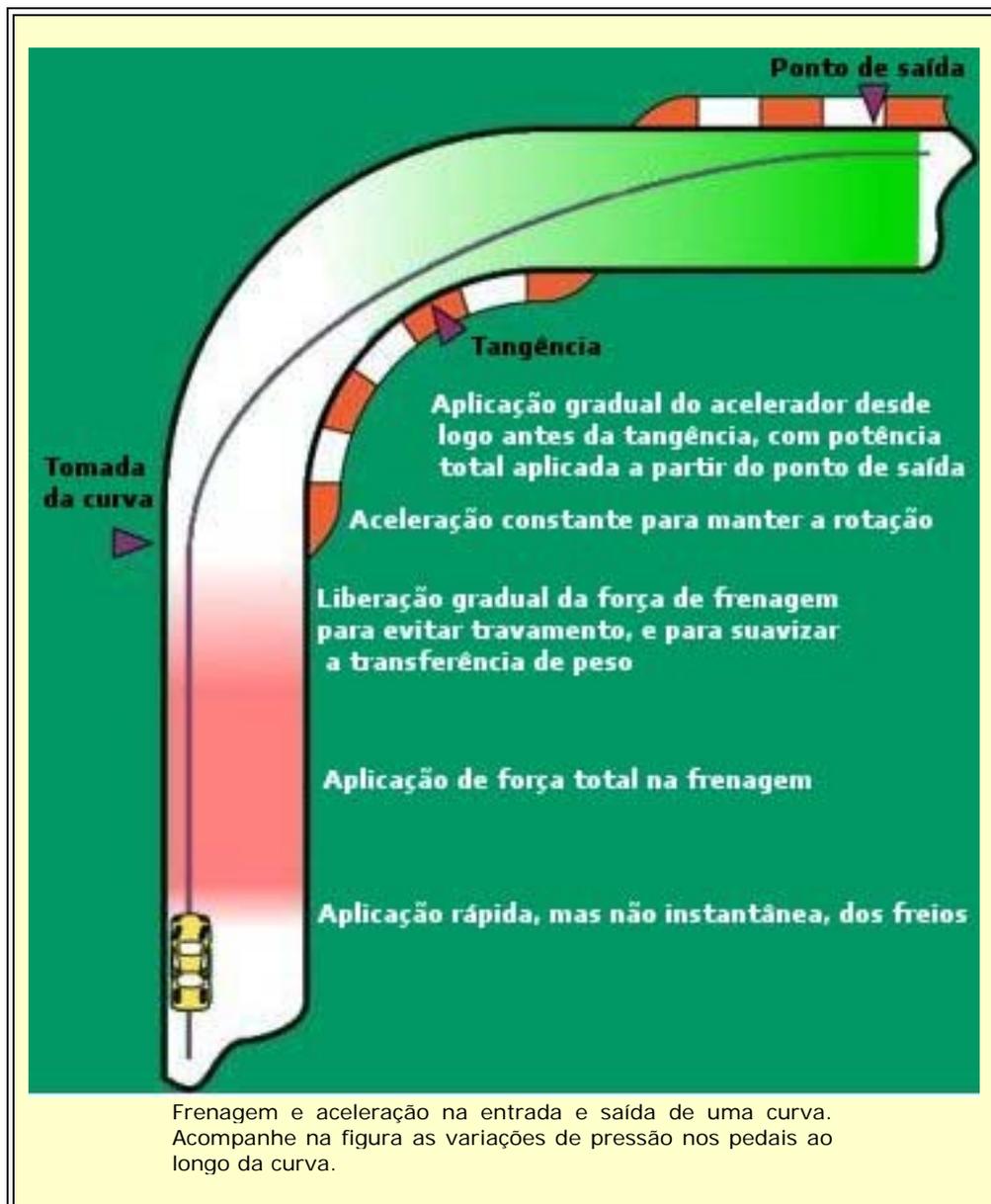
## **Aceleração**

Daqui até o ponto de saída (*exit point*) da curva, o uso do acelerador deve ser igualmente suave pelas mesmas razões citadas para a frenagem. Durante a curva, o carro estará estabilizado com uma certa carga em cada pneu. Uma mudança súbita nisso com o acelerador também pode desequilibrar a aderência disponível em um ou mais pneus e causar uma perda de controle. O uso controlado do acelerador é o cuidado em pressioná-lo e soltá-lo em movimentos suaves. Não faça mudanças bruscas na posição do pedal.

Num carro de rua normal, acelerar suavemente não é tão difícil quanto dominar a frenagem suave. No momento que o carro está andando um pouco mais rápido, a maioria dos carros de rua não têm potência suficiente para causar problemas sob a maioria das condições de aceleração. Mesmo os carros esportivos de fábrica ou carros de rua altamente modificados raramente tem mais que 400HP, e num carro pesando entre 1000 e 1500 Kg, isso não é excesso de potência para aprender a controlar. Um monoposto de corrida pesa entre 700 e 800 Kg e tem entre 700 a 900HP. Isso é em torno de cinco vezes a relação peso/potência do carro esporte de rua.

Saindo da curva, tão logo o carro comece a endireitar, gradualmente aplique mais potência à medida que o carro se alinha com a pista. Use uma pressão de pedal constante - pressionar e soltar o acelerador indeciso fará você ser mais lento que uma aceleração constante.

Já que a maioria dos carros de rua não são muito sensíveis ao controle grosseiro de potência (apesar de existirem algumas exceções), é fácil desenvolver maus hábitos com o acelerador. Apesar de você não precisar ser ultra suave para manter o controle, ter disciplina para desenvolver o controle suave melhorará seus tempos de volta e se acontecer de você ter a oportunidade de dirigir um carro de altíssima potência, você terá a habilidade de manter o carro apontando na direção correta.





## Contorno de Curva

Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_driving/driving\\_cornering.shtml](http://www.turnfast.com/tech_driving/driving_cornering.shtml)

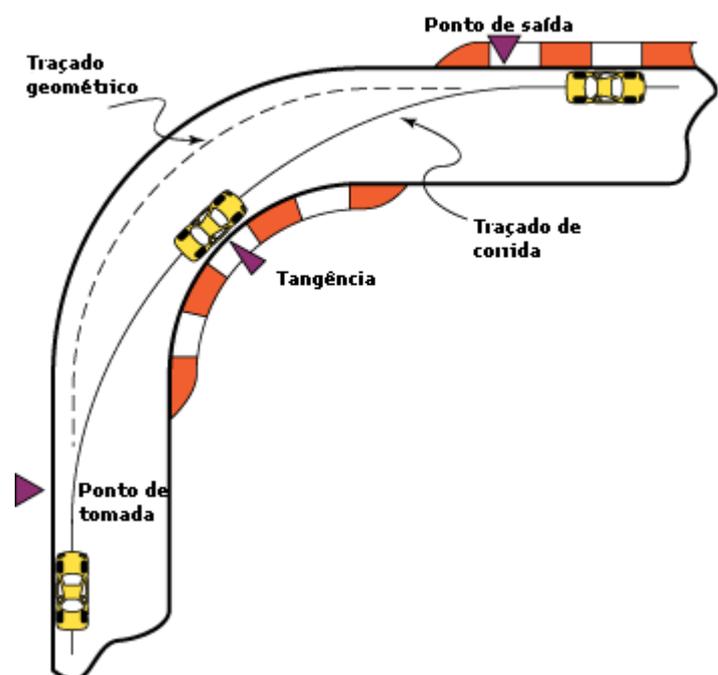
No final, o piloto que for capaz de manter a velocidade mais alta através das curvas é aquele que obterá os tempos de volta mais baixos.

Primeiramente, para tornar claro o entendimento, cada curva é composta por três partes. Vamos chamá-las de entrada (*entry*), tangência (*apex*), e saída. A entrada é onde a curva começa. A tangência é o ponto mais interno da curva que o carro atinge. A saída é onde o carro se alinha outra vez com a reta seguinte.

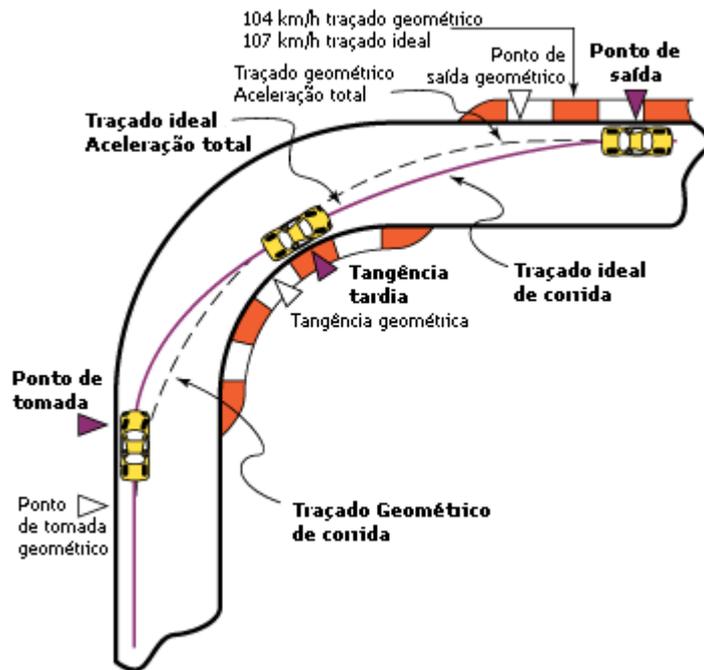
O objetivo ao contornar uma curva, ou uma série de curvas, é obter a máxima velocidade possível na saída da curva, ou na última curva de uma série. Não é necessariamente obter a máxima velocidade dentro da curva, nem mesmo a maior velocidade no meio da curva. A última saída de curva antes da reta é o segmento mais importante. A velocidade de saída determina a velocidade através e ao final da reta. Se você puder aumentar a velocidade média de toda a reta, isso causará maior impacto do que uma média mais alta durante o curto percurso desde a entrada da curva, ou através dessa mesma curva.

O traçado, ou linha (*line*) que você percorrer através da curva determinará a velocidade de saída. Em geral, a linha mais rápida de contorno da curva é aquela que permite o maior raio, ou o caminho mais reto. Como o carro pode andar mais rápido contornando uma grande curva do que uma curva fechada, o caminho mais curto através da curva raramente é o mais rápido.

Para ilustrar os conceitos mostrados até aqui, o ensinamento clássico é observar uma curva de 90 graus. Na figura ao lado, a linha pontilhada segue o traçado da pista. A linha sólida indica o caminho que maximiza o raio da curva, ou tenta tornar a curva tão reta quanto possível. Como você pode ver, há uma diferença significativa no traçado que segue a linha externa da pista comparado ao que utiliza toda a largura da pista.



Conforme vimos, o objetivo em qualquer curva é obter a velocidade máxima de saída. Em acréscimo ao aumento do raio da curva, também precisamos percorrer uma linha que permita retomar a aceleração o mais cedo possível. Para isso, o carro deve estar alinhando-se com a pista também o mais cedo possível. Nós podemos mudar a linha da curva mostrada acima um pouco mais para permitir isso.



A figura ao lado agora exhibe a linha de raio longo mostrada anteriormente na linha pontilhada. A linha sólida mostra um traçado conhecido como tangência tardia (*late apex*). Esse traçado desloca para mais adiante o ponto de tangência da curva. A tangência tardia endireita o caminho de saída do carro, dessa forma permitindo ao piloto retomar aceleração mais cedo. Isso aumenta a velocidade de saída e conseqüentemente expande a reta, o que levará a uma velocidade final maior ao término da reta.

Enquanto o traçado que usa a linha geométrica é mais rápido que a linha natural da pista, ainda existe uma técnica mais rápida para a maioria das curvas. A essa técnica chamamos tangência tardia (*late apex*). Atrasando o ponto de tomada (*turn-in point*), e começando a curva um pouco mais fechada, o carro pode ser apontado para a tangência (*apex*) mais além do ponto de tangência geométrico. Isso "endireita" a segunda parte da curva, permitindo ao piloto retomar aceleração mais cedo. O carro terá que estar um pouco mais lento no momento da tomada, mas a velocidade de saída de curva será maior. É essa velocidade de saída que dará ao piloto maior velocidade na reta que irá reduzir o tempo da volta.



Aproximando-se da curva junto à borda da pista para maximizar o raio. O ponto de tomada dessa curva é em torno de um carro passando o marcador do ponto de frenagem que você vê a frente do carro. Nesse ponto, a frenagem deveria estar quase completa e o piloto estará suavemente liberando os freios.



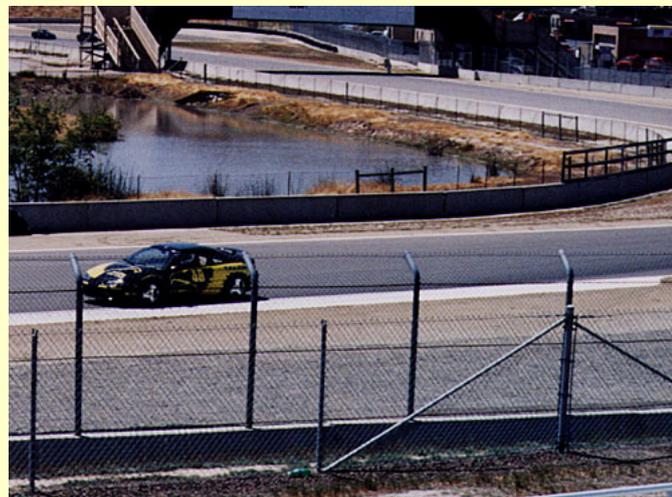
A meio caminho entre o ponto de tomada e a tangência. Aqui o piloto deve manter uma velocidade constante. Usando um traçado de tangência tardia, em torno de dois carros adiante na curva nessa foto, o piloto começa a acelerar.



A tangência desta curva é ligeiramente tardia como é o caso da maioria das curvas simples. A tangência é reconhecida pelo ponto em que o carro atinge o ponto mais interno da curva. Nesse ponto o piloto está quase com aceleração total. (Observe que o segundo carro abriu demais a trajetória, e provavelmente não tocará a zebra sem desacelerar muito).



Passada a tangência, o carro agora se dirige ao lado oposto da pista. Nesse ponto o piloto deveria estar em aceleração total.



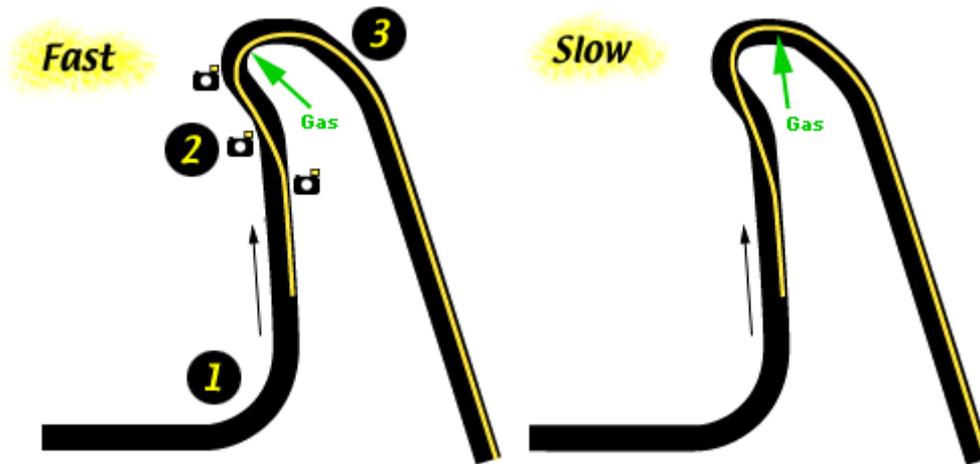
A saída da curva deve ser tomada tão aberta quanto possível. Se a zebra for baixa, e não muito escorregadia, use-a como parte da pista. Entretanto, tenha cuidado com zebras altas, elas podem jogar o carro fora da trajetória muito rapidamente.

Essa regra funciona para curvas que exigem forte aceleração na saída, que são a maioria. Entretanto, existem muitos tipos de curvas e seqüências de curvas que requerem alguma análise para definirmos a melhor trajetória. Adiante seguem figuras com exemplos de curvas com comentários sobre elas.

## **Seqüências Complexas de Curvas**

Nem todas as curvas podem ser tomadas com a linha clássica de corrida. Seqüências de curvas algumas vezes exigem um trato diferente para maximizar a velocidade de saída da última curva. Para cada figura a seguir, um trecho de pista será mostrado, a linha mais rápida indicada além de mais algumas linhas possíveis para que você veja qual a melhor.

## Exemplo 1



**Nota:** as câmeras mostradas na figura acima correspondem às 3 fotos adiante.

- Traçado Rápido (Fast)

O objetivo nesta curva é maximizar a velocidade de saída do hairpin. A reta depois do hairpin é mais longa que aquela logo após a curva 1, desse modo maximizar a velocidade de saída da curva 3 é mais importante que maximizar a velocidade de aproximação da curva 2.

Para isso, o piloto deve percorrer uma linha que permita aceleração mais cedo. Planeja-se o traçado analisando as curvas ao contrário (porque a maior prioridade é a última curva), o piloto deve fazer uma tangência tardia na entrada do hairpin para permitir aceleração mais cedo na saída (mostrado pela seta verde). Para atingir a velocidade mais alta possível na tangência tardia, a linha até a tangência deve ter o maior raio possível (o raio antes da seta verde). Para obter um raio longo dentro do hairpin, a curva 2 à esquerda deve ser tomada com uma tangência ainda mais tardia, permitindo ao carro percorrer a pista na sua extremidade mais a esquerda durante a curva 2, para então usar um raio longo para a tangência tardia do hairpin.

Este traçado cria uma curta reta entre as curvas 2 e 3. Dependendo da velocidade com que o carro sai da curva 1, a frenagem para a curva 2 provavelmente será bem curta. Adicionalmente, por causa da curva fechada do hairpin, será fácil acontecer uma saída de frente na entrada da curva por causa de uma tomada de curva muito fechada ou por não ter liberado os freios de uma forma suficientemente suave. Essa é uma seqüência de curvas muito apertadas e um erro comum é frear muito forte na pequena reta da curva 2, tirar o pé do freio rápido para a tomada do hairpin, e virar violentamente o volante. Isso leva a uma forte saída de frente, e deixa o carro significativamente mais lento.

Para maximizar a velocidade dentro do hairpin, é importante liberar os freios suavemente, e fazer uma tomada suave. Para acertar isso, a maior parte da frenagem deve ser feita antes da tomada da curva 2, então manter uma leve frenagem na tomada da curva 2, e liberar os freios durante a tangência da curva 2.

Entrar na pequena reta da curva 2 um pouco mais lento não vai custar tanto tempo quanto entrar rápido demais, sair de frente e fazer o hairpin muito aberto, além de atrasar o ponto de retomar a aceleração. Um erro desses custará muitos Km/h de velocidade final na reta seguinte.

- Traçado Lento (Slow)

Esse traçado pode ser o seu primeiro instinto. Ele permite velocidades mais altas na seqüência de curvas por fazer um percurso reto entre as dobras das curvas 2 e 3. Isso reduz a tomada inicial e adia o ponto de frenagem. Dará a sensação de estar muito mais rápido ao atacar as curvas, e aquele trecho será sem dúvida mais rápido do que a linha alternativa mostrada antes.

Entretanto, essa linha de entrada rápida causa uma tangência antecipada na curva a direita que leva ao hairpin. Uma tangência muito cedo empurra o carro em direção a parte externa da pista muito antes para obter velocidade através da parte inicial da curva. Depois disso, uma curva muito fechada depois da tangência é necessária para se manter na pista. Comparada a tangência tardia da segunda curva, isso força uma velocidade menor através do hairpin e retarda o ponto onde você pode retomar a aceleração. Este traçado é mais rápido para a curta distância dentro da curva 2, mas é muito mais lento durante a reta depois da curva 3.



O ponto de tomada para a seqüência de curvas. Você pode ver nesta foto como uma linha reta entre as curvas à esquerda e à direita seria possível. Entretanto, a tomada deve ser retardada, e a área da curva à esquerda ser usada para tornar o raio da curva à direita tão longo quanto possível.

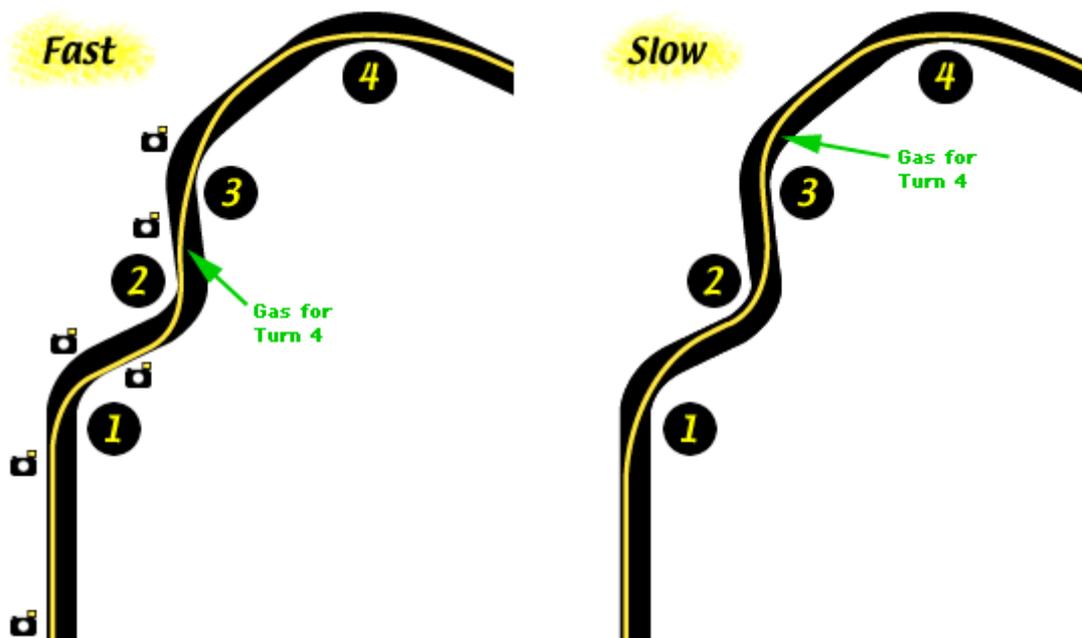


Usando uma tangência bastante tardia, e mantendo-se à esquerda da pista, a segunda curva pode ser tomada com um raio longo. Isso permite mais velocidade através da segunda curva.



Na aproximação da tangência tardia da segunda curva, o piloto aplica gradualmente mais aceleração à medida que vai atingindo a reta que vem a seguir.

## Exemplo 2



**Nota:** as câmeras mostradas na figura correspondem às próximas 6 fotos adiante.

- Traçado Rápido (Fast)

O objetivo nesse conjunto de curvas é maximizar a velocidade de saída da curva 3. A curva 4 pode ser tomada com aceleração total, por isso a velocidade de saída da curva 3 determina a velocidade através da curva 4 e da longa reta a seguir. Acertar essa seqüência de curvas começa com a tomada da curva 1. Ao contrário do traçado "normal", a curva 1 é tomada com uma tangência muito tardia para permitir que o carro permaneça na extremidade direita da pista após a curva. Isto posiciona o carro para tomar a curva 2 de maneira semelhante com uma tangência outra vez bem tardia mantendo o carro do lado esquerdo da pista. Isso coloca o carro por fim na posição correta para tomar a curva 3 com a linha de corrida habitual. Não apenas a curva 3 pode ser tomada com a linha clássica, mas também permite que a aceleração até a curva 4 comece antes da curva 3.

Esse é um bom exemplo da necessidade de "sacrificar" a velocidade máxima nas curvas 1 e 2 para maximizar a velocidade da curva 3 que é a mais importante. Algumas pessoas não concordam com o uso da palavra "sacrificar", e chamariam de priorizar curvas, ou "ajuste" para a curva 3. Não importa como você chame, você deve analisar seqüências de curvas como essa para compreender que o traçado rápido é o caminho correto, e que você deve domar seu instinto de voar através da 1 e 2 como mostrado no diagrama do traçado lento, que coloca o carro em uma posição completamente errada para a curva 3, e retarda o ponto onde o piloto deveria estar acelerando para a curva 4.

- Traçado Lento (Slow)

Essa linha é instintiva. Ela permite maior velocidade de entrada na seqüência de curvas adotando um traçado normal através da curva 1, mas imediatamente desacerta através das curvas 2 e 3, o que reduzirá substancialmente a velocidade do carro dentro da curva 4.





A saída da curva 1. Observe que o carro está posicionado na margem direita da pista.



A tomada da curva 2. Observe a tomada feita bem antes, para ter uma tangência antecipada.



Saindo da curva 2 com uma tangência muito tardia, mantendo o carro à esquerda da pista ajustado para a curva 3, que está no topo de um pequeno morro.



A saída da curva 3 no topo do morro permite a visão do ponto de saída na extrema esquerda da pista e a vista da curva 4.

## Campo de Visão



Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_driving/driving\\_visualfield.shtml](http://www.turnfast.com/tech_driving/driving_visualfield.shtml)

*Uma das primeiras coisas que lhe ensinaram quando você estava aprendendo a dirigir foi o princípio simples do "olhe para onde você quer ir". Também lhe disseram "não olhe para o tráfego que vem na contra-mão, olhe para os carros que estão à sua frente". "Não olhe para as faixas do asfalto, olhe para a pista entre elas". "Não olhe para a parede ao lado, olhe para a pista na sua frente". Todos são bons conselhos, e o mesmo vale para a corrida.*

Se você já praticou, ou pelo menos assistiu algum esporte, você percebeu que o jogador estava o tempo todo olhando para frente, e não para o que ele estava fazendo. No basquete, futebol ou hockey um jogador não fica olhando pra si mesmo dominando a bola. Ao contrário, ele olha para o lugar do campo onde ele quer ir ou mandar o passe. O campo de visão do jogador não é os poucos metros à sua frente, mas a quadra inteira à sua volta. Quanto mais da quadra inteira o jogador conseguir ver e acompanhar, maior será sua habilidade para evitar o adversário, planejar sua trajetória pelo campo e antecipar os movimentos dos outros.

A distância e amplitude do território que o jogador consegue acompanhar é chamado seu campo de visão. Isso requer a combinação de duas habilidades distintas. Primeiro, o jogador deve olhar muito mais à frente do que ele tem próximo de si. Ele tem que olhar onde ele queria estar, não onde ele está. Segundo, apesar do olho humano ter um estreito campo de foco (apenas uma pequena parte do que o olho vê está em foco), o jogador deve ter a capacidade de distinguir atividades em todas áreas que não estão em foco no momento.

Essas habilidades também são críticas para a pilotagem. Parece claro como elas se aplicam numa pista cheia de carros disputando posição, mas elas também são igualmente importantes para apenas um carro percorrer uma pista vazia na máxima velocidade possível.

Existe uma tendência do piloto iniciante focar-se no túnel de visão logo à frente do carro. É uma reação natural. A quantidade de informação que o piloto está processando pode ir além da sua capacidade, e é fácil fixar-se visualmente no que está acontecendo logo à frente do carro. Olhar bem mais à frente requer processar ainda mais informação. No princípio isso pode ser muito difícil, mas depois que o piloto transforma suas habilidade de troca de marcha, frenagem e controle de aderência em sua segunda natureza, ele pode gastar mais tempo expandindo seu campo de visão. Um exemplo prático dessas habilidades no dia-a-dia é quando você quer caminhar mais rápido que os outros por uma calçada cheia de gente. Pense em como você faz isso. Independente de você estar prestando atenção ou não, seu cérebro tenta antecipar o movimento das pessoas à sua frente. Comparando o ritmo da sua caminhada com a dos outros na calçada, seu cérebro calcula quando e onde "espaços" aparecerão para onde você pode se dirigir. Para que esses cálculos sejam feitos a tempo para ser úteis, você deve olhar para uma certa distância à frente de onde você está. Quanto mais rápido você quiser andar, para mais longe você terá que olhar. Se você estivesse olhando para o chão ou para poucos passos à frente, você andaria batendo freqüentemente nas pessoas. Você consegue um certo nível de movimento livre através da multidão olhando à frente e antecipando as mudanças de condições do ambiente, enquanto percebe o que está próximo com sua visão periférica. Seu corpo responde automaticamente ajustando a

velocidade e mudando de direção para os lados enquanto você desvia das pessoas que estão por perto.

A mesma técnica se aplica na pista. Um piloto não pode se concentrar no ponto que ele está na pista. Ele tem que se concentrar no lugar onde ele quer estar a seguir na pista. Para percorrer a linha mais rápida e suave dentro da curva, ou série de curvas, seu cérebro deve captar informação longe o suficiente na pista para calcular a linha mais suave e antecipar a quantidade de giro do volante e pressão no pedal necessários.

Percorrer uma curva consiste de quatro etapas, e requer que o piloto esteja olhando adiante de pelo menos uma etapa, as vezes duas etapas por vez. A primeira etapa é a área de frenagem (*brake point*) antes da curva. A segunda é a tomada de curva (*turn-in point*), a terceira é a tangência (*apex*) e a quarta é a saída (*exit point*). Se o piloto está concentrado apenas na fase atual onde o carro está, ele não estará dirigindo o mais suavemente e rápido possível através da curva. Cada etapa será como uma surpresa e será percorrida como uma seqüência irregular de quatro linhas ao invés de um único caminho fluido.

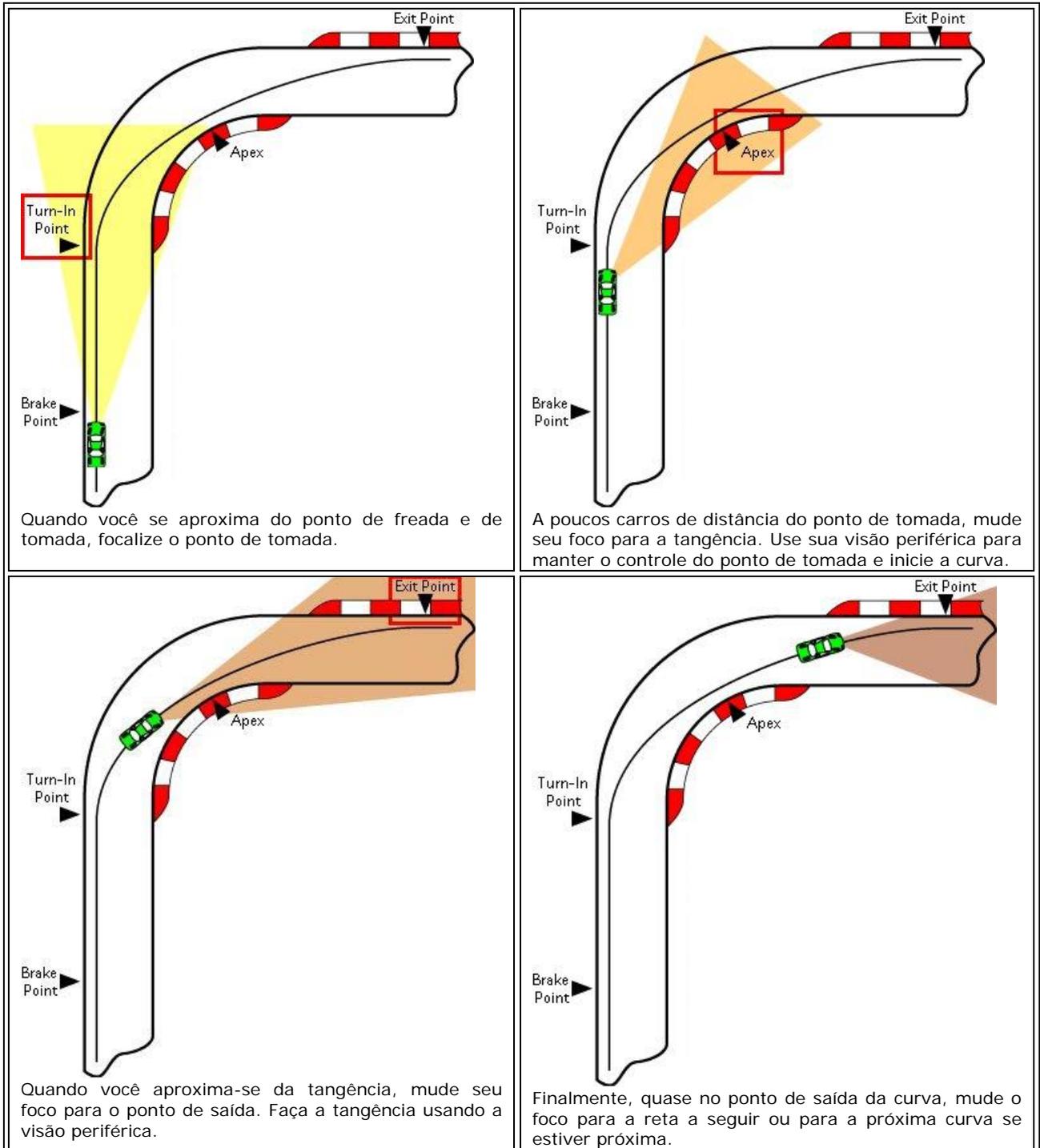
Para descrever o uso do campo visual expandido através da seqüência da curva, nós vamos descrever uma típica curva depois da reta. Quando você se aproxima da curva, seu foco estará no ponto de referência da freada. A uns poucos carros de distância antes de você atingir o ponto de freada seus olhos devem focalizar o ponto de tomada da curva. Com a sua visão periférica, você perceberá o ponto de referência da frenagem e acionará os freios. Seus olhos ainda estão focalizando o ponto de tomada, e enquanto você se aproxima e está a alguns carros de distância seus olhos agora estarão olhando para o ponto de tangência da curva. Mantendo seus olhos focalizados no ponto de referência da tangência, use sua visão periférica para perceber o ponto de tomada da curva e inicie o giro do volante nesse ponto. Agora, ao se aproximar da tangência, continue focalizando o ponto de referência até estar a uns poucos carros de distância, onde você mudará novamente o foco para o próximo ponto, que é o ponto de referência da saída da curva. Você fará a tangência olhando para o ponto de saída, não para o ponto de tangência. Ao aproximar-se do ponto de saída, seu foco agora se desloca para ver a reta a seguir, e você se valerá da sua visão periférica para conduzir o carro até o ponto de saída.

Em algumas situações como chicanes apertadas ou ésses, você pode precisar olhar para vários pontos de referência de curva, e os percorrerá quase que inteiramente com sua visão periférica.

Prestar atenção na sua visão periférica enquanto olha para outro ponto exige alguma prática - especialmente nas velocidades desenvolvidas na corrida. Se você já pilota há algum tempo, no início essa técnica pode torná-lo mais lento pela insegurança causada pelo uso da visão periférica. Entretanto, no momento que você se acostumar a isso, perceberá que atingirá os pontos de referência com mais precisão, e conseguirá alguns km/h a mais dentro de curvas que você achava que já estava fazendo no limite. Desenvolver essas habilidades pode tomar alguns finais de semana na pista. Entretanto, insista nisso. Desenvolva essa técnica primeiro, então seja mais rápido. No final você estará andando muito mais rápido.

Para praticar olhar à frente, tenha certeza que você está olhando através da parte superior do pára-brisa. Muitos instrutores de corrida vão até sugerir que você coloque um pedaço de fita adesiva no pára-brisa como um lembrete de que você deveria estar olhando por cima da fita, focalizando a pista bem adiante, até que isso se torne um hábito. Essas habilidades podem também ser praticadas no trânsito de rua. Através das esquinas ou das estradas

pratique manter seu ponto focal bem adiante de onde você está dirigindo, e "vendo" com sua visão periférica.



Esses são os quatro estágios de mudança de foco dos olhos através da curva. Antes de cada ponto de referência principal da curva, o piloto deve trocar o foco para o próximo ponto de referência. O ponto de referência atual é visto com a visão periférica. Aproximando-se do ponto de freada, o piloto focaliza o ponto de tomada. Antes de atingir o ponto de tomada, o

piloto focaliza em seguida o ponto de tangência. Logo antes da tangência, o piloto focaliza o ponto de saída, e então antes de atingir o ponto de saída, o piloto focaliza a próxima reta.



Nessa foto, observe como o piloto está olhando pela janela para o ponto de tangência e não logo à frente do carro.



Nessa foto, observe a posição da cabeça do piloto em relação a posição do carro. O carro ainda não atingiu a tangência, mas o piloto está olhando além do marcador da tangência, para o ponto de saída da curva. Você pode ver a sombra do outro carro na frente do carro de trás. Mesmo assim o piloto do carro preto não está olhando para o carro que está a sua frente, e sim para o ponto da pista onde ele quer estar.

## Pontos de Referência



**Página original:** [http://www.turnfast.com/tech\\_driving/driving\\_refcpoints.shtml](http://www.turnfast.com/tech_driving/driving_refcpoints.shtml)

*Para obter tempos consistentes, o piloto precisará um conjunto de pontos de referência para marcar as etapas de uma curva, de modo que a linha possa ser percorrida de forma idêntica a cada volta.*

Ao se aproximar de uma curva, o piloto precisa um ponto fixo para usar como referência para iniciar a tomada (*turn-in*). Adivinhar a cada vez ou "tocar de ouvido" vai garantir que o piloto tomará a curva muito cedo algumas vezes, e muito tarde em outras. O resultado são tempos de volta inconsistentes e mais lentos do que deveriam, e vai dar uma vantagem para os competidores mais consistentes. Para evitar isso, nas sessões de prática o piloto deve determinar rapidamente o ponto correto para iniciar a tomada e encontrar um ponto visual fixo para usar como referência.

A seguir vem o ponto de tangência (*apex*). Esse é o alvo que o pneu interno do carro deveria tocar ao atingir o ponto máximo dentro da linha da curva. Outra vez, sem um ponto fixo para atingir, serão obtidos tempos inconsistentes e mais lentos.

Por último, vem o ponto de saída (*exit point*). Esse é o alvo que o carro atingirá depois da tangência na extremidade oposta da pista e aponta perfeitamente para a reta a seguir, ou é direcionado para a próxima curva.

Em qualquer dos casos, o ponto de referência deveria ser um ponto permanente. Uma marca de pneu na pista não é bom. Outras marcas que aconteçam depois podem apagar a original. Da mesma forma, uma pedra, arbusto ou tufo de grama ao lado podem ser questionáveis se eles estiverem em condições de serem atropelados por algum carro que saia da pista. Você deveria olhar por marcas inconfundíveis da própria pista, se possível.

Algumas pistas têm placas na área de frenagem, ou têm marcadores como aqueles que existem nas estradas. Você deve iniciar a frear exatamente em um desses marcadores, ou a alguma distância antes ou depois.

No ponto de tangência, a maioria das pistas terá zebras. Quando encontrar o ponto de tangência certo, observe se é na metade, três quartos ou qualquer outro ponto da zebra e mire nesse ponto a cada vez.

O ponto de referência de saída pode ser o mais difícil de encontrar. Muitas pistas têm marcadores de saída como no ponto de tangência que podem ser usados, mas não todas. Você pode precisar procurar por outros pontos fixos fora da pista que o carro se alinhe, como postes de luz, árvores ou placas.

E sobre o ponto onde deve começar a freada? Existe alguma discussão sobre isso. Algumas pessoas sugerem que não deveria existir um ponto para o início da freada. A justificativa é que o ponto de tomada é o foco, e o piloto deve aprender a sentir onde começar a frear para obter a velocidade correta para a tomada. Assuma-se que algumas voltas serão mais rápidas que outras, porque o tráfego pode ter influenciado, e com todas essas variáveis, o foco deve ser colocado no ponto de tomada, não em procurar por um ponto de freada que pode ser muito antecipado para velocidades mais baixas. Essa é uma teoria válida.



# Escola de Pilotagem

---

Um dos atributos-chave da boa pilotagem é a consistência, e a chave para consistência são os pontos de referência. Durante a prática, classificação ou tomada de tempo, um ponto de referência de freada é tão eficiente para delimitar a potência do carro (de frenagem) quanto é o ponto de tomada (para aderência de entrada de curva), e o ponto de aceleração (para a aderência de saída de curva).

Um exemplo onde um ponto de referência de freada é indispensável é uma curva cega. Uma curva no topo de uma subida ou logo abaixo não é visível para o piloto durante a frenagem.

O debate sobre o ponto de frenagem não é importante. Fisiologicamente, seu corpo e mente precisam alguma referência para saber quando começar a frear, e como fazer aquela ação consistentemente. Para frenagem, o termo "ponto de referência" por si já descreve o uso. É um ponto de referência, e não será um alvo a ser atingido como são os pontos de tomada, tangência e saída. Se o piloto estiver na velocidade máxima antes da curva, ele precisará saber onde começar a frear. Se outra volta for mais lenta, ele saberá que pode iniciar a frenagem um pouco mais tarde. Independente de como é usado e se você o chama de ponto de referência ou não, ter um ponto ou referência para extrair o máximo de performance dos freios do carro para cada curva evita adivinhações.

## Introdução à Dirigibilidade



**Página original:** [http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling.shtml)

*Afinal, cada modificação e ajuste para obter melhor dirigibilidade (handling) visa extrair o máximo de trabalho daqueles quatro pequenos pontos de contato onde a borracha encontra a pista.*

Dirigibilidade de um carro de corrida é um assunto muito extenso e muito técnico, e nós não temos a pretensão de cobrir todos esses tópicos completamente. Essa série destina-se principalmente aos pilotos de final de semana usando predominantemente carros de rua, então nos concentraremos na física básica envolvida e na aplicação prática de peças para direção esportiva.

Se você está interessado em estudar profundamente a física e engenharia por trás da dirigibilidade de ponta, existem muitos livros excelentes sobre esse tópico, e você irá precisar dessas referências.

Não importa se você está apenas começando ou já tem alguma experiência de corrida, você vai precisar um entendimento básico da física envolvida no comportamento dinâmico do carro. Apesar de você poder ir às lojas e comprar as peças, você precisa entender o propósito de cada um dos componentes principais que afetam a dirigibilidade do carro, e como cada um deles interfere nos demais. Não faz sentido gastar centenas ou milhares de dólares em peças legais sem saber exatamente o que você pretende melhorar, ou como ajustá-las para máxima performance. Conhecer a física do carro e seu objetivo ajudará a saber quando aquela peça bacana descrita no artigo da revista ou na propaganda irá ajudar, ou quando ela precisa de algo mais ao mesmo tempo para ser eficiente.

Se você já gastou muito dinheiro em peças para seu carro e acha que ainda não conseguiu a dirigibilidade que pretendia, pode ser que o problema seja sua pilotagem, mas também pode ser que quando você instalou as peças (ou sua loja!?) não compreendia o que essas peças realmente fazem e como afetam o carro inteiro. O ajuste fino de um carro leva em conta o compromisso. Não existe um ajuste único que permita o máximo da performance em todas as pistas, ou mesmo em todas as partes de uma única pista. Para acertar isso, você terá que entender as forças e a dinâmica a que o carro é submetido durante a corrida e como as peças especiais as afetam.

Comece com o básico que nós apresentamos aqui. Compreendendo o que afeta a dirigibilidade do seu carro, você pode decidir quais as peças a substituir e que caibam no seu orçamento, e que também supram a necessidade das técnicas que você está desenvolvendo.



## Aderência dos Pneus

Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_tractn.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_tractn.shtml)

*Com dois carros iguais e com pilotos de mesmo nível, o carro mais rápido será aquele com maior nível de aderência dos pneus. Essa aderência ajuda na aceleração, frenagem e contorno de curva.*

Dirigibilidade vem da maximização da aderência dos pneus. Não importa quanta tecnologia o carro carrega, a base é que toda a capacidade de frenagem, aceleração e contorno de curva tem que ser obtida a partir das quatro pequenas áreas de borracha em contato com a pista. Pense nisso. Ignore completamente tudo sobre o carro com exceção de quanta borracha está em contato com o solo. Maximizar a performance dessas quatro pequenas áreas é o que significa "dirigibilidade".

Máxima aderência, obviamente, é afetada pelo desenho da suspensão, o tipo de pneu, seu composto de borracha, sua área de contato e muitos outros fatores. Uma vez selecionado o carro e seu pneu, ainda há a tarefa de obter o máximo rendimento desse pneu.

Peças que podem ajudar a melhorar a aderência do pneu incluem barras estabilizadoras, barras de amarração das torres das suspensões, molas mais duras, amortecedores ajustáveis, kits de alinhamento das rodas e outros.

Usados corretamente, esses itens são desenhados para maximizar a área de contato do pneu durante condições dinâmicas. Usados incorretamente, esses mesmos componentes irão na verdade prejudicar a aderência e a dirigibilidade em condições de corrida.

Outro fator relevante para a aderência, frequentemente não levado muito em conta, é o piloto. Um piloto experiente que tenha um controle muito suave do carro e alta sensibilidade ao limite de aderência do pneu pode melhorar o tempo da volta tanto quanto cada uma das peças modificadas, e é de graça. Entregue seu carro a um piloto profissional para uma sessão de 30 minutos e ele provavelmente irá melhorar seus tempos de uma maneira que você pensava que fosse impossível.

Para fazer isso, o piloto deve entender os pneus totalmente, como obter o máximo desempenho e treinar por tempo suficiente desenvolvendo a sensibilidade para saber como o pneu está se comportando em um determinado trecho da pista.

Três fatores determinam o potencial máximo de aderência de um pneu: o coeficiente de fricção do composto de borracha (mais macio é melhor), a quantidade de borracha determinada pela medida do pneu (mais é melhor) e a quantidade de pressão aplicada ao pneu (empurrar para baixo aumenta a aderência total disponível). Obviamente há um limite para tudo isso, e atinge-se um ponto onde não é mais possível melhorar.

## Ângulo de Derrapagem

Há dois fatores para atingir e sustentar a aderência máxima do pneu. Primeiro, o potencial máximo de aderência do pneu é alcançado quando há uma pequena derrapagem. Esta "derrapagem" é interpretada de maneiras diferente em frenagem, aceleração e curvas.

Durante a frenagem, o pico de performance do pneu é atingido quando o pneu está girando ligeiramente menos do que uma relação 1-para-1 da distância percorrida. Isto é, se o carro estivesse estável, e a roda girasse 10 vezes para cobrir uma determinada distância, a roda agora deveria girar talvez 9 1/2 voltas para atingir o pico de performance de derrapagem. É possível aprender a sentir o carro através do pedal de freio, volante e assento e perceber no pneu esse pequeno esforço extra de frenagem.

Em aceleração, o pneu deveria percorrer uma distância ligeiramente maior do que a real (girar um pouco mais rápido que o normal). Os pneus vão realmente derrapar; não muito a ponto de começarem a patinar, mas levemente durante toda a fase de aceleração. Quando você pode sentir essa derrapagem e controlá-la, é quando você está obtendo o máximo de aceleração que o carro pode fornecer.

Em curva, a derrapagem se apresenta quando as rodas são viradas ligeiramente mais do que o necessário para percorrer o caminho desejado (essa diferença é um ângulo e é de onde vem o termo "ângulo de derrapagem"). Para cumprir esse ângulo de derrapagem o carro deve estar escorregando ligeiramente durante a curva. Não uma grande derrapagem controlada, apenas uma pequena escorregada. No princípio isso pode ser bem desconfortável, já que você está começando a perder a aderência. De fato, esse é o ponto onde o carro atinge sua máxima aderência. A truque é se aproximar desse limite e não ultrapassá-lo. Se o carro não está escorregando nada, então ele não está indo rápido suficiente. Se está escorregando de uma maneira que pode ser percebida (saindo de frente ou de traseira), o pneu está sendo usado além do limite. A velocidade em curva será menor e o pneu irá se desgastar muito mais rápido.

Em todos os casos, nós enfatizamos o aspecto de escorregar "ligeiramente". Muito pouco, e o pneu não atinge o máximo de performance. Se o carro parece que está "andando sobre trilhos", então o carro não está sendo conduzido rápido suficiente. Até você sentir aquela pequena escorregada, você ainda pode ir mais rápido. Saber quando se aproxima aquele ponto sem excedê-lo exige uma grande quantidade de prática. Muita derrapagem e você excederá os limites do pneu e o pneu desliza excessivamente resultando em rodas travadas durante a frenagem, rodas patinando na aceleração e em escorregadas excessivas durante o contorno de curva. No final eles vão superaquecer, se tornarão escorregadios e se desgastarão muito mais rápido.

A quantidade de derrapagem necessária é diferente para cada pneu, mas nós estamos falando na faixa de 4 a 10 por cento. Em curva, o ângulo de virada do volante é talvez 5 ou 6 graus mais do que o necessário para negociar a curva. Entretanto, para evitar que isso gire o carro demasiado, ele precisa ser empurrado com a velocidade para gerar aquela escorregada adicional para compensação. Pneus de competição se comportam melhor com menos derrapagem do que pneus de rua. Se você aprender a correr com pneus de rua e mudar para pneus de competição, você terá que aprender a manear um pouco, e ser um pouco mais suave com o pneu de corrida.

Como esse conceito de derrapagem afeta sua pilotagem? Se você olhar os gráficos que ilustram o efeito da derrapagem na aderência, você verá que no pico de aderência existe realmente uma margem um tanto grande de derrapagem que irá gerar máxima aderência. Se você tende a dirigir na parte final daquela faixa, você atingirá boa performance de contorno de curva, mas estando perto do limite do pneu, você gerará mais calor e mais desgaste. Os pneus vão parecer ótimos por um tempo, mas irão se desgastar mais cedo e as últimas voltas da sessão vão ter uma performance ruim. Se você dirigir no início da faixa de pico de tração, a aderência se manterá constante por um período maior de tempo. Em

tomadas de tempo, você não verá muita diferença (exceto no custo de substituição dos pneus), mas em corrida, isso o deixará por mais tempo na pista em competições mais longas.

O momento em que você precisa dirigir no limite superior da faixa de limite da aderência é quando o pneu está frio, e você deve forçar o pneu um pouco mais para aquecê-lo mais rápido.

## **Pilotagem Suave e Aderência**

Mais um princípio para aprender. O ponto de máxima aderência do pneu não será percebido a menos que seja atingido gradualmente. Isso é verdadeiro para qualquer coisa que funcione por fricção e você encontra isso regularmente em eventos do dia-a-dia.

Imagine essa experiência. Coloque um pedaço de papel sobre a mesa, e um cesto de pães sobre o papel. Comece puxando o papel lentamente, depois gradualmente mais rápido. O cesto continua sobre o papel e é arrastado junto. A seguir, puxe o papel rapidamente. Ele vai sair debaixo do cesto deixando o cesto imóvel, ou movendo-o ligeiramente. Mesmo cesto, mesmo papel, mesma mesa. Qual a diferença? A aceleração das forças aplicadas. No seu carro, os pneus são o papel.

Direcione o carro suavemente dentro da curva e o pneu terá um nível mais alto de aderência. Gire o volante muito rápido e o pneu não manterá a aderência ao solo. Mesmo carro, mesmos pneus, mesma pista. A diferença é a aceleração das forças, ou a suavidade com a qual a curva é percorrida, as forças de aceleração e frenagem que são aplicadas. Mais suave é mais aderente.

O conceito de pilotar suavemente é a regra máxima para cada fator de melhoria da performance geral do carro. Todas as peças do mundo não vão corrigir um carro com um piloto que usa bruscamente o freio e o acelerador. Pilotos inexperientes com frequência culpam a falta de preparação do carro pela mau desempenho geral que são na verdade causados pelo estilo de pilotagem. Há várias histórias a sugerir que mesmo os profissionais têm esse costume. Seja honesto e analise sua pilotagem, ou peça a um instrutor experiente que a analise para você.

Um dos erros mais comuns do piloto novato é sair de frente (*understeer*) quando entra na curva. "Cara, meu carro escorrega terrivelmente na primeira metade da curva!" Há boas chances que o carro está bem, mas o piloto está freando muito tarde, com muita força e fazendo a tomada da curva com um movimento brusco de volante. Freie antes, libere os freios antes (e mais gradativamente), e entre na curva com um raio maior e mais suave. Isso possivelmente sanará o problema da saída de frente e muito certamente a reduzirá se o ajuste de suspensão não estiver ajudando.

Direção suave maximiza a aderência. Aderência aumentada dos pneus é o que permite uma pilotagem rápida. Nós repetimos - mais suave é mais rápido.

## **Pressão Aerodinâmica e Mecânica**

Outro fator que afeta a aderência dos pneus, apesar de não ter muita influência em um carro de rua é a carga vertical - a combinação das pressões aerodinâmica e mecânica. Tanto

quando aplicada por forças mecânicas (que é essencialmente a gravidade) ou por forças aerodinâmicas, a quantidade total de pressão para baixo no pneu afeta a aderência disponível. Para demonstrar, arraste um lápis-borracha suavemente sobre a mesa. Ele desliza facilmente. Agora o pressione para baixo e arraste-o. Há muito mais fricção. O mesmo vale para os pneus.

Essa demonstração simples pode levá-lo a pensar que deveria acrescentar peso ao carro para ganhar mais aderência. Entretanto, a experiência prática nos diz que carros mais leves geralmente têm melhor comportamento que os mais pesados. Acontece que enquanto mais peso sobre os pneus aumenta potencialmente sua aderência, também aumenta a quantidade de trabalho que eles precisam fazer. Em curvas, o pneu tem que manter um carro mais pesado na curva e dessa forma haverá uma força lateral maior. Se você colocar em um gráfico o aumento de aderência versus o aumento de carga baseado no acréscimo de peso, a carga de trabalho aumenta mais rápido que a melhora de aderência. Então pressão mecânica não é necessariamente o caminho para melhorar a aderência.

É por isso que a aerodinâmica tem desempenhado um papel importante em competição nas últimas décadas. Pressão aerodinâmica provê aquele empurrão para baixo que aumenta a aderência do carro, mas aquele empurrão não é traduzido em carga lateral que os pneus tem que lidar durante as curvas. Há melhora na aderência sem aumento de carga.

## Resumo

- Todas as modificações e ajustes para melhorar a dirigibilidade são feitos para melhorar a aderência dos quatro pontos de contato dos pneus com a pista.
- Pneus têm sua melhor aderência quando há em torno de 5% de derrapagem envolvida.
- Pilotagem suave é o fator mais importante para a aderência geral do carro. Todas as peças bacanas no mundo não corrigem a perda de aderência causada por um piloto brusco.

## Transferência de Peso



Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_weightxfr.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_weightxfr.shtml)

*Um tópico fundamental na discussão sobre dirigibilidade é a transferência de peso. Se você não compreender totalmente a transferência de peso, você não saberá como ajustar o carro para extrair sua máxima performance.*

Devido ao peso do carro, sempre existe uma certa quantidade de pressão mecânica exercida sobre cada pneu. Conforme visto no artigo sobre aderência dos pneus, essa pressão influi no potencial de aderência do pneu. Quando um carro está freando, acelerando ou fazendo curvas, a pressão mecânica, e conseqüentemente a aderência, sobre os pneus está mudando constantemente.

Essas mudanças são chamadas de "transferência de peso". Obviamente o peso do carro não está mudando, ou se movendo pelo carro, mas as forças sobre a área de contato do pneu estão mudando devido à inércia e impulso. Se você tivesse um conjunto de balanças embaixo dos pneus durante a pilotagem, você perceberia o que parece ser uma mudança constante de peso em cada pneu, daí o nome.

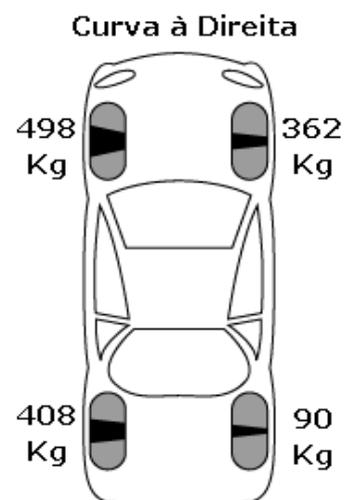
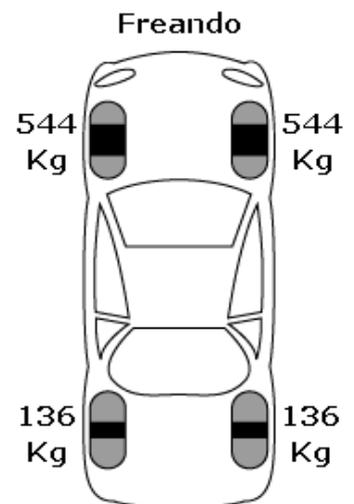
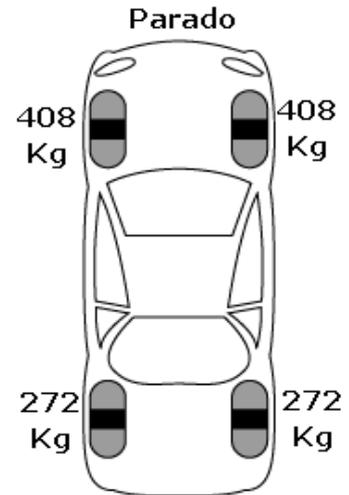
## O Que Faz a Transferência de Peso?

Observando as figuras, mostramos um carro normal de rua que pesa 1360 Kg (3000 lbs), e com uma distribuição de peso típica de um carro de tração dianteira, com 60% na frente e 40% na traseira. Vamos assumir que a distribuição de peso lateral é idêntica. Percebemos que quando parado, os pneus dianteiros suportam 408 Kg (900 lbs) e os traseiros 272 Kg (600 lbs) cada.

Cada vez que o carro muda de direção devido a frenagem, aceleração ou curva, cada pneu sofrerá um ganho ou perda de pressão mecânica, como ilustrado no exemplo. Essa transferência de peso tem significativo impacto na aderência. Infelizmente para nós, a soma líquida de aderência dos quatro pneus não permanece igual. O que é perdido dos pneus aliviados de peso não é inteiramente transferido aos pneus sobrecarregados. Na média, há uma perda de aderência.

Por causa disso, o projeto de um carro de corrida, e algumas das modificações feitas no seu carro de rua levam em conta minimizar a transferência de peso. Ela não pode ser eliminada, mas pode ser reduzida. Quanto mais é reduzida, mais aderência é mantida. Reduzindo o acréscimo de peso dos pneus sobrecarregados, podemos melhorar sua capacidade de trabalho. Da mesma forma, diminuindo a perda de peso dos pneus que tiveram a carga reduzida, podemos reter a aderência que eles provêm.

A figura do topo mostra o peso medido em cada roda com o carro parado. (O cinza representa o pneu, o preto a área de contato do pneu com a pista). Durante a frenagem, a transferência de peso aumenta a carga dos pneus dianteiros e reduz a dos traseiros. Em curvas as cargas de cada pneu podem ser bem diferentes. O objetivo de todo ajuste de dirigibilidade no seu carro é balancear o peso tentando manter as quatro áreas de contato o mais equilibradas possível durante as curvas (presumindo uma quantidade de curvas mais ou menos igual para a direita e a esquerda).



## Como a Transferência de Peso Pode Ser Minimizada?

Ao contrário do que você pode estar inclinado a acreditar, a quantidade de transferência de peso não é alterada pelas molas, amortecedores, barras estabilizadoras etc. Transferência de peso é o resultado da inércia e do impulso. Os componentes da suspensão não podem mudar isso. O que esses componentes podem fazer é influir em quanto a suspensão se move em resposta a mudança de carga e quão rápida essa mudança é transmitida às áreas de contato dos pneus.

A quantidade de transferência de peso é determinada pelo peso do veículo, por seu centro de gravidade, entre-eixos, bitola lateral e da quantidade de força exercida durante a frenagem, aceleração e contorno de curvas.

A transferência de peso diz respeito ao peso do veículo e as forças que atuam sobre esse peso. O objetivo deve ser reduzir o peso ou reduzir o produto das forças envolvidas.

O centro de gravidade (CG) é o ponto através do qual o peso do veículo é multiplicado pelas forças dinâmicas. Em outras palavras, quanto mais alto o CG, maior o efeito das forças. Reduzir a altura do CG reduz o produto entre as forças e o peso do veículo.

Quanto mais longo o entre-eixos e mais larga a bitola lateral em relação a altura do centro de gravidade, maior a resistência do carro a transferência de peso. Eles atuam como alavancas laterais em oposição a alavanca vertical que passa pelo ponto do centro de gravidade.

Outro conceito importante no controle da transferência de peso além de reduzi-la, é controlar para onde o peso é transferido. Para onde a transferência de peso ocorre relaciona-se com a distribuição estática de peso do carro frente-traseira e lateral (*roll-couple*), a altura do centro de rolagem lateral do carro e o centro de rolagem longitudinal em relação ao solo.

A distribuição *roll-couple* é relativa a resistência a rolagem entre a frente e a traseira do carro, e da esquerda para a direita. Em curvas, a frente do carro pode rolar menos que a traseira. Isso tem um impacto na distribuição da transferência de peso.

A rolagem longitudinal é a linha em torno da qual o veículo gira. Não é necessariamente paralela ao solo. A distribuição de peso e a distribuição de *roll-couple* podem criar um ponto de rolagem na frente do carro que seja mais próxima do solo que o ponto de rolagem da traseira. Isso cria uma linha inclinada. O ângulo dessa linha influencia quanto peso é transferido e para onde ele vai.

## Distribuição de Peso do Veículo

Alterações que reduzam o peso do veículo e a posição do centro de gravidade influenciam a quantidade de peso transferido e para onde é transferido. Reduzir o peso total do veículo reduz a quantidade de peso transferido. Redistribuir esse peso entre a frente e a traseira, ou de um lado para outro mudará a modo como a transferência de peso se distribuirá entre os quatro pneus. Isso afeta a carga mecânica individual e a aderência resultante nos pneus.

Remover peso do carro reduz o trabalho que o pneu precisa efetuar e melhora a aderência. Balancear o peso igualmente pelo carro permite uma resposta equilibrada às mudanças dinâmicas. Calibrar intencionalmente a distribuição de peso para uma determinada região do carro pode ser vantajoso na aderência resultante em condições dinâmicas. Você pode desejar deslocar o peso para a parte traseira direita do carro numa pista com muitas curvas de alta à direita para reduzir a carga do pneu dianteiro esquerdo e aumentar a carga sobre o pneu traseiro direito para uma melhor aderência durante a curva.

A distribuição de peso estática pode ser mudada alterando-se fisicamente os objetos dentro do carro (posição da bateria, remoção de partes do carro etc). Também pode ser mudada alterando-se a altura (*ride height*) individual das extremidades do carro. Elevar uma extremidade altera a posição do CG e joga mais peso para a extremidade diagonalmente oposta.

## **Alterando o Centro de Gravidade**

Mudar o CG para uma posição mais favorável também pode reduzir a transferência de peso. Sem entrar na engenharia de tudo isso, a localização do CG atua como uma alavanca. Nós conhecemos a física básica para saber que uma alavanca pode ser usada para aumentar a força e o trabalho. Se o centro de gravidade é muito alto, então existe uma alavanca grande no carro. Durante a frenagem, aceleração e contorno de curva, as forças G são amplificadas por essa alavanca criada entre o CG e a área de contato do pneu. Quanto mais distantes estiverem, maior a alavanca e maior a transferência de peso.

Em seu carro, você não pode deslocar muito o CG, mas você ainda tem alguns recursos para afetar o centro de gravidade o suficiente para melhorar bastante a dirigibilidade. Se você estiver disposto a sacrificar o conforto, praticidade e visual, você pode remover itens e redistribuir o peso para a frente ou para trás e também para os lados. Você também pode alterar a altura do CG rebaixando o carro com molas mais curtas, pneus de perfil mais baixo, e por uma menor margem, removendo ou redistribuindo peso no carro.

Depois de escolher seu carro, não há nada que você possa fazer para mudar o entre-eixos ou a bitola lateral, embora trocando as rodas por outras mais largas você possa aumentar a bitola.

## **Transferência de Peso e os Componentes da Suspensão**

Nós dissemos que molas, amortecedores etc não podem mudar a transferência de peso. O que eles podem mudar é a velocidade dessa transferência e o impacto na geometria da suspensão causados pelo mergulho (frenagem), afundamento (aceleração) e rolagem (curvas).

A velocidade da transferência de peso afeta a resposta do carro aos comandos do piloto. Quanto mais rápido o peso se desloca, mais rápida a resposta. Isso permite ao piloto ter maior controle do carro. Entretanto, uma transferência de peso mais rápida exige maior habilidade do piloto. Suavidade e sensibilidade maior com a aderência dos pneus são necessários. Em geral os amortecedores têm maior impacto na velocidade da transferência de peso. Quanto mais duros, mais rápida a transferência.



# Escola de Pilotagem

---

O impacto da transferência de peso na geometria da suspensão tem a ver com manter a maior e mais plana área de contato do pneu com o solo possível. Quando a carroceria rola, mergulha ou afunda em resposta a transferência de peso, a relação geométrica dos componentes da suspensão com o chassi e as rodas muda o formato da área de contato do pneu. Para pneus que perdem carga, a área diminui. Esse efeito deve ser minimizado. Mudanças nos amortecedores, molas, barras estabilizadoras e alinhamento das rodas são feitos para maximizar as áreas de contato de todos os pneus durante as mudanças dinâmicas da transferência de peso.

As próximas partes cobrem a maioria desses componentes, vamos definir o que esses componentes fazem, e como eles podem ser ajustados para controlar os efeitos da transferência de peso e da resultante mudança da área de contato do pneu.

## Pressão do Pneu



**Páginas originais:** [http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_pressure.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_pressure.shtml)  
[http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_pressure2.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_pressure2.shtml)  
[http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_pressure3.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_pressure3.shtml)  
[http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_pressure4.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_pressure4.shtml)  
[http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_pressure5.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_pressure5.shtml)

*Em quase todos os eventos acontece uma discussão sem fim sobre pressão de pneu. Todo mundo acha que é importante, mas poucos realmente conhecem o que fazer, quando e por que. Esse artigo enfocará os aspectos práticos da calibragem dos pneus para obter máxima aderência e dirigibilidade.*

O objetivo do ajuste da pressão dos pneus, da mesma forma que com todos os outros componentes ajustáveis da suspensão, é melhorar a aderência geral do carro. Geralmente, amortecedores reguláveis, barras estabilizadoras, molas, alinhamento de rodas e demais ajustes de suspensão são usados para equilibrar o comportamento e a aderência. A pressão dos pneus é usada como um ajuste fino.

Entretanto, a maior parte dos pilotos de final de semana têm carros originais e apenas a calibragem dos pneus para ajustar. Independentemente de ser o seu único recurso de ajuste ou o último refinamento, você precisa entender o que acontece com o pneu durante a corrida e quais as variáveis afetadas pelo ajuste da pressão do pneu. Determinaremos a pressão correta dos pneus para a corrida em duas etapas.

A primeira é encontrar o ajuste com o qual o pneu opera melhor. Considerando a grande variedade de pneus e carros usados num evento de final de semana, nós podemos prever uma grande gama de pressões ideais a serem usadas na corrida. Algum ponto entre 30-40 libras é o usual para a maioria dos carros, mas ainda é uma faixa muito grande. Se 40 libras é o máximo, então 30-40 libras representa uma janela de 25% e nada em competição é tão vago quanto uma janela de 25%. Então, primeiramente, você tem que determinar onde, nessa faixa de 10 libras, seus pneus se comportam melhor.

A segunda fase é o ajuste fino dentro de uma faixa de 2 libras para mais ou para menos do ajuste ideal. Essa pequena faixa de ajuste pode ser experimentada na pista em condições de corrida para atingir a melhor performance em um determinado momento.

Nós apresentaremos a você um método prático para determinar a faixa de pressão que o carro se comporta melhor, então mostraremos algumas dicas para ajuste fino. Antes, entretanto, há algumas coisas básicas que devem ser vistas.

Há várias partes a serem abordadas, então este artigo é dividido em várias seções conforme listado abaixo:

- Ferramentas
- Medindo a temperatura do pneu
- Começando "por algum lugar"
- Ajuste fino
- Ajustando para temperatura ambiente
- Otimizando o rendimento do pneu

- Otimizando a temperatura do pneu
- Otimizando a área de contato

## Ferramentas

Antes de mais nada, você não pode acertar os ajustes de pneu sem ter as ferramentas adequadas.

No mínimo você necessita um medidor de pressão preciso. Esqueça os medidores baratos do tipo caneta. Use um medidor de relógio, preferencialmente a óleo, com leitura máxima de 50 a 60 libras. Ele ainda deve possuir uma válvula que permita extrair ar do pneu com o medidor ainda conectado. Também vale a pena obter um gabinete de borracha ou capa. Se o medidor cair no chão pode perder totalmente a precisão e a capa de borracha pode evitar isso.

Para ser mais efetivo, você também precisa de um pirômetro de pneu. Você pode fazer muito apenas com o medidor de pressão, mas você não terá como corrigir com consistência a pressão sem os dados de temperatura. Muitos pirômetros bons podem ser comprados por pouco mais de 100 dólares. Os preferidos são os que têm um sensor de temperatura do tipo que penetra na borracha.

## Medindo a temperatura do pneu

A primeira regra ao medir a temperatura do pneu é que ela seja obtida quando o carro entra nos boxes logo após uma volta rápida. Medir a temperatura depois de dar uma volta de desaceleração é inútil. Se necessário, o piloto deve entrar uma volta mais cedo (antes da bandeira quadriculada) para assegurar que os pneus ainda estão quentes. Se o piloto esperar pela bandeirada, há chance de ficar preso no tráfego mais lento. As ultrapassagens vão estar proibidas e os pneus vão esfriar demais.

A temperatura é medida em três áreas do pneu. Primeiro no bloco mais externo em um pneu normal de rua, ou em torno de 2,5cm da extremidade externa no slick. Segundo, no meio do pneu. Terceiro, no bloco mais interno ou a 2,5cm da extremidade interna do pneu. É comum em pneus de rua de alta performance ser necessário tomar a medida no segundo bloco a partir da extremidade, já que o mais externo não retém calor suficiente para uma medida utilizável.

O sensor de temperatura deve ser inserido totalmente dentro da borracha. Tenha certeza de ter o máximo de borracha envolvendo o sensor. Balance o sensor ligeiramente para ter certeza que está bem assentado.

A leitura da temperatura vai oscilar por alguns segundos. Não espere que fique perfeitamente estável. No momento que se mantiver entre 1 ou 2 graus, anote a leitura e prossiga. Você não deve ter que esperar mais que 5 segundos para cada medição.

Sempre meça cada pneu no mesmo ponto e na mesma seqüência. Se é na parte interna, central ou externa, ou ao contrário não importa. Apenas faça sempre do mesmo jeito a cada vez.

Mantenha também a ordem de medição dos pneus. Geralmente você deve preferir medir primeiro o lado mais quente para se assegurar que não estão superaquecendo. Por exemplo, na entrada dos boxes, logo após uma série de curvas à direita, meça os pneus esquerdos primeiro. Qualquer que seja a seqüência, tenha certeza de repeti-la a cada leitura.



## Começando "por algum lugar"

Para a sua primeira experiência de corrida, ou sua primeira experiência com um pneu novo, você precisará determinar primeiro a calibragem básica. Assumindo-se que não há ninguém para dizer a você qual o ajuste ideal, você precisará experimentar para descobrir se o carro se comporta melhor na faixa das 33-36 libras, ou na faixa das 36-40 libras. Uma vez que você tenha essa resposta, você pode tentar o ajuste fino na faixa de 1/2 a 1 libra para otimizar a performance e dirigibilidade.

Existem dois pontos a saber para a definição da pressão do pneu. Primeiro, você tem o ajuste de pressão com o pneu frio (em temperatura ambiente) antes do carro ir a pista pela primeira vez, ou após ter resfriado completamente após uma sessão. Depois que o pneu atingiu a temperatura normal de corrida, é possível fazer o ajuste fino a partir da pressão do pneu aquecido, mas será importante também saber, quando o pneu tiver se resfriado, qual sua temperatura frio.

Nós sabemos que os pneus irão se aquecer quando o carro andar. O atrito entre a borracha e a pista gerará calor. Muito calor. Esse calor será transferido para o ar dentro do pneu e fará com que se expanda, o que resulta no aumento da pressão do pneu. Verifica-se que cada aumento de 5°C aumenta a pressão do pneu em torno de 1 libra.



# Escola de Pilotagem

Na pista, você exigirá muito mais dos pneus do que seria possível na rua. Altas forças em curva e frenagens agressivas repetidas irão gerar muito mais calor e conseqüentemente pressão de pneu maior. Por causa disso, a calibragem que você usa na rua será muito alta para a pista de corrida. Durante o uso normal de rua, a pressão dos pneus aumentará além do recomendado pela fábrica com pneus frios em torno de 2-4 libras. Em competição, o valor da calibragem fria aumentará em torno de 6 a 10 libras. A pressão dos pneus precisa ser reduzida abaixo dos valores de rua antes de entrar na pista.

Como sempre acontece, a pressão inicial "correta" varia. Há muitas variáveis. Ainda, você tem que começar por algum lugar, então você pode testar várias calibrações até encontrar o melhor balanço de performance. Lembre-se, mesmo os profissionais têm que testar vários ajustes a cada final de semana até encontrar o melhor ponto de performance. Não existe fórmula, nem resposta "certa" que você possa usar todas as vezes.

Então, se você está usando pneus de rua na pista, o ponto genérico "de partida" é 5 libras abaixo da pressão recomendada pelo fabricante para pneus frios.

A partir de um ponto de partida de 5 libras abaixo da pressão de rua para pneus frios, você pode começar o ciclo de tentativa e erro de pequenos ajustes e verificar o efeito. Para isso, você terá que percorrer várias voltas para aquecer os pneus. Vá com calma nas primeiras 3 voltas até que os pneus atinjam a temperatura. O carro ficará bastante bobo com a pressão baixa inicial.

Depois de 3 ou 4 voltas, os pneus devem transmitir sensação de segurança. Vire mais voltas para perceber a nível geral de aderência e dirigibilidade. Se você for bloqueado pelo tráfego, fique fora até conseguir pelo menos três voltas de máxima exigência do carro. Então volte aos boxes para medir pressão e temperatura e tomar nota. Não faça uma volta de desaceleração antes de entrar nos boxes porque os pneus vão se esfriar significativamente a ponto de tornar a leitura de temperatura inútil (quando estacionar, assegure-se de não usar o freio de mão, ou deixar o pé no freio, já que você pode facilmente danificar os discos).

Se você tem um medidor de temperatura, você pode usar a leitura como um guia inicial que lhe dirá se a pressão deveria ser aumentada, reduzida ou deixada como está.

- Se o centro do pneu está 3 ou mais graus acima da temperatura externa e interna, então a pressão deve ser reduzida. Tente em torno de 1 libra a menos para cada 2 ou 3 graus que o centro estiver acima da temperatura da extremidade mais baixa.
- Se a temperatura central está apenas alguns graus abaixo daquela nas extremidades, então a pressão está muito baixa. Aumente 1 libra para cada 2 ou 3 graus que o centro estiver abaixo da temperatura da extremidade mais alta.

Use o guia abaixo para mais dicas na interpretação da temperatura.

Descrição	Temperaturas do pneu dianteiro esquerdo			Temperaturas do pneu dianteiro direito			Interpretação
	Externa/Centro/Interna			Interna/Centro/Externa			
Centro está mais frio 3 graus que a extremidade mais quente.	79	75	78				Pressão muito baixa. Aumente 1 ou 2 libras para cada 3 graus de diferença.
Centro está mais quente 3 graus que a extremidade mais fria	75	80	76				Pressão muito alta. Diminua 1 ou 2 libras para cada 3 graus de diferença.
Lado interno sempre mais quente que o centro ou lado externo	71	72	77	78	74	72	Excesso de cambagem negativa
Lado externo sempre mais quente que o centro ou lado interno	78	74	72	73	74	77	Pouca cambagem negativa, excesso de rolagem em curvas (causando cambagem positiva). Tente molas ou barras estabilizadoras mais duras.
Extremidade esquerda ou direita dos pneus mais quentes que o centro e lado oposto	78	74	72	77	74	73	Provavelmente a ultima sequência de curvas antes de sair da pista foi toda de curvas longas ou fechadas à direita. Isso pode ser normal, caso contrário verifique por problemas de alinhamento.

Se você não tem um medidor de temperatura, então use o roteiro a seguir como um guia genérico.

- Geralmente as pressões devem estar próximas ou iguais em um carro de comportamento neutro. Se as pressões dos pneus dianteiros ou traseiros estiverem muito diferentes, você pode ajustá-las em um meio-termo entre as duas leituras. Se os dianteiros estão com 38 libras e os traseiros com 32, então tente o ajuste com os pneus ainda quentes para 35 libras em todos. Use esse ajuste para a próxima sessão de treino.
- Se você sentiu que os pneus estavam escorregando demais, especialmente se foi ficando pior a cada volta, então a pressão dos pneus está muito alta. Meça as pressões e anote-as. Se apenas a frente ou a traseira do carro estava escorregando (a frente escorregava fazendo o carro sair de frente e não respondia a mais giro do volante ou a traseira saía como se o carro fosse rodar), então abaixe em 4 libras a pressão apenas do par com problemas enquanto os pneus ainda estão aquecidos. Teste esse ajuste na próxima sessão.

- Se os pneus pareceram esponjosos então a pressão estava muito baixa. Quando isso acontece, os pneus perdem aderência e ficam com tendência a escorregar da mesma forma que quando há excesso de pressão, mas você vai perceber uma sensação diferente. Ao invés de uma derrapagem suave, o pneu irá arrastar e provocar maior vibração durante o deslizamento. A diferença é sutil, mas você perceberá pelo volante e pelo assento em suas pernas e costas. Nesse caso, aumente a pressão dos pneus em 2 libras com eles ainda aquecidos. E novamente teste o ajuste na próxima sessão.

Nas primeiras sessões de testes você deverá fazer grandes ajustes de pressão de 2 a 4 libras. Desse jeito após mais ou menos 3 sessões você descobrirá se o carro se comportou melhor na faixa baixa das 30 libras, na central, ou na faixa alta dos 30. No momento que você sentir que o carro fica melhor em uma dessas faixas, você pode prosseguir com acréscimos de 1 libra até atingir o melhor ajuste. Se depois de 5 ou 6 voltas você notar que o carro não está bom, não o force. Entre nos boxes e faça um ajuste. Não faz sentido conduzir um carro que está com má dirigibilidade e correr o risco de uma saída de pista.

Uma vez que você adquiriu alguma experiência com seu carro, você saberá se o melhor ponto de partida é apenas 2 libras abaixo, ou tanto quanto 6 ou 8 libras a menos que a calibragem usada na rua. Existe uma grande diferença para cada carro, pneu e estilo de condução que afetarão tudo isso. Entretanto, começar com 5 libras abaixo das pressões de rua pode evitar que a maioria dos pneus fique excessivamente dura e escorregadia e também previne que o pneu exceda sua capacidade máxima de pressão.

## Ajuste Fino

Quando você souber a faixa de pressão que você procura, você pode fazer ajustes menores buscando o acerto ideal.

Se você estiver usando uma determinada marca e modelo de pneu pela primeira vez, ou nunca tirou medições antes, você precisará alguma tentativa e erro a fazer e isso tomará tempo. Dependendo do tempo de pista disponível a você, pode levar mais do que uma visita ao autódromo até fechar seus ajustes de pressão ideais.

Se você está correndo em uma pista pela primeira vez, esse processo se estenderá ainda mais por causa da sua pilotagem inconsistente ou incorreta até dominar o traçado e vai tornar as leituras de temperatura e pressão um pouco nebulosas. Entretanto, obtenha os dados certos e você estará apto a reduzir o caminho até encontrar as pressões corretas.

Baseado no comportamento do carro e nas leituras de temperatura, faça ajustes em pequenos acréscimos de 1/2 a 1 libra conforme necessário, então vire várias voltas na pista para sentir a diferença. Repita esse ciclo tantas vezes quanto necessário até que o melhor equilíbrio e a máxima aderência sejam atingidos (demonstrado pelos tempos das suas melhores voltas).

Cada vez que o carro entrar nos boxes anote as medidas de pressão e temperatura. Anote também as respostas do carro em cada curva da pista. Ainda, anote exatamente as mudanças feitas em cada pneu.

Após várias sessões, você saberá a faixa de aproximadamente 1 libra onde os pneus atingem a melhor performance. Quando esfriarem, você pode anotar as pressões frias e usar essas medidas na próxima vez como ponto de partida.

Uma vez que você tem uma idéia da pressão correta quando os pneus estão aquecidos, há alguma matemática que você pode usar para calcular um ponto de partida distante 1 ou 2 libras do melhor ajuste. Como isso funciona requer o conhecimento da temperatura ambiente do ar e seu efeito na pressão dos pneus.

## **Ajustando para a Temperatura Ambiente**

Mencionamos anteriormente que cada 5 graus de mudança da temperatura ambiente mudam a pressão do pneu em torno de 1 libra. Se um pneu inicia com uma determinada pressão quando frio pela manhã, o aquecimento do dia está efetivamente aumentando a pressão do pneu ao longo do dia. A temperatura que o pneu vai atingir é afetada pela combinação da temperatura do ar ambiente, a temperatura da superfície da pista e o atrito por ele sofrido (o quanto você força).

Se na sua primeira sessão do dia está nublado, a temperatura do ar é 18C e a da pista é 21C, então a tarde o céu está limpo, a temperatura do ar é de 29C e a da pista é 40C, existe consideravelmente mais calor para influenciar a temperatura da superfície do pneu. Se você dirigir da mesma forma que quando estava mais frio, o pneu ficará bem mais quente e a pressão será maior. Esta mudança da manhã para à tarde pode ser muito mais pronunciada em algumas regiões que em outras. No sudoeste dos EUA pode amanhecer com 7C e a tarde atingir os 32. Isso aumentará a pressão inicial do pneu em 4 libras no final do dia. Isso fará uma enorme diferença na dirigibilidade do carro durante cada sessão.

Para manter os mesmos ajustes de pressão em corrida obtidos pela manhã à tarde, você terá que compensar o acréscimo de pressão devido a temperatura ambiente. Enquanto existe provavelmente uma fórmula para entender o efeito da relação das temperaturas ambiente e da pista, ainda exercem influência a aerodinâmica em torno do pneu e o calor gerado pelos freios. Em geral você pode usar a temperatura ambiente e a relação de 5 graus para 1 libra como um guia para ajustar a pressão ao longo do dia. Informe-se sobre a temperatura do ar no início de cada sessão e use-a para determinar o ajuste de calibragem. À medida que o dia esquenta, você terá que reduzir a pressão de acordo antes de cada sessão.

Outro item relativo a temperatura ambiente - você perceberá que se o carro ficou estacionado com um lado virado para o sol, os pneus daquele lado podem estar 5 a 10 graus mais quentes que os que ficaram à sombra (e também com 1 a 2 libras a mais de pressão). Você deveria proteger aqueles pneus da luz do sol ou ao menos não colocar a mesma pressão dos que ficaram na sombra no lado oposto.

## **Otimizando a Performance do Pneu**

As seções anteriores mostraram um guia prático para ajustar a pressão dos pneus. Nas próximas seções, nós veremos com mais detalhes o que nós estávamos tentando fazer.

Qual é exatamente o objetivo de ajustar a pressão do pneu? A base é que você está procurando pela máxima aderência possível sobre a maior parte da pista possível.

Com um determinado jogo de pneus (que tem um determinado composto de borracha e medida que você não pode mudar), as variáveis que você pode alterar para atingir máxima aderência são encontrar a melhor temperatura operacional do pneu e otimizar o tamanho da área de contato. A discussão anterior para encontrar o melhor ajuste de pressão é na verdade apenas um método indireto de regular a área de contato e manter o pneu no topo da sua faixa de temperatura operacional.

A temperatura do pneu é influenciada pela temperatura do ar, a temperatura da pista e a sua pilotagem (o quanto você exige do carro). Porque você não pode se dar ao luxo de escolher o melhor composto de borracha para essas condições como os profissionais, sua principal ferramenta para atingir a temperatura da melhor aderência é dirigir o carro na sua máxima capacidade sem excedê-la (e superaquecer os pneus). Isso pressupõe que a temperatura ambiente está alta o suficiente para atingir a temperatura que o pneu necessita. Se estiver 10 graus abaixo de zero lá fora, é bem possível que os pneus nunca aqueçam o suficiente para fornecer todo seu potencial de aderência.

A área de contato de uma determinada medida de pneu é afetada pela geometria da suspensão e pela pressão do pneu. Num carro normal de rua, você não tem nenhum ajuste de curso possível na suspensão, então sua principal ferramenta é a calibragem.

## Otimizando a Temperatura do Pneu

Quando começamos a definir as pressões dos pneus frios, na verdade estávamos interessados em suas pressões (e temperaturas) quando eles estivessem aquecidos.

Cada pneu terá uma faixa de temperatura onde a borracha atinge seu ponto mais "grudento" sem se amolecer a ponto de desagregar-se fisicamente. Os fabricantes de pneus de competição com frequência têm essa temperatura identificada, mas para um pneu de rua é muito difícil que você consiga encontrar essa temperatura identificada. Encontrar a melhor faixa de temperatura do pneu virá primeiramente da sua experiência ao dirigir, saber o quanto você pode exigir antes de superaquecer e se tornar escorregadio. Quando você conseguir correr por 15 a 20 minutos ou mais onde virou rápido (na margem de alguns décimos do melhor tempo que você conseguir) e a aderência dos pneus se mantiver constante, você provavelmente encontrou a temperatura de máxima aderência do pneu. Volte aos boxes e faça leituras de pressão e temperatura, use esses dados como referência para aquele pneu. Para a maioria dos pneus de rua a temperatura fica em torno de 82 a 92 graus antes de ficarem escorregadios. Você pode conseguir tempos melhores em outras sessões, mas se na tentativa de manter o ritmo, os pneus forem perdendo aderência, você está forçando demais e eles estão superaquecendo.

## Otimizando a Área de Contato

Nós sabemos que os pneus vão se aquecer quando o carro estiver rodando. O atrito entre a borracha e a pista gerará calor. Muito calor. Esse calor será transferido para o ar gasoso dentro do pneu e fará com que se expanda, o que causa o aumento da pressão do pneu. Para cada acréscimo de 5 graus a pressão aumenta em torno de 1 libra. Em corrida, a calibragem de um pneu frio aumentará de 4 a 10 libras.

Essa pressão aumentada muda a forma do pneu e sua área de contato com a pista. Essa "área de contato" é o que estamos tentando otimizar. De fato, estamos tentando maximizá-la.

Para entender o efeito da pressão sobre a área de contato, vamos primeiro observar um pneu num estado estático (rodando em linha reta ou parado).

Se a pressão do pneu iniciar muito alta, o acréscimo de pressão por aquecimento fará com que o perfil do pneu fique de certa forma convexo. A área de contato será mais estreita, com as extremidades do pneu impossibilitadas de tocar a pista por causa da parte central arredondada que as ergueu. Dizemos que esse pneu ficou muito "duro".

Se a pressão inicial é muito baixa, mesmo depois de aquecido, o perfil do pneu ficará côncavo. As extremidades do pneu sob os aros terão um bom contato com o solo, mas o centro sofrerá uma deflexão para dentro. Dizemos que este pneu ficou muito "mole".

O pneu perfeito terá uma área de contato que usa toda sua largura com pressão bem distribuída por toda essa largura. Essa é a condição que buscamos.

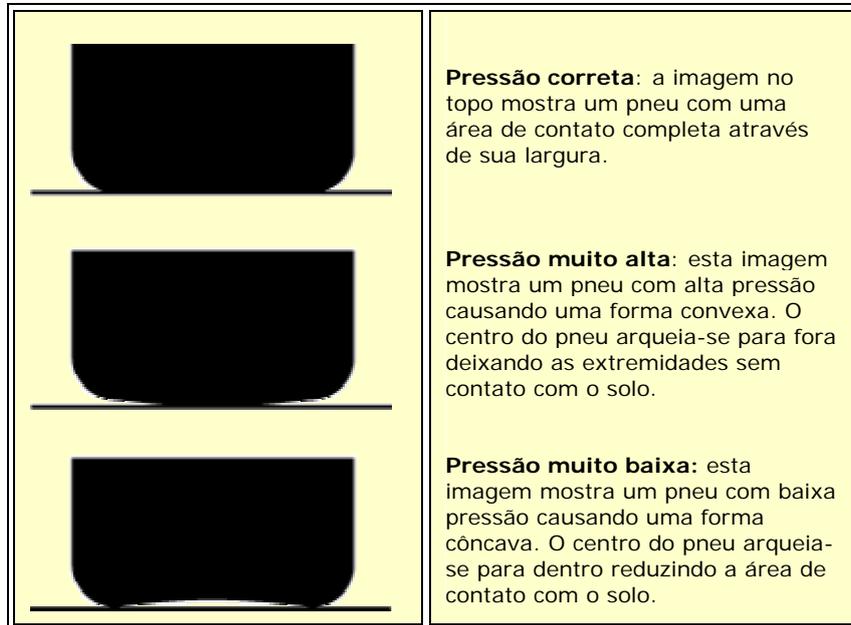
Acabamos de ver um caso de pneu estático. Entretanto, quando estamos correndo na pista, os pneus nunca estão nessa condição estática. As forças em curva, frenagem e aceleração estarão mudando constantemente a forma da área de contato enquanto a borracha se deforma devido a essas forças. Sem dúvida, é nas curvas que precisamos o maior nível de aderência possível. Em condições iguais, o carro que puder contornar as curvas mais rapidamente será o mais rápido. Outra vez, em condições iguais, o carro com a área de contato otimizada terá a melhor aderência e será o mais rápido no contorno de curva.

Apesar de existirem muitos ajustes de suspensão possíveis em um carro de corrida, nós ainda vamos precisar mexer na pressão do ar de uma determinada configuração para atingir a máxima área de contato em condições dinâmicas para cada circuito. De fato, serão diferentes para cada pista.

Um pneu mais duro pode ter uma forma ligeiramente convexa durante o percurso em linha reta, mas pode ser necessário para manter a parede lateral rígida o suficiente durante as curvas para prevenir que o pneu se dobre sob o aro excessivamente. Então, durante o estado estático, a área de contato é menor do que a melhor possível, mas isso na verdade aumenta a eficiência da área de contato em curvas.

Esse comportamento do pneu em contorno de curva é o que pode nos levar a usar pressões diferentes nos pneus do lado esquerdo, direito, ou mesmo em um único pneu que nos demais. Isso seria feito para o ajuste fino da dirigibilidade do carro em determinadas curvas.

O objetivo final é na verdade um compromisso em procurar a máxima área de contato possível durante a maior parte da volta. Nós podemos encontrar um ajuste que é ótimo para as curvas 3 e 7, mas outro que é ótimo para a 2 e 4. Se as curvas 2 e 4 são mais rápidas que a 3 e 7, então a ênfase deve ser colocada nas curvas 2 e 4, já que há mais ganho nessa otimização. No final, a pressão de pneu "correta" é aquela que permite as voltas mais rápidas durante mais tempo.



## Corrida em pista versus AutoCross

Tudo que foi mostrado até agora se destina a corridas longas em pista. Em uma sessão de classificação ou corrida de AutoCross de uma única volta, os pneus não terão a chance de aquecer muito. Nessas condições você terá que ajustar o carro para render com pneus "frios" e conseqüentemente as pressões para pneus frios serão mais altas do que para corrida em pista e mais próximas daquelas determinadas pelo fabricante.

O princípio de ajuste é o mesmo. Vire algumas voltas, tome notas sobre o comportamento do carro, ajuste as pressões em pequenos acréscimos e repita o teste na pista até que os tempos de volta apontem para o ajuste de pressão correto. Compensações para mudanças de temperatura ambiente durante o dia também continuam sendo necessárias.

## Tração Dianteira e a Pressão dos Pneus

Uma coisa que percebemos com muitos carros de rua é uma diferença significativa no potencial de aquecimento dos pneus dianteiros para os traseiros. Teoricamente, eles devem usar pressões próximas e atingir temperaturas semelhantes. Entretanto, com o carro típico de rua, especialmente o de tração dianteira, isso não acontece na prática.

Em um carro de corrida, o chassi (presumindo que tenha molas, amortecedores, barras estabilizadoras etc reguláveis) é ajustado para que fique o mais próximo possível de um comportamento neutro na maioria das circunstâncias. Esse é o ajuste mais rápido e provê uma equalização entre os quatro pneus próxima do equilíbrio teoricamente perfeito. Porém, é preciso um piloto experiente para saber como levar o carro ao limite ou em manobras de emergência. Com muitos ajustes de suspensão para conseguir o comportamento neutro em um carro de corrida, a pressão do pneu é usada para o ajuste mais fino do carro.

A maioria dos carros de rua não é ajustada para ter um comportamento neutro. Um carro de tração dianteira irá sair bastante de frente. Apesar disso não permitir um contorno de curvas rápido, se alguém entrar muito rápido na curva, as rodas dianteiras vão escorregar e não vão virar o carro tanto quanto o esperado. A reação natural do motorista para recuperar o controle é tirar o pé do acelerador, o que é a coisa certa a fazer para trazer de volta alguma aderência. Num carro que sai de traseira, cortar a aceleração reduz ainda mais a aderência dos pneus traseiros e faz com que saia ainda mais de traseira, o que frequentemente induz a uma rodada. Dessa forma, uma tendência a sair de frente torna-se um "recurso de segurança" positivo para o carro de rua e o motorista comum.

De volta a teoria que os quatro pneus deveriam contribuir para igualar a aderência em curva. Existem duas forças dinâmicas que atuam nos pneus e geram calor: aceleração e frenagem. Em um carro de tração traseira, as rodas traseiras movimentam o veículo e esses pneus são aquecidos pela aceleração. Os pneus dianteiros se encarregam da maior parte da frenagem e do calor resultante. Apesar das duas forças não serem iguais, isso ajuda a distribuir a carga e o aquecimento resultante. Em um carro de tração dianteira, os pneus dianteiros são responsáveis pela aceleração e frenagem. Além disso, um carro de rua de tração dianteira provavelmente tem a tendência de sair de frente e isso gera ainda mais calor nos pneus dianteiros devido ao atrito excessivo em curvas. Essa combinação conspira para aquecer os pneus dianteiros muito mais que os traseiros.

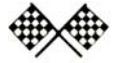
Durante uma sessão de treino na pista, os pneus dianteiros podem aumentar sua pressão em torno de 9 a 10 libras em relação a calibragem fria. Os pneus traseiros do mesmo carro aumentarão apenas 4 ou 5 libras. Isso demonstra claramente que o carro está longe do ideal no que diz respeito aos quatro pneus contribuírem igualmente na aderência geral. Isso não é o ideal e requer inicialmente pressões frias bastante desiguais.

Se observarmos o exemplo mostrado, perceberemos nos testes que quando os pneus estão quentes, atingimos um comportamento razoavelmente neutro com os pneus dianteiros com 34 libras e os traseiros com 35. Se já sabemos que os pneus dianteiros vão aumentar sua pressão em 9 libras da calibragem fria, então o ajuste apropriado de pneu frio é 34 menos 9, ou 25 libras. O ajuste frio do pneu traseiro é 35 menos 4, ou 31 libras. Isso pode soar totalmente contra-intuitivo comparado com os valores de rua, e logo que você entrar na pista esse ajuste vai parecer absolutamente horrível (esse acerto resultará em um forte tendência de sair de traseira e dará a sensação de estar muito solto). Entretanto na pista, por volta da terceira volta, o ajuste se equilibrará e deve se aproximar de um balanço neutro.

Lembre-se que o que importa é como o carro se comporta por um longo tempo e o foco está nas temperaturas do pneu aquecido. Se isso significar começar com calibragem fria em valores esquisitos, ainda assim é o jeito.

Paralelamente, a melhor coisa para curar um carro que sai muito de frente e o primeiro dinheiro que deveria ser gasto é uma barra estabilizadora traseira. Como uma primeira modificação, isso provavelmente irá resultar em maior melhoria no tempo de volta por dólar gasto que qualquer outra coisa que você possa alterar no carro.

## Molas



**Página original:** [http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_springs.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_springs.shtml)  
[http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_springs2.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_springs2.shtml)

*A função primária das molas é manter o pneu em contato com a superfície da pista ao passar por saliências e buracos.*

Pela lei da física, molas são definidas como sendo máquinas eficientes para armazenar energia mecânica. Quando uma mola é comprimida, a energia necessária para executar essa compressão é armazenada. Quando a força de compressão é removida, a mola retorna a sua forma original. Nenhuma força adicional é necessária. Uma mola também pode ser esticada (até certo ponto) e retornará a sua forma original. Tudo isso depende da eficiência dos materiais.

### **Qual a função da mola?**

No carro, a compressão da mola de suspensão é causada quando a roda encontra a face frontal de uma elevação. Uma parte da energia usada para mover o veículo para a frente é redirecionada causando o movimento para cima da roda, que comprime a mola. A mola armazena a energia vertical e quando a roda desce novamente após a elevação, a energia guardada na mola empurra a roda de volta para baixo. Para segurança e dirigibilidade, isso tem o benefício significativo de manter o pneu em contato com a superfície da pista quando o pneu sofre um impacto. Um processo semelhante ocorre em buracos, exceto que a mola se distende ao contrário de comprimir.

Sem molas, as rodas iriam transferir essa redireção de energia vertical direto para o chassi, o que faria o veículo balançar nas elevações. Isso seria ao mesmo tempo desconfortável para os passageiros (uma preocupação para os fabricantes de carros) e o motorista perderia momentaneamente uma parte ou toda a capacidade de dirigir, acelerar ou frear já que a aderência dos pneus seria perdida (uma preocupação de segurança para todos, e uma máxima preocupação de performance em competição).

Com molas, a carroceria do veículo pode manter uma trajetória relativamente linear (permitindo conforto aos passageiros), enquanto as rodas se movem para cima e para baixo sobre as elevações (permitindo o controle seguro do veículo e aderência contínua para a máxima performance de corrida).

Dessa forma, a finalidade da mola em um automóvel é isolar as rodas da carroceria e permitir que o pneu mantenha contato com a pista ao transpor as imperfeições da superfície.

### **Rigidez da Mola**

Com relação a função de absorção de impactos, a mola deve ser rígida o suficiente para prevenir sua total compressão ou distensão em grandes elevações ou depressões. Entretanto, também deve ser macia o suficiente para manter bom contato do pneu com a pista. Quanto mais macia a mola melhor o contato com a pista em superfícies irregulares.

Porém, quanto mais rígida a mola, melhor a resistência ao afundamento em grandes impactos. Em algum ponto entre esses dois extremos está a faixa da medida da mola (rigidez) a ser trabalhada para o ambiente desejado.

## **Curso da Suspensão e Rolagem da Carroceria**

Para lidar com as elevações e depressões, a suspensão é desenhada para permitir uma certa quantidade de movimento vertical da extensão total até a compressão. Quanto mais irregular a pista, mas curso de suspensão é necessário e mais longo o comprimento da mola tem de ser. Carros de passeio são desenhados para operar bem em uma vasta gama de condições e o sistema de suspensão em particular deve estar preparado para compensar os buracos, juntas de dilatação da estrada, estradas de cascalho e outras superfícies de pista distantes do ideal. Sendo assim, um carro de rua é desenhado com um curso de suspensão grande (pense em quanto você tem que elevar a carroceria do carro com o macaco até que a roda saia do chão - isso é aproximadamente metade do curso da suspensão). Em um carro esporte de alta performance (Porsche, Ferrari, Viper, NSX), os fabricantes presumem uma gama de superfícies de pista mais limitada e projetam um curso de suspensão menor. Na versão esportiva de um sedã como Mustang, Camaro, Eclipse, Integra ou BMW série 3, a suspensão é um pouco melhor que o sedã normal, mas na verdade não existe uma grande diferença.

Em competição, nós podemos presumir um certo nível de condições ideais ou ao menos mais ideais que nas estradas públicas. Em um carro de rua mesmo a pista de corrida considerada mais irregular parece de vidro comparada a maioria das vias públicas. Nessas condições, a função da mola pode ser direcionada a manter a maior e mais constante área de contato do pneu sobre uma superfície de pista muito mais lisa. Assim, muito pouco curso de suspensão é necessário. A mola pode ser otimizada para condições de curso pequeno. Por exemplo, um Formula 1 ou CART quando usado em pistas lisas pode ter apenas de 0,6cm a 1,25cm de curso total de suspensão!

Como o curso da suspensão afeta a dirigibilidade? Bem, a partir do exemplo do Formula 1 mostrado acima, nós podemos assumir que curso pequeno é melhor. E, de fato, é. Apesar da suspensão se mover para cima e para baixo, ela não faz isso de uma forma linear. A suspensão está fixada em algum ponto e a roda na verdade se move em arco. Tanto quando a carroceria fica estável e a roda se move (em impactos), como quando a roda fica estável e a carroceria se move (rolagem em curvas), isso afeta o ângulo de camber da roda que muda o formato da área de contato do pneu.

Dessa forma, em condições de corrida, limitar o curso da suspensão é algo desejável. Para carros de rua, o uso de molas para rebaixamento (mais curtas e mais rígidas) é um dos métodos para reduzir o curso da suspensão. Em casos extremos, também será necessário usar amortecedores mais curtos.

## **Resistência à Rolagem**

Até aqui usamos as irregularidades da pista para ilustrar como as molas se comportam. Mas as molas também atuam sob as forças de aceleração, frenagem e curvas. O impulso da carroceria do veículo nas curvas, na frenagem e aceleração se transfere para as molas causando compressão e distensão. É fácil perceber o efeito da transferência de peso quando resulta em rolagem da carroceria - tanto para os lados, que estamos acostumados durante

as curvas, mas também rolagem da frente para a traseira, particularmente o "mergulho do nariz" durante freadas fortes.

A rolagem da carroceria por si só não é necessariamente ruim. Se os quatro pneus permanecem em contato com a pista recebendo pressão equilibrada, quem se importa se a carroceria está paralela ao chão ou não (sem contar a aerodinâmica)? O que a rolagem da carroceria faz é mudar os ângulos dos componentes da suspensão em relação a roda (o que chamamos de geometria da suspensão).

Isso é basicamente a mesma coisa que discutimos sobre curso de suspensão, exceto que visto de uma perspectiva oposta. Com a roda apoiada sobre a superfície plana da pista, agora a carroceria se move e faz com que a roda se mova em arco como descrevemos. Isso muda a cambagem e a área de contato principalmente nos pneus que perdem peso com a distensão da suspensão.

Além da absorção de impactos, a mola também contribui para a resistência a rolagem do carro - a capacidade de resistir ao mergulho em frenagem, ao afundamento durante a aceleração e a rolagem da carroceria em curvas. As barras estabilizadoras também têm seu papel nisso, e as duas combinadas resultam na resistência total do carro a rolagem. Molas mais duras vão deixar o carro se inclinar menos, reduzir as mudanças de geometria e manter o tamanho da área de contato do pneu mais consistente.

Nota: muitas pessoas acreditam incorretamente que rolagem da carroceria causa transferência de peso. Isso não é verdade. Veja o texto sobre transferência de peso para mais detalhes sobre isso.



Peças de reposição como essas molas progressivas vão reduzir a rolagem da carroceria e podem rebaixar o centro de gravidade. São tipicamente 15% a 20% mais duras que as originais. Sempre que as molas forem trocadas, os amortecedores também deveriam ser mudados.



Kits mola-amortecedor integrados como esses baixam o centro de gravidade do carro e geralmente são mais rígidos do que as molas progressivas e aumentam ainda mais a resistência a rolagem. Adicionalmente, sua maior vantagem é permitir o ajuste de altura de cada extremidade do carro, o que altera as características de transferência de peso. O ajuste de altura é feito girando a engrenagem na base da mola, o que eleva ou rebaixa o suporte da mola no amortecedor.

## Rigidez da Mola Para Uso em Competição e Na Rua

A característica da mola de resistir a rolagem ajuda a controlar as forças durante mudanças dinâmicas e a tornar o carro mais estável durante essa transição. Isso requer o uso de uma mola mais rígida para minimizar a compressão e distensão e dessa forma minimizar as mudanças na geometria da suspensão.

Entretanto, mesmo carros construídos para competição não podem simplesmente usar a mola mais rígida que exista. Se voltarmos ao caso de não ter molas no carro (o máximo em rigidez), mesmo uma pista totalmente lisa vai parecer irregular sem algum amortecimento feito pela suspensão. Em algum ponto a mola torna-se dura demais para a superfície da pista e o carro perderá aderência ao balançar sobre as imperfeições do piso. O engenheiro e o piloto têm que encontrar o ponto de equilíbrio mais eficiente entre ser macio o suficiente de modo a garantir que o pneu fique em contato com a pista ao transpor irregularidades e ser firme o suficiente para controlar a geometria da suspensão e manter o pneu o mais plano possível sobre a superfície.

Um carro que é usado na rua e na pista tem uma janela maior para encontrar o compromisso do que um carro de corrida. Colocar molas de competição no seu carro de rua pode parecer a coisa de macho a fazer, e embora seu carro fique mais rápido na pista, tornará sua vida miserável nas ruas. Na verdade, é bem provável que essas molas causarão danos aos outros componentes da suspensão no primeiro buraco que o surpreender na estrada.

Atualmente, molas de reposição oferecem recursos que há pouco tempo atrás só eram encontrados em carros de competição. A pesquisa feita nas pistas resultou em diversos fabricantes produzindo molas progressivas de alto desempenho para virtualmente todos os carros que permitem um nível de conforto aceitável nas ruas e ainda dão um ganho de performance significativo sobre as molas originais.

A maioria das molas originais de fábrica tem um fator de rigidez constante ou quase constante chamado de taxa da mola (spring rate). Quando a mola é comprimida ou distendida, a força necessária para alterar o comprimento da mola permanece a mesma. A taxa da mola é linear desde a distensão total até a compressão total. Isso permite maior conforto sobre as elevações grandes e pequenas, mas pouco faz para minimizar a rolagem da carroceria em curvas fortes.

Molas com taxa progressiva tem um funcionamento mais suave durante a parte inicial da compressão ou distensão, mas tornam-se progressivamente mais duras a medida que a força é continuamente aplicada. Isso é normalmente obtido mudando a forma da mola. A capacidade de começar macia e tornar-se mais dura quando a pressão aumenta permite a mola absorver as irregularidades das ruas num nível de conforto satisfatório. Na pista sob grandes forças de frenagem ou curva, a região mais rígida da mola entra em ação para reduzir a rolagem da carroceria comparada as molas originais. Comparada com uma mola especial de competição, há um pouco mais de rolagem até a mola adquirir seu caráter mais rígido, mas esse é o compromisso de um carro de uso misto pista/rua.

A maioria das molas progressivas já é em torno de 15% mais duras que as originais e tornam-se mais rígidas a partir daí. Embora ofereçam uma absorção de impactos aceitável, elas farão com que o carro fique com um rodar visivelmente mais áspero, especialmente em obstáculos maiores quando a mola fica mais dura. Entretanto, visto o sucesso desse tipo de mola, o custo-benefício é considerado bom por seus usuários.

Ao escolher o jogo de molas a ser instalado, você deve saber quão mais rígidas as molas são que as originais, se são progressivas ou lineares e quanto vão alterar a altura do carro. Se você estiver preocupado com a perda de conforto, ande em outro carro que já esteja equipado com essas molas. Muita gente endurece suas suspensões para correr eventualmente e descobrem que nos 97% restantes de uso do carro não precisam disso.

Você também deve saber quais as outras mudanças na suspensão você vai fazer no carro, inclusive rodas e pneus, e conversar com um técnico que tenha experiência no seu tipo de carro. Certas combinações de molas, amortecedores e perfil de pneu funcionarão melhores que outras. Um mecânico de uma loja especializada ou de uma equipe de corrida pode lhe dar conselhos a partir de sua experiência em testes.

## **Usando Molas para Rebaixar o Carro**

Outra coisa relacionada a escolha da mola é a altura do carro. Nas ruas, a variedade de superfícies das ruas, quebra-molas, canais de drenagem e rampas elevadas exigem que o carro tenha uma altura razoável do solo para evitar danos ao carro.

Em competição, a altura do carro tem um impacto significativo no centro de gravidade do veículo (CG) que é uma das maiores influências nas características de transferência de peso. Idealmente o CG deve ser tão próximo do solo quanto possível e os carros de corrida serão rebaixados tanto quanto o regulamento permitir. Monopostos de fórmula são rebaixados o máximo possível até o ponto de não tocar o solo, o que acaba sendo 1,25cm ou menos em pistas muito lisas.

O modo prático de baixar o CG é rebaixar o carro, e o modo mais direto de fazer isso em um carro de rua é com molas mais curtas. A maioria dos carros de rua podem ser rebaixados um pouco do seu ajuste de fábrica, mas há muitas limitações práticas no desenho do sistema de suspensão. Um compromisso realista precisa ser encontrado que considere o vão-livre necessário para as ruas e a suspensão do carro.

Carros extremamente baixos podem parecer legais (ou ao menos ter um visual parecido com o carro de corrida que tentam imitar) e se for feito direito, terão um comportamento melhor na pista, mas há algumas limitações nas ruas. Molas muito curtas podem causar interferência em outros componentes da suspensão como os amortecedores. Adicionalmente, a geometria (conexões e o comprimento das peças) são desenhados levando em conta um determinado comprimento de mola para manter o alinhamento correto das rodas. Um carro muito rebaixado que não altere o resto da suspensão ficará certamente com excesso de cambagem e possivelmente terá efeitos adversos no câster e convergência. Você pode achar que fica bonito, mas isso reduzirá severamente a dirigibilidade do carro.

Você deveria consultar alguém com experiência no seu carro antes de comprar molas que pareçam rebaixar seu carro ao máximo. Essa mola pode exigir um amortecedor específico ou outras mudanças na suspensão para melhorar de verdade o comportamento do carro.

Falando em amortecedores, geralmente é necessário comprar amortecedores mais rígidos em conjunto com as molas. As molas sozinhas vão abaixar o CG e reduzir a rolagem da carroceria, mas nenhuma das duas é função primária da mola. Para as imperfeições da pista os amortecedores trabalham em conjunto com as molas e são desenhados levando em conta as taxas de ambos. Ao transpor uma elevação, uma mola dura pode resistir bem a

primeira compressão, mas sem capacidade de amortecimento suficiente, o carro vai balançar mais do que deveria depois, o que no final reduz a dirigibilidade. Ainda, molas mais rígidas vão desgastar os amortecedores originais mais rápido. Eles irão durar por algum tempo, mas irão progressivamente ficar mais fracos e diminuir a performance geral.

Se você só pode gastar em molas ou amortecedores, continue poupando até poder ter os dois, ou comece com os amortecedores. Amortecedores especiais sozinhos permitirão um controle mais firme de compressão e distensão e maior controle sobre a taxa de transferência de peso e melhorarão a dirigibilidade mais do que as molas mais rígidas fariam sozinhas.

## **Outra Opção: Kits Mola-Amortecedor**

Há uma oferta crescente de kits mola-amortecedor para carros de rua. O kit mola-amortecedor é uma montagem combinada do amortecedor e da mola onde a mola apoia-se em uma base de altura regulável.

Kits mola-amortecedor foram desenhados para otimizar a performance em competição, e muitas características desses kits parecem torná-los a melhor opção para modificar a suspensão.

Primeiro, kits mola-amortecedor permitem que o carro seja rebaixado mais do que as molas progressivas com amortecedores convencionais. Isso é sem dúvida uma coisa boa para o controle da transferência de peso, mas como dissemos antes, pode causar a perda do conforto e potencializar danos em um carro de rua.

Segundo, a taxa das molas é geralmente muito mais dura até do que as molas progressivas, e são usualmente lineares. Na pista, não há necessidade de molas progressivas, e kits mola-amortecedor criados para competição não precisam delas. Isso também permite que a mola seja mais curta e é daí que vem o maior potencial de rebaixamento.

A finalidade e vantagem principal do kit mola-amortecedor é permitir o ajuste individual da altura de cada uma das extremidades do carro. Essa possibilidade de ajustar a altura permite manipular o centro de gravidade do carro. Em particular, mudando a localização do CG para frente ou para trás ou para os lados, a transferência de peso pode ser controlada para influir em um determinado pneu do carro. Se você puder pré-ajustar o carro de modo a distribuir a transferência de peso de uma determinada maneira, você pode otimizar a aderência de um pneu e melhorar a velocidade geral do carro através das curvas.

Elevar a traseira do carro move o CG mais à frente. Elevar a frente do carro empurra o CG mais para a traseira. O lado esquerdo ou direito também podem ser elevados ou rebaixados independentemente. Com esses ajustes, você pode reduzir a quantidade de perda de aderência de determinados pneus durante a transferência de peso.

Por exemplo, numa pista com alto percentual de curvas de alta à direita, você pode ajustar o carro de modo a reduzir a transferência de peso para o pneu dianteiro esquerdo e aumentar o peso que permanece sobre o traseiro direito. Comparado ao mesmo carro com altura fixa, aquele com kits mola-amortecedor ajustáveis será capaz de aumentar a aderência geral a partir de uma distribuição de peso mais equilibrada durante a carga dinâmica das curvas para a direita.

Então, isso soa como uma modificação sensacional a fazer, certo? Bem, ela é - para competição. Como dissemos, para as ruas essa é uma modificação extrema. Você pode ser durão e conviver com o desconforto da rodagem, mas você terá passageiros de muito mau-humor.

É possível minimizar o desconforto usando molas mais macias, ou mesmo molas progressivas para o mesmo problema. Entretanto, essas molas serão mais longas, não vão permitir que o carro seja tão rebaixado, anulando sua principal vantagem. Algumas pessoas usam molas mais rígidas para pista, então trocam por molas mais macias para uso nas ruas até a próxima corrida.

## Resumo

- Molas permitem que as rodas permaneçam em contato com a superfície da pista ao transpor obstáculos. Quanto mais irregular a superfície da pista, mais macia a mola precisa ser. Em um carro de rua, não é comum você trocar as molas com facilidade, mas ao selecionar uma mola de reposição você deve entender o balanço entre conforto de marcha e desempenho na pista que você deseja e identificar a mola mais adequada para aquele compromisso.
- Rebaixar o carro com molas mais curtas também reduzirá a transferência de peso, mas rebaixamento excessivo (além da faixa projetada dos demais componentes da suspensão) causará outros problemas que trarão perdas a dirigibilidade e cria condições potencialmente muito inseguras se a suspensão chegar ao fim do curso facilmente.
- Molas progressivas são desenhadas para reduzir a rolagem da carroceria e manter melhor área de contato do pneu durante as curvas, além de reduzir a transferência de peso ao custo de sacrificar um pouco o conforto de marcha.
- Um kit mola-amortecedor é geralmente o melhor conjunto para competição. O carro é significativamente rebaixado, as molas são em geral muito mais duras para controlar a rolagem da carroceria e a altura de cada extremidade do carro pode ser ajustada permitindo controlar o centro de gravidade e a transferência de peso. Kits mola-amortecedor são modificações extremas para uso nas ruas e tornam o conforto de marcha insuportável para a maioria das pessoas.
- Em todas as mudanças de rigidez de mola, especialmente kits mola-amortecedor, assegure-se de testar o carro que tenha instaladas as peças que você pretende trocar. Essa é uma modificação que você precisa experimentar antes de comprar para ter certeza que você pode conviver com o desconforto durante os 97% do tempo que você não está competindo.

## Amortecedores



Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_shocks.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_shocks.shtml)

*A função primária do amortecedor é frear a oscilação da mola após a roda se deslocar ao transpor elevações ou buracos.*

Se você já leu o texto sobre molas, você sabe que a tarefa da mola é fazer com que o pneu mantenha contato constante com a superfície da pista. É a mola que realmente absorve os impactos das irregularidades do piso.

Dessa forma, ao contrário do nome usado nos EUA, a função do "shock absorber" não é absorver os choques dos obstáculos da pista. Essa é a tarefa da mola. O propósito do amortecedor é na verdade frear a oscilação da mola. Por essa razão, fora dos EUA o amortecedor é conhecido como dampener (ou damper).

Nós dissemos que a mola retém a energia que a permite retornar a sua forma original após ter sido comprimida ou distendida. Infelizmente, uma mola não volta a sua forma original e fica lá. Você provavelmente já visualizou que quando uma mola é comprimida ou dobrada ela oscila para frente e para trás com menos intensidade a cada oscilação até que finalmente fica em repouso outra vez. Se você já viu um carro velho balançar sem parar depois de passar por uma irregularidade, você viu o que as molas fazem com um carro com amortecedores que não tem mais eficiência. Isso não é bom para o controle seguro do veículo e certamente não é nada bom para uma dirigibilidade eficiente em corrida.

A função do amortecedor é controlar essa oscilação. Em um carro de passageiros, o projetista pode definir com que rapidez o amortecedor freia a mola. Se o amortecimento for imediato, o carro terá melhor controle da taxa de transferência de peso, mas um rodar mais áspero. Se o amortecimento for um pouco mais lento, permitindo talvez 2 ou 3 oscilações, o rodar será muito mais suave.

Em competição, nós precisamos que o amortecimento seja quase imediato. A oscilação do carro sobre as molas cria mudanças erráticas na área de contato e na pressão mecânica sobre o pneu. Ambas condições reduzem a aderência dos pneus. Qualquer balanço na carroceria do veículo deve ser eliminado para permitir que a condição de máxima aderência retorne tão rapidamente quanto possível aos pneus.

Entretanto, assim como com as molas, é possível ter um amortecedor duro demais. Primeiro, se os amortecedores são mais duros que as molas, o efeito será o de exacerbar a rigidez da mola, e elas não cumprirão sua função de absorção de impactos.

Em segundo lugar, um amortecedor tem o efeito principal de afetar o quão rapidamente a transferência de peso acontece nas mudanças dinâmicas de aceleração, frenagem e curva. Quanto mais duro o amortecedor, mais rápida a transferência de peso acontece. Isso ajudará o carro a ter uma direção muito rápida, mas a transferência pode ser rápida demais para o piloto.

Especialmente em curvas, o piloto deve ser capaz de induzir uma transferência de peso suave e sentir os pneus atingirem sua máxima aderência. Se a transferência de peso for

muito rápida, o piloto não irá sentir os pneus se aproximando do limite e provavelmente excederá a aderência possível causando excessivas derrapagens ou rodadas.

Quando for modificar seu carro, iniciar com as peças mais incríveis que você pode comprar não é necessariamente o ponto de partida correto. Amortecedores específicos para competição serão duros demais para as ruas e farão com que o carro salte nas irregularidades. Adicionalmente, você talvez não tenha a sensibilidade para perceber o nível de aderência dos pneus quando contornando curvas na máxima velocidade.

Para ajudar com o uso misto rua/pista e permitir algum nível de ajuste de dirigibilidade, existem muitos amortecedores de reposição que são reguláveis. Um controle manual (ou mesmo eletrônico) permite selecionar vários ajustes que são progressivamente mais rígidos. Esses amortecedores podem estar na sua regulagem mais macia (mesmo assim ainda são mais rígidos que os originais) para uma rodagem suave nas ruas, ou na mais dura para pista de modo a minimizar a rolagem e melhorar a resposta da direção. Por serem ajustáveis também permitem um acerto mais fino de dirigibilidade para uma determinada pista. Amortecedores ajustáveis podem ainda ser usados para corrigir um pouco situações de saída de frente ou traseira.

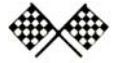
Se você não pode gastar com amortecedores ajustáveis, não presuma que mais duro é o melhor para um amortecedor sem regulagem. Os amortecedores devem ser escolhidos conhecendo-se as molas com que serão usados. Um amortecedor muito duro vai exacerbar a força da mola reduzindo sua eficiência. Se o amortecedor não for ajustável, então casar a dureza do amortecedor com a rigidez das molas é algo ainda mais crítico. Você deveria consultar uma loja experiente nesse assunto.

Converse com um técnico familiarizado com seu carro e descubra quais amortecedores oferecem a melhor performance para o nível de modificação do seu carro. O amortecedor "matador" que alguém está usando pode não ser o melhor para você.

## Resumo

- A função do amortecedor é controlar a oscilação resultante do movimento das molas ao transpor obstáculos. Quanto mais duro o amortecedor, mais rápido o amortecimento. O amortecedor também controla a velocidade da transferência de peso. Quanto mais resistente à compressão (ou bump como é freqüentemente chamado), mais rápida a transferência de peso acontece, o que determina quão rapidamente os pneus vão adquirir sua "forma" em uma curva e a resultante resposta de direção do carro.
- É possível ter um amortecedor rígido demais que exacerbará a função das molas e resultará em transferências de peso muito rápidas para a experiência e sensibilidade do piloto para perceber quando o limite de aderência do pneu é atingido em uma curva (geralmente resultando em muitas rodadas).
- Amortecedores precisam ser selecionados conhecendo-se as medidas das molas.

## Barras Estabilizadoras



Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_antiroll.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_antiroll.shtml)

A função da barra estabilizadora é reduzir a inclinação da carroceria em acréscimo a resistência a rolagem das molas.

Uma barra estabilizadora, também conhecida como barra anti-rolagem ou barra de torção, é uma barra ou tubo que se conecta a alguma parte dos lados esquerdo e direito da suspensão. Em suspensões independentes, o ponto de conexão geralmente é no braço inferior.

A maioria dos carros possui uma barra estabilizadora dianteira e quase todos os carros esportivos têm barras dianteira e traseira. Barras de reposição serão mais rígidas que as originais.

### Resistência à Rolagem

Barras estabilizadoras são usadas para reduzir a rolagem da carroceria em curvas. Elas aumentam a resistência a rolagem das molas. Já que a função principal da mola é manter o máximo contato com a pista durante as imperfeições do piso, temos que nos valer da resistência à rolagem disponível, e ela raramente é suficiente. A barra estabilizadora aumenta a resistência a rolagem sem precisar de uma mola mais dura. Uma barra de rolagem corretamente escolhida reduzirá a inclinação da carroceria nas curvas melhorando a aderência, mas não afetará a rodagem nem reduzirá a eficiência do pneu em manter uma boa área de contato com o solo.

Então, por que limitar a rolagem da carroceria melhora a dirigibilidade? A geometria de suspensão de um carro de rua (o comprimento e os pontos de conexão das peças) é desenhada para manter a base do pneu paralela ao solo de modo a maximizar a área de contato. Em outras palavras, a suspensão do carro tem uma determinada relação geométrica com o solo. A inclinação muda essa relação e reduz a capacidade da suspensão em manter o pneu paralelo ao solo.

Durante a rolagem da carroceria o carro não está mais paralelo ao solo, tampouco a geometria da suspensão. Apesar da suspensão permitir que a roda tenha uma certa independência da carroceria, as altas forças centrífugas e a grande inclinação resultante na pista fazem com que a suspensão chegue perto do seu limite, o que afeta o ângulo da roda.

Grandes inclinações da carroceria fazem as rodas se inclinarem para fora da curva, o que ergue as extremidades do pneu e reduz a área de contato. Enquanto isso pode ser compensado fazendo-se com que a roda se incline de forma oposta a esse efeito (aumentando a cambagem negativa), existe um limite prático que não é suficiente na maioria dos carros para compensar completamente a rolagem da carroceria. A barra estabilizadora reduz a inclinação e dessa forma ajuda a manter o máximo de área de contato possível.

Como acontece com todas as coisas boas, mais é melhor até certo ponto. Porque a barra estabilizadora se conecta aos lados esquerdo e direito, isso reduz a independência das

suspensões independentes. Uma barra rígida demais e você pode fazer com que a roda esquerda ou direita perca muito da sua capacidade de responder independentemente às irregularidades da pista. O propósito da suspensão é manter a máxima área de contato do pneu com a pista. O propósito da suspensão independente é permitir que as rodas esquerda e direita busquem esse contato separadamente. A roda esquerda pode precisar se mover para baixo quando a direita precisa mover-se para cima. Se elas estivessem diretamente unidas por um eixo rígido, uma ou ambas não estaria atingindo máximo contato. De fato, uma barra estabilizadora muito dura pode fazer com que a roda do lado interno perca completamente o contato com o solo em uma curva forte.

Ao entrar na curva, a barra irá se torcer fazendo com que a ponta do lado externo seja empurrada para baixo e a ponta do lado interno seja erguida (da mesma maneira que a carroceria). No pneu do lado externo, essa pressão para baixo ajuda a aumentar a aderência. Entretanto, no pneu interno, a barra de rolagem está empurrando a suspensão para cima reduzindo a pressão para baixo que a mola está tentando exercer para manter o pneu no chão. Se a barra estabilizadora for dura demais, terá o efeito de enrijecer a mola, impedindo-a de se distender o suficiente para manter o pneu no solo e a roda realmente levanta do chão. Essa não é uma situação ideal, mas é comum em várias categorias de corrida. O motivo não deve-se a má engenharia, mas às limitações de regulamento que levam o engenheiro a compensá-las.

## **Roll Couple**

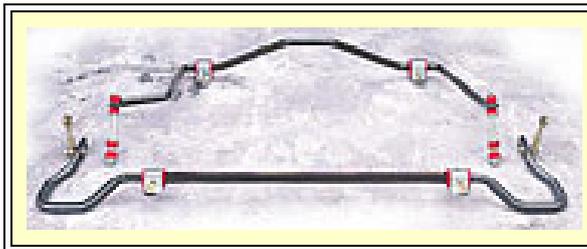
A barra estabilizadora também é usada para ajustar o roll coupling do chassi. Roll couple é a relação entre a resistência à rolagem da frente e da traseira do carro.

O ajuste de roll couple, por causa de seus efeitos na aderência influencia a tendência do carro a sair de frente ou de traseira. Apesar dessa tendência ser causada por vários fatores, a barra estabilizadora (especialmente a ajustável), pode ser usada para compensar.

Como mencionamos, a barra estabilizadora ajuda a aumentar a pressão mecânica no pneu externo durante uma curva. Isso aumenta a aderência daquele pneu e daquela extremidade do carro (frente ou traseira). Um aumento de aderência naquela extremidade pode deixar o extremo oposto com muito pouca aderência. Surge um desequilíbrio e uma extremidade do carro vai perder aderência antes da outra. Se os pneus dianteiros perderem aderência antes dos traseiros o carro vai sair de frente. Se os pneus traseiros perderem aderência antes dos dianteiros o carro sairá de traseira. Mudar a rigidez da barra estabilizadora pode ajustar isso.

## Resumo

- A barra estabilizadora reduz a rolagem da carroceria de modo a manter a geometria da suspensão e o pneu paralelo ao solo. Barras mais rígidas reduzem mais a rolagem, mas uma barra dura demais pode interferir na independência das suspensões e em casos extremos levantar o pneu interno do solo em curvas fortes.
- A barra estabilizadora pode ser um elemento principal de ajuste para reduzir uma tendência excessiva a sair de frente ou de traseira. Mas usada incorretamente, também pode causá-la.
- Como outras peças que você comprar para seu carro, a maior e mais rígida barra estabilizadora raramente será a escolha apropriada. Procure alguém que tenha experiência no seu carro e que leve em conta os amortecedores e molas que você já tem instalados.



A barra estabilizadora conecta as suspensões esquerda e direita para aumentar a resistência à rolagem das molas. As barras podem ter formas irregulares para contornar os componentes do chassi, como as mostradas na foto, ou podem ser muito mais simples dependendo do carro.

## Barras de Amarração



**Página original:** [http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_chassis.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_chassis.shtml)

Apesar de ser feito de aço (ou outros materiais), o chassi e a carroceria de todos os carros se flexionam. Quando o carro percorre uma curva, as forças envolvidas farão com que o carro se torça. Isso precisa ser minimizado.

Essa torção não é a inclinação da carroceria causada pela distensão das molas em um lado e da compressão do outro. É uma torção real dos painéis da carroceria. Semelhante a flexão do sistema de suspensão, essa torção afeta a área de contato dos pneus e de fato afeta a suspensão ao mudar o alinhamento do sistema em relação a carroceria e a superfície da pista.

A modificação mais comum para reduzir essa torção é instalar uma barra de amarração das torres de suspensão. A estrutura da carroceria, por necessidade, tem várias aberturas para acomodar as portas e janelas, o capô do motor e do porta malas, ou a porta traseira em modelos hatchback. Essas aberturas, semelhantes a grandes buracos recortados em uma caixa, reduzem a resistência da carroceria e fazem com que o carro se torça com mais facilidade.

As barras de amarração acrescentam uma barra sólida unindo o topo das torres dos amortecedores (apenas por ser um ponto conveniente que pode ser conectado usando-se uma barra reta ou quase reta) para preencher o espaço em dois dos maiores buracos que atravessam o carro: o cofre do motor e o porta-malas. Em curvas essas barras aumentam a rigidez e reduzem a torção geral da carroceria.

Normalmente as barras de amarração são simplesmente aparafusadas às torres. Em acréscimo a essa instalação, lojas especializadas na modificação de seu modelo de carro podem também conhecer outros pontos fracos do chassi que se beneficiem dessa amarração especial.

Um tipo de barra será melhor que outra? Provavelmente, mas no geral elas serão todas bem parecidas, e quase sempre além da sua capacidade de notar a diferença. Alguns carros podem acomodar barras que vão diretamente de uma torre a outra. Outros podem não ter espaço no cofre do motor para isso e podem conectar as torres dos amortecedores a parede de fogo. Da mesma forma, alguns carros terão espaço para a barra de amarração traseira e outros não.

O próximo estágio em enrijecimento do chassi é adicionar uma gaiola de proteção a capotagem. Apesar de ser principalmente um recurso de segurança, a gaiola é soldada ou aparafusada ao chassi em vários pontos o que aumenta a resistência a torção.

Existem vários tipos de gaiolas ou barras de capotagem (santo-antônio). A diferença entre uma barra de capotagem e uma gaiola é a complexidade da estrutura e a necessidade de proteção. Geralmente a função do santo-antônio é apenas fornecer uma estrutura que resista ao afundamento do teto do carro contra a cabeça do piloto. É formada usualmente por uma única barra unida a barras de sustentação de modo a ter quatro pontos de ancoragem no chassi do carro para maior força (uma barra de capotagem com apenas dois pontos de fixação é inútil em competição).

Uma gaiola de capotagem é uma estrutura mais completa desenhada para proteger o piloto por todos os lados. Obviamente é mais segura, mas pode ser impraticável em um carro de uso misto para a rua e para a pista já que exige grandes modificações nos painéis internos do carro.

Para uso em corridas contra o relógio ou AutoCross, o santo-antônio de 4 pontos aumenta significativamente a segurança no caso de capotagem sem sacrificar demais o interior do carro. Entretanto vai impossibilitar o uso do banco traseiro. Ainda que os passageiros caibam, a proximidade com as barras de aço projetadas para segurança dos passageiros dos bancos dianteiros torna o ambiente muito perigoso para os que vão atrás.



A maneira mais comum de reduzir a flexão da carroceria é usar barras de amarração das torres de suspensão como essas unindo as torres dianteiras ou traseiras.

## Tabela de Ajustes

Página original: [http://www.turnfast.com/tech\\_handling/handling\\_tuningtable.shtml](http://www.turnfast.com/tech_handling/handling_tuningtable.shtml)

Acertar um carro de modo a obter uma ótima dirigibilidade está longe de ser uma ciência exata. Guias como esse a seguir são úteis para resumir o impacto que certos componentes tem sobre o carro. Entretanto, não fornece soluções específicas considerando-se o carro, piloto e condições de pista, ou o nível das alterações necessárias.

Essa tabela resume a função básica dos componentes da suspensão e seus efeitos no comportamento do carro.

Componentes da Suspensão e Efeitos na Dirigibilidade				
Componente	Função	Ideal	Pouco	Muito
<b>Molas</b> (Springs)	Manter o contato do pneu com a superfície da pista ao transpor irregularidades. Também servem como resistência a rolagem da carroceria.	Tão rígida quanto possível sem fazer com que o carro saia do chão ao encontrar um obstáculo.	A mola se fecha completamente (as espiras se batem sob compressão total). Muita rolagem da carroceria, mudanças de direção lentas.	Molas muito duras farão com que o pneu perca aderência. O carro vai balançar e sair do chão, perdendo aderência.
<b>Amortecedores</b> (Shocks ou Dampers)	Frear as oscilações da mola após transpor obstáculos.	Rígido o suficiente para minimizar a oscilação para apenas um ciclo.	Se o amortecedor é muito mole, a carroceria continuará a balançar várias vezes após um impacto e tornará o carro muito "bobo" durante frenagem, aceleração e curvas. Isso causará um efeito errático na transferência de peso e aderência do pneu.	Se for muito duro, vai impedir que a mola faça o seu trabalho sobre uma irregularidade da pista. Se a distensão (rebound) é muito alta, não vai permitir que o pneu desça numa depressão. O amortecedor muito duro impede o trabalho das molas e o carro será muito difícil de controlar em pistas acidentadas.
<b>Barras Estabilizadoras</b> (Anti-Roll Bars ou Sway Bars)	Devem ser duras o suficiente para minimizar a rolagem da carroceria, equilibrar a aderência entre a frente e a traseira em curvas e não permitir que as rodas percam contato com o solo.	O ajuste correto é apenas suficiente para minimizar a mudança de cambagem causada pela rolagem da carroceria em curvas. Isso permitirá que os pneus fiquem tão planos quanto possível para melhorar a área de contato.	Quando a carroceria se inclina, muda a geometria da suspensão fazendo com que a roda se incline demais e reduza a área de contato do pneu. Pouca resistência em uma das extremidades do carro em relação a outra pode fazer com que o lado oposto perca aderência prematuramente.	Pode fazer com que a roda do lado interno saia do chão em curvas. Rigidez excessiva de uma extremidade em relação a outra pode fazer o lado mais rígido perder aderência antes (também influenciam as molas, amortecedores e calibragem do pneu).

<b>Pressão do Pneu</b> (Tire Pressure)	<p>Manter a área de contato com a pista equilibrada ao longo da largura total do pneu.</p>	<p>Apenas o suficiente para que a temperatura da superfície fique semelhante por toda a largura.</p>	<p>A banda de rodagem ficará côncava e o centro não estará ajudando a obter a máxima aderência (a temperatura central será mais baixa).</p>	<p>A banda de rodagem ficará convexa e as extremidades não ajudarão a obter a máxima aderência (a temperatura central será mais alta).</p>
<b>Cambagem</b> (Camber)	<p>Ajustar o ângulo vertical da roda (a quantidade de inclinação para dentro ou para fora em relação a carroceria). Alguma cambagem negativa que move o topo da roda mais para perto da carroceria é a regra para boa performance em curvas.</p>	<p>A deflexão do pneu em curvas levantará a extremidade interna do pneu reduzindo o tamanho da área de contato.</p>	<p>A deflexão do pneu em curvas levantará a extremidade interna do pneu reduzindo o tamanho da área de contato.</p>	<p>O lado externo do pneu fica impedido de atingir a pista mesmo durante as curvas, o que reduz a área de contato. Também limita a área de contato durante aceleração e frenagem. Dirigibilidade em retas será menos estável.</p>
<b>Convergência e Divergência Dianteira</b> (Front Toe-In/Toe-Out)	<p>Estabilizar o carro em linha reta e ajudar a resposta de direção. Vista de cima, a convergência é a quantidade de ângulo das rodas relativa a linha longitudinal do carro. É medida pela diferença na distância entre a frente da roda contra a parte de trás. Se as partes da frente estão mais separadas que as de trás, então temos divergência (toe-out).</p>	<p>Divergência na dianteira é preferida para aumentar a resposta da direção e ajudar a minimizar a saída de frente. Entretanto, pode fazer com que o carro fique instável ao dirigir na rua. Idealmente na frente deve haver um equilíbrio entre estabilidade em linha reta (obtida com convergência) versus resposta rápida de direção (obtida com divergência).</p>	<p>Resposta de direção lenta. Saída de frente exagerada.</p>	<p>Carro muito nervoso em linha reta. O carro ficará mudando constantemente de direção induzido pelas imperfeições da pista. Também pode causar desgaste rápido dos pneus. A faixa típica é de 0,3cm a 0,6cm de divergência. 0,6cm pode ser demais para a rua.</p>
<b>Convergência e Divergência Traseira</b> (Rear Toe-In/Toe-Out)	<p>Mesma da convergência e divergência dianteira.</p>	<p>Para a maior parte das situações, a convergência é preferida para estabilizar a rodagem em linha reta.</p>	<p>A traseira do carro será menos estável em linha reta.</p>	<p>Desgaste de pneus acelerado. Tipicamente o ajuste de fábrica é adequado.</p>
<b>Altura</b> (Ride Height)	<p>Ajustar a altura de cada extremidade independentemente, dessa forma realocando o centro de gravidade e manipulando a transferência de peso.</p>	<p>Em geral, cada extremidade será tão baixa quanto possível com uma ou mais ajustadas para a máxima aderência do pneu buscando um comportamento neutro.</p>	<p>Não para ser interpretado como pouco, mas uma extremidade mais baixa que a outra induz a transferência de peso para ela. Esse pode ser o efeito desejado.</p>	<p>Não para ser interpretado como muito, mas uma extremidade mais alta do que a outra induz a transferência de peso para a extremidade diagonalmente oposta, reduzindo a carga.</p>

## Cenários de Testes

Antes de entrarmos nos cenários de teste, é necessário compreender a metodologia geral de teste. É necessário analisar o nível de dirigibilidade na pista inteira, verificar os dados de temperatura dos pneus, determinar quando é preciso um ligeiro, moderado ou grande ajuste. Lembre-se: altere uma coisa, teste e reavalie os dados. Se a mudança não foi uma melhoria, então volte como era antes e tente algo diferente. Sempre mude apenas uma coisa por vez. Se a mudança foi positiva, mas não perfeita, então continue em pequenos ajustes. Por exemplo, você pode fazer uma mudança grande como trocar a barra estabilizadora traseira por outra mais rígida, então fazer pequenas mudanças apenas nos amortecedores dianteiros um ponto por vez mais duros, e finalmente fazer um leve ajuste retirando uma libra de pressão do pneu traseiro direito.

Para grandes mudanças, ajuste o alinhamento (geralmente convergência e cambagem), troque as molas, troque as barras estabilizadoras (rigidez diferente), ou troque amortecedores.

Para mudanças moderadas, ajuste os amortecedores em duas ou quatro rodas, faça mudanças significativas na barra estabilizadora alongando ou encurtando os pontos de fixação em diversas posições, ou faça grandes mudanças na pressão do pneu (maior que 2 libras). Pequenas mudanças de alinhamento poderiam ser consideradas moderadas, mas sem o equipamento e o conhecimento, essa é uma grande mudança para um piloto de final de semana com um carro de rua.

Pequenas mudanças são obtidas ajustando a pressão dos pneus em 1 libra, acertando os ajustes de um ou dois amortecedores ou fazendo uma única mudança na posição da fixação da barra estabilizadora.

Os tempos da volta total ou dos segmentos da pista serão o julgamento final da melhoria de desempenho (junto com o desgaste dos pneus). Se você está ajustando para ser mais rápido através do setor X, então se certifique de tomar o tempo apenas do setor X para ver se as mudanças foram de fato melhorias. A seguir, você vai querer saber se os ajustes para o setor X não pioraram a performance nos outros setores da pista que aumentaram o tempo total da volta. Finalmente, você vai querer ter certeza que as mudanças não estão causando desgaste acelerado dos pneus.

Cenário	
<b>Saída de frente apenas ao entrar em curvas fechadas</b>	
<b>Técnica de pilotagem</b>	<p>Freie antes, libere os freios mais gradualmente, possivelmente freie um pouco mais de tempo dentro da curva e faça a tomada um pouco mais cedo com um arco mais suave em direção a tangência.</p> <p>Esse é um problema comum com pilotos inexperientes. A tendência é querer fazer aquela freada lá dentro, mas a tomada de curva em pânico que vem em seguida faz com que os pneus dianteiros percam a aderência e derrapem na parte inicial da tomada. Acalme-se, e faça a tomada mais suavemente.</p> <p>Se o problema é apenas em uma ou duas curvas e o carro se comporta bem no restante, então a técnica de pilotagem é definitivamente a cura recomendada. Não arruine um acerto de boa dirigibilidade para melhorar uma ou duas curvas de menor importância mexendo nos ajustes do carro.</p>
<b>Pressão de pneu</b>	<p>Se a técnica de pilotagem não ajudar, tente primeiro um ajuste de pressão. Duas opções prováveis: diminua na frente, ou aumente a pressão dos pneus traseiros. Para decidir em qual mexer, examine as temperaturas. Em particular, observe a temperatura central. Se as temperaturas centrais na frente parecem um pouco altas, então diminua a calibragem dos pneus dianteiros em 1 libra. Se as temperaturas do centro do pneus traseiros parece um pouco baixa então aumente-a em 1 libra. Tente uma, depois a outra, se necessário. Se nenhum funcionou, volte as pressões como estavam.</p>
<b>Amortecedores</b>	<p>Duas opções: amoleça os dianteiros, ou endureça os traseiros.</p> <p>Se o problema é apenas nas curvas para a esquerda então tente amolecer o dianteiro esquerdo, ou endurecer o traseiro direito.</p> <p>Se o problema é com as curvas para a direita então tente amolecer o dianteiro direito e endurecer o traseiro esquerdo.</p> <p>Se nenhuma dessas mudanças funcionar, volte aos ajustes iniciais.</p>
<b>Molas</b>	<p>Para esse problema, uma mudança nas molas provavelmente não é recomendada.</p>
<b>Barras estabilizadoras</b>	<p>Mesmo que para os amortecedores, amoleça a frente ou endureça a traseira.</p>
<b>Alinhamento</b>	<p>Acrescente mais 0,1cm de divergência na frente.</p> <p>Acrescente mais meio grau de cambagem negativa.</p>