



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0318560-5 B1

(22) Data do Depósito: 24/10/2003

(45) Data de Concessão: 08/08/2017



(54) Título: MÉTODO E SISTEMA PARA DETERMINAR UM ÂNGULO DE DESVIO DE UM PNEUMÁTICO MONTADO EM UM VEÍCULO EM MOVIMENTO, E MÉTODO PARA CONTROLAR UM VEÍCULO EM MOVIMENTO

(51) Int.Cl.: B60C 23/06; G01M 17/02; B60T 8/00

(73) Titular(es): PIRELLI PNEUMATICI S.P.A.

(72) Inventor(es): FEDERICO MANCOSU; MASSIMO BRUSAROSCO; DANIELE AROSIO

“MÉTODO E SISTEMA PARA DETERMINAR UM ÂNGULO DE DESVIO DE UM PNEUMÁTICO MONTADO EM UM VEÍCULO EM MOVIMENTO, E MÉTODO PARA CONTROLAR UM VEÍCULO EM MOVIMENTO”

[1] A presente invenção diz respeito a um método e sistema para determinar um ângulo de desvio para determinar um ângulo de desvio de um pneumático montado em um veículo, durante rodagem de um veículo como esse.

[2] Informação relacionada às condições do pneumático devem ser providas a um sistema de controle do veículo a fim de controlar o veículo. Por exemplo, tal informação pode incluir uma relacionada à carga exercida nos pneumático ou no comprimento da região de contato entre o pneumático e o terreno. Por exemplo, a Patente U.S. 5.793.285 revela um método e aparelho para monitorar pneumáticos em um veículo, medindo continuamente a distância entre o eixo do veículo associado (ou uma parte do corpo do veículo conectada rigidamente a ele) e a estrada, enquanto o veículo estiver em operação. A partir desta medição, é determinada a deflexão do pneumático. De acordo com os autores, a deflexão do pneumático medida representa uma medida relativamente exata da respectiva carga do pneumático. Quando a deflexão do pneumático determinada fugir de uma faixa desejada predeterminada, um sinal de alerta é transmitido.

[3] O pedido de patente PCT no. WO 03/016115 revela um método para determinar o carregamento ou carga exercida em um pneumático de um veículo motorizado e/ou para monitorar a pressão do pneumático, em que a pressão em cada pneumático é detectada durante a operação do veículo e o comportamento rotacional das rodas individuais é observado. Os parâmetros de distribuição de carga são também determinados comparando o comportamento rotacional e/ou mudanças no dito comportamento rotacional das rodas individuais durante os dados estados de acionamento, levando-se

me conta variáveis pré-estabelecidas e/ou determinadas e/ou aprendidas. A pressão do pneumático e os parâmetros de distribuição de carga são usados para determinar a carga ou carregamento exercido nos pneumáticos e/ou perda de pressão. Além disso, o pedido de Patente U.S. 2003/0058118 revela um veículo e um sistema, aparelho e método de monitoramento de pneumático de veículo, para determinar a deflexão ou deformação induzida pela carga de um pneumático de veículo. Com base nisto, são fornecidas informações relacionadas à deflexão, tal como carga do pneumático, massa molar total do conteúdo de ar e distribuição de massa do veículo.

[4] A US-6.538.566 descreve um processo para o monitoramento em serviço da condição de um pneumático de uma roda que roda em uma estrada, o pneumático tendo uma banda de rodagem, o processo compreendendo as etapas de: prover no pneumático, próximo à banda de rodagem, um sensor miniatura para detectar aceleração radial; monitorar as variações na medição do sensor; detectar uma diminuição na aceleração radial, a dita diminuição correspondendo a uma zona da banda de rodagem em contato com o terreno; e medir um período de fases de baixa aceleração radial e uma fração deste período durante o qual a aceleração radial é baixa, a dita fração dentro de cada período sendo relacionada com um comprimento da dita zona onde a banda de rodagem está em contato com o terreno, e dessa forma a condição do pneumático.

[5] A EP-0.887.211 diz respeito a pneumáticos para veículos e em particular a um sistema para monitorar pneumáticos pelo monitoramento de sua deflexão. O sistema compreende: um dispositivo sensor arranjado operacionalmente em relação ao pneumático para criar um pulso elétrico durante o passe da pegada correspondente a uma deformação do pneumático; meios para calcular uma relação da duração do dito pulso elétrico para a duração de uma revolução; meios para transmitir a dita relação a uma unidade de avaliação colocada no veículo; em que o dito dispositivo sensor é colocado

dentro da área da banda de rodagem do dito pneumático a fim de que o dito pulso elétrico apresente um primeiro máximo na entrada e um segundo máximo na saída do dito passe da pegada.

[6] De acordo com o requerente, seria proveitoso medir o ângulo de desvio de um pneumático montado em um veículo durante a rodagem de um veículo como esse em uma superfície de rolamento. O ângulo de desvio é um parâmetro básico para controlar um veículo e evitar qualquer instabilidade do mesmo, tais como, por exemplo, instabilidades de guinada. Deve-se notar que um certo ângulo de desvio que é estabelecido em um veículo resultaria em um ângulo de desvio diferente de um pneumático. Isto se dá por diversos motivos, incluindo o fato de que um pneumático é feito de borracha que se deforma. Assim, o ângulo de desvio ao qual os pneumáticos são submetidos durante uma manobra de curva não pode ser facilmente deduzido a partir de uma medição feita no veículo.

[7] O requerente deparou com o problema de determinar em tempo real, isto é, durante a rodagem do veículo, e de uma maneira confiável, o ângulo de desvio ao qual o pneumático montado no veículo é sujeito.

[8] De acordo com um seu primeiro aspecto, a presente invenção fornece um método para determinar um ângulo de desvio de um pneumático montado em um veículo durante uma rodagem do dito veículo em uma superfície de rolamento, o dito pneumático compreendendo um plano equatorial, o método compreendendo as etapas de: estimar um comprimento de uma região de contato entre o dito pneumático e a dita superfície de rolamento, o dito comprimento sendo medido a uma distância do plano equatorial; estimar uma carga exercida no dito pneumático; estimar um ângulo de cambagem ao qual o dito pneumático é submetido; derivar tal ângulo de desvio do dito ângulo de cambagem, carga do pneumático e comprimento da região de contato.

[9] Preferivelmente, a etapa de medir o comprimento de uma

região de contato compreende a etapa de adquirir um primeiro sinal de aceleração.

[10] Preferivelmente, o método compreende uma etapa de filtrar o dito primeiro sinal em um filtro passa baixa.

[11] Preferivelmente, a etapa de adquirir um primeiro sinal compreende adquirir um sinal de aceleração tangencial.

[12] Alternativamente, a etapa de adquirir um primeiro sinal compreende medir uma distância entre um valor máximo e um valor mínimo do dito primeiro sinal.

[13] Preferivelmente, a etapa de adquirir um primeiro sinal compreende adquirir um sinal de aceleração radial.

[14] Proveitosamente, a etapa de adquirir um primeiro sinal compreende medir uma distância entre dois máximos do dito primeiro sinal.

[15] Preferivelmente, a etapa de derivar o ângulo de desvio a partir do ângulo de cambagem, da carga do pneumático e do comprimento da região de contato compreende a etapa de prover curvas características da região de contato em função do ângulo de desvio para pelo menos uma carga de pneumático.

[16] Preferivelmente, o método compreende a etapa adicional de prover uma equação de ajuste que aproxima as curvas características da região de contato em função do ângulo de desvio.

[17] Preferivelmente, a etapa de prover uma equação de ajuste que aproxima as curvas características da região de contato em função do ângulo de desvio compreende a etapa de prover a equação de uma linha reta em um plano, caracterizado pela etapa adicional de associar valores da inclinação e interceção para condições predeterminadas de carga do pneumático e ângulo de cambagem para o dito pneumático.

[18] De acordo com um seu segundo aspecto, a presente invenção fornece um sistema para determinar um ângulo de desvio de um pneumático

montado em um veículo durante uma rodagem do dito veículo em uma superfície de rolamento, o pneumático compreendendo um plano equatorial, o sistema compreendendo: um dispositivo para medir um comprimento de uma região de contato entre o dito pneumático e a dita superfície de rolamento, o dito comprimento sendo medido a uma distância do plano equatorial; um dispositivo para estimar a carga do pneumático exercida no dito pneumático; um dispositivo para estimar um ângulo de cambagem ao qual o dito pneumático é submetido; e pelo menos uma unidade de processamento sendo adaptada para derivar o ângulo de desvio a partir do dito ângulo de cambagem, a carga do pneumático e o comprimento da região de contato.

[19] Preferivelmente, o dispositivo de medição compreende pelo menos um acelerômetro radial que produz pelo menos um sinal de aceleração radial.

[20] Preferivelmente, o dispositivo de medição compreende pelo menos um acelerômetro tangencial que produz pelo menos um sinal de aceleração tangencial.

[21] Preferivelmente, o dispositivo para estimar a carga do pneumático exercida no dito pneumático compreende pelo menos um acelerômetro radial que produz pelo menos um sinal de aceleração radial.

[22] Alternativamente, o dispositivo para estimar a carga do pneumático exercida no pneumático compreende pelo menos um acelerômetro tangencial que produz pelo menos um sinal de aceleração tangencial.

[23] Preferivelmente, o dispositivo de medição e o dispositivo para estimar a carga do pneumático exercida no dito pneumático compreende um dispositivo de amostragem adaptado para amostrar o dito sinal a uma frequência de pelo menos 5 kHz.

[24] Proveitosamente, o dispositivo de amostragem é adaptado para amostrar o dito sinal a uma frequência de pelo menos 7 kHz.

[25] Vantajosamente, o sistema compreende adicionalmente pelo menos uma memória associada com a dita unidade de processamento.

[26] Preferivelmente, a pelo menos uma memória compreende funções características pré-armazenadas que descrevem um comprimento esperado da região de contato em função do ângulo de desvio, correspondente a condições predeterminadas de carga e cambagem do pneumático.

[27] Preferivelmente, o dispositivo de medição é incluído em um dispositivo sensor localizado em uma parte da área da banda de rodagem do dito pneumático.

[28] Preferivelmente, o dispositivo sensor fica disposto a uma distância do plano equatorial do dito pneumático compreendida entre 15 % e 30 % da largura da banda de rodagem, mais preferivelmente entre 18 % e 28 % da largura da banda de rodagem, ainda mais preferivelmente entre 20 % e 25 %.

[29] Preferivelmente, o dispositivo sensor é preso a um revestimento interno do pneumático.

[30] Preferivelmente, o sistema compreende um elemento de amortecimento entre o dito sensor e do dito revestimento interno.

[31] Preferivelmente, o dispositivo sensor inclui adicionalmente um dispositivo de transmissão.

[32] Preferivelmente, o dispositivo de transmissão é conectado operacionalmente a uma primeira antena.

[33] Preferivelmente, o sistema compreende adicionalmente um dispositivo de filtro adaptado para filtra o dito sinal de aceleração em um filtro passa baixa.

[34] Preferivelmente, o sensor compreende adicionalmente uma fonte de alimentação.

[35] Preferivelmente, a fonte de alimentação compreende uma bateria.

[36] Preferivelmente, a fonte de alimentação compreende um dispositivo de auto-acionamento, sendo adaptado para gerar energia elétrica em decorrência de tensões mecânicas a que se submete o dito dispositivo sensor durante rodagem do dito veículo.

[37] Preferivelmente, o dispositivo de auto-acionamento compreende um elemento piezoelétrico.

[38] Preferivelmente, o dispositivo de auto-acionamento compreende um circuito de armazenamento elétrico.

[39] Preferivelmente, o circuito de armazenamento elétrico compreende um resistor e um capacitor.

[40] Preferivelmente, a unidade de processamento é incluída no dito dispositivo sensor.

[41] Preferivelmente, o sistema compreende adicionalmente uma unidade fixa localizada no veículo, compreendendo um dispositivo receptor para receber dados do dito dispositivo sensor.

[42] Preferivelmente, o dito dispositivo receptor compreende uma segunda antena.

[43] Preferivelmente, a primeira antena e a segunda antena são adaptadas para transmissão de dados a uma frequência compreendida entre 400 e 450 MHz.

[44] De acordo com um seu terceiro aspecto, a presente invenção fornece um método de controlar um veículo que tem pelo menos um pneumático montado nele, que compreende: determinar um ângulo de desvio do dito pneumático; passar o dito ângulo de desvio determinado a um sistema de controle de veículo do veículo; e ajustar pelo menos um parâmetro no dito sistema de controle de veículo com base no dito ângulo de desvio determinado.

[45] Preferivelmente, o dito sistema de controle de veículo compreende um sistema de controle de freio, e a etapa de ajustar pelo menos

um parâmetro compreende ajustar a força de frenagem no dito pneumático.

[46] Alternativamente, o sistema de controle de veículo compreende um sistema de controle de direção, e a etapa de ajustar pelo menos um parâmetro compreende selecionar uma variação máxima permitida a partir dos comandos de direção.

[47] Ainda alternativamente, o sistema de controle de veículo compreende um sistema de controle da suspensão, e a etapa de ajustar pelo menos um parâmetro compreende ajustar uma rigidez de uma mola de suspensão associada com o dito pneumático.

[48] Recursos e vantagens adicionais da presente invenção serão mais bem ilustrados pela descrição detalhada seguinte de um exemplo da mesma, dado aqui com referência aos desenhos anexos, em que:

- A figura 1 mostra uma seção transversal de um pneumático incluindo uma tríade de dispositivos sensores de acordo com uma modalidade preferida da invenção;
- A figura 2 mostra um diagrama de uma modalidade de unidade fixa incluída em um sistema de acordo com a invenção;
- A figura 3 mostra um diagrama de uma modalidade de dispositivo sensor incluído em um pneumático de acordo com a invenção;
- A figura 4 mostra uma curva de aceleração radial de exemplo obtida depois da filtragem de um sinal de aceleração radial;
- A figura 5 mostra uma curva de aceleração tangencial de exemplo obtida depois da filtragem de um sinal de aceleração tangencial;
- A figura 6 mostra um gráfico com curvas de comprimentos de pegadas de contato medidos por um acelerômetro interno em função dos ângulos de desvio;
- A figura 7 mostra um gráfico com curvas de comprimentos de pegadas de contato medidos por um acelerômetro externo em função de ângulos de desvio;

- A figura 8 mostra um gráfico com curvas de comprimentos de pegadas medidos por um acelerômetro central em função de ângulos de desvio;
- As figuras 9a e 9b mostram curvas de exemplo de inclinações de linhas retas que ajustam as curvas das figuras 6 e 7 em função da carga do pneumático;
- As figuras 10a e 10b mostram curvas de exemplo de interseção de linhas retas que ajustam as curvas das figuras 6 e 7 em função do ângulo de desvio;
- As figuras 11a e 11b mostram curvas de exemplo de inclinações de linhas retas de ajuste de curvas das figuras 10a e 10b em função da carga do pneumático;
- As figuras 12a e 12b mostram curvas de exemplo de interseção de linhas retas de ajuste das curvas das figuras 10a e 10b em função da carga do pneumático; e
- A figura 13 mostra um gráfico com uma curva do comprimento da pegada medida pelo dispositivo sensor central em função da carga do pneumático.

[49] A figura 1 mostra uma seção transversal de uma roda que compreende um pneumático 11 e um aro de suporte 12. O pneumático 11 mostrado na figura 1 é de um tipo convencionalmente conhecido como “sem câmara”, isto é, ele não inclui uma câmara de ar. Este pneumático pode ser inflado por meio de uma válvula de inflamento 13 posicionada, por exemplo, no canal do dito aro 12. O pneumático é montado em um veículo (não mostrado).

[50] O pneumático 11 inclui uma carcaça 16, terminando em dois talões 14 e 14', cada qual formado ao longo de uma borda circunferencial interna da carcaça 16, para fixar o pneumático 11 no aro de suporte correspondente 12. Os talões 14, 14' compreendem respectivos núcleos

anulares de reforço 15 e 15', conhecidos como núcleos do talão. A carcaça 16 é formada por pelo menos uma lona de reforço, incluindo cordões têxteis ou metálicos, que se estendem axialmente de um talão 14 até o outro 14' em um perfil toroidal, e tendo suas extremidades associadas com um respectivo núcleo do talão 15 e 15'. Em pneumáticos do tipo conhecido como radial, os cordões supramencionados ficam dispostos essencialmente em planos contendo o eixo de rotação do pneumático. Uma estrutura anular 17, conhecida com estrutura de correia, é colocada em uma posição radialmente externa em relação à carcaça 16. Tipicamente, a estrutura de correia 17 inclui uma ou mais tiras de material elastomérico que incorporam cordões de metal e/ou têxteis que se sobrepõem. Uma banda de rodagem 18 de material elastomérico é enrolada em torno da estrutura de correia 17 e impressa com um padrão em relevo para o contato de rolamento do pneumático com o terreno. Dois costados 19 e 19' de material elastomérico, cada qual se estendendo radialmente para fora da borda externa do talão correspondente 14 e 14', são também colocados na carcaça 16 em posições laterais axialmente opostas. Em pneumáticos sem câmara, a superfície interna da carcaça 16 é normalmente coberta com um revestimento 111, isto é, com uma ou mais camadas de material elastomérico impermeável ao ar. Outros elementos conhecidos, tais como, por exemplo, cargas do talão, podem ser providos, de acordo com o desenho específico do pneumático 11.

[51] Pelo menos um dispositivo sensor 3i, 3e, que será descrito com detalhes no resto da descrição, está associado com o pneumático 11. O pelo menos um dispositivo sensor 3i, 3e é usado para calcular a pegada de contato do pneumático, a saber, o comprimento de uma região de contato entre o pneumático e a superfície de rolamento, a uma distância do plano equatorial do pneumático. O pelo menos um dispositivo sensor 3i, 3e pode ser vantajosamente localizado em uma parte da área da banda de rodagem do pneumático 11, isto é, a região do pneumático 11 prolongada axialmente entre

os costados do pneumático 11. Mais particularmente, tal sensor fica disposto em uma região de ombro da área da banda de rodagem do pneumático, isto é, a uma certa distância do plano equatorial E do pneumático. Preferivelmente, tal sensor fica disposto na região do ombro mais distante em relação ao veículo (dispositivo sensor externo), uma vez que as medições feitas por um dispositivo sensor externo durante a curva variam mais acentuadamente do que as medições fornecidas por um dispositivo sensor interno. Entretanto, em uma modalidade preferida, dois dispositivos sensores 3i, 3e podem ficar dispostos de forma substancialmente simétrica em relação ao plano equatorial do pneumático 11. Esta modalidade é vantajosa em particular para verificação cruzada das medições. Preferivelmente, os dois dispositivos sensores são colocados substancialmente ao longo do mesmo plano meridiano do pneumático. Em ainda uma modalidade adicional, um terceiro dispositivo sensor 3c é colocado na presente invenção, de forma preferível, substancialmente ao longo do mesmo plano meridiano e substancialmente ao longo do plano equatorial. Com os propósitos da presente invenção, o dispositivo sensor 3i que fica mais próximo do veículo é definido como “dispositivo sensor externo”. Com os propósitos da presente invenção, a expressão “substancialmente ao longo do mesmo plano meridiano” contempla uma certa quantidade de desalinhamento dos sensores em relação ao dito plano meridiano, que pode ser expressa em termos do ângulo compreendido entre os planos meridianos definidos pelas posições do sensor. Preferivelmente, o desalinhamento tolerado pode corresponder a um ângulo menor ou igual a 5°, mais preferivelmente menor ou igual a 3°, ainda mais preferivelmente menor ou igual a 1°. Preferivelmente, os dispositivos sensores externo e/ou interno devem ficar dispostos a uma distância do plano equatorial do pneumático compreendida entre 15 % e 30 % da largura da banda de rodagem, mais preferivelmente entre 18 % e 28 % da largura da banda de rodagem, ainda mais preferivelmente entre 20 % e 25 % da largura

da banda de rodagem. Por exemplo, em um pneumático que tem uma largura da banda de rodagem de 195 mm, dois dispositivos sensores 3i, 3e podem ficar dispostos em lados opostos em relação ao plano equatorial, cada qual a uma distância de 45 mm dele.

[52] Os dispositivos sensores 3c, 3i, 3e são preferivelmente presos no revestimento interno 111 do pneumático 11. Um elemento de fixação 332 se adere tanto ao dispositivo sensor como o revestimento interno 11. Materiais adequados para o elemento de fixação 332 podem incluir no geral borrachas flexíveis, tais como, por exemplo, borracha natural ou borracha sintética, por exemplo, borrachas feitas de dienos conjugados com 4 a 10 átomos de carbono, tais como borracha de poliisopreno, polibutadieno e estireno-butadieno e similares. Em modalidades preferidas, um material incluído no elemento de fixação 332 deve ter um efeito de amortecimento, a fim de garantir a fixação dos dispositivos sensores na superfície interna do pneumático pela minimização das tensões mecânicas exercidas na superfície de fixação durante o uso do pneumático 11. Além disso, um material de amortecimento reduz a probabilidade de danos nos dispositivos sensores impedindo a transmissão das referidas tensões ao dispositivo. Materiais de amortecimento adequados podem ter uma dureza Shore A (medida a 23°C de acordo com a Norma ASTM D2240) de cerca de 1 a cerca de 40, e um retorno (medido a 23°C de acordo com a Norma ASTM D1054) menor do que cerca de 60. Elastômeros de dieno reticulados ou materiais de gel de poliuretano podem ser adaptados a fim de se adequarem a estas especificações de amortecimento. Para melhor adesão entre os dispositivos sensores e o revestimento 111, pode ser vantajoso dispor um elemento adesivo adicional, por exemplo, um filme adesivo de dupla face entre o elemento de fixação 332 e a superfície interna do revestimento 11 e/ou entre o elemento de fixação 332 dos dispositivos sensores 3e, 3i 3c. Um filme adesivo dupla face apropriado pode ser o Scotch® 300SL HI Strength, comercializado pela 3M. Em

modalidades alternativas, os dispositivos sensores 3c, 3i, 3e podem ser incorporados na estrutura do pneumático na área da banda de rodagem, por exemplo, dentro da banda de rodagem, ou entre a tira da correia externa e a banda de rodagem.

[53] Em uma modalidade preferida da presente invenção (não mostrada), diversos grupos de dispositivos sensores podem ficar dispostos dentro do pneumático 11, em posições circunferenciais espaçadas umas das outras, de forma preferível substancialmente com o mesmo ângulo. Por exemplo, três grupos de dispositivos sensores podem ficar localizados dentro do pneumático, espaçados circunferencialmente uns dos outros em um ângulo substancialmente de 120°. Cada grupo de dispositivos sensores pode compreender um ou mais dispositivos sensores. Com relação ao número, a disposição e a fixação dos dispositivos sensores no pneumático em cada grupo, é feita referência ao que foi dito. Mais particularmente, dispositivos sensores correspondentes pertencentes a diferentes grupos podem ficar localizados substancialmente ao longo de um mesmo plano paralelo ao plano equatorial do pneumático.

[54] O uso de diversos grupos de dispositivos sensores dispostos em posições circunferencialmente espaçadas dentro do pneumático permite alcançar mais precisão e confiabilidade das medições feitas, bem como um melhor monitoramento do pneumático durante todo o giro da roda.

[55] Os dispositivos sensores 3c, 3i, 3e são adaptados para comunicar com uma unidade externa ao pneumático 11. Tal unidade externa será referida a seguir como “unidade fixa”. A unidade fixa pode ser localizada no veículo no qual o pneumático 11 é montado.

[56] Por exemplo, a figura 2 mostra um diagrama de blocos de uma unidade fixa 2, que compreende um dispositivo para receber do dispositivo sensor 3c, 3i, 3e incluído no pneumático 11. Preferivelmente, a unidade fixa 2 também compreende um dispositivo para transmitir ao dito dispositivo sensor

3c, 3i, 3e. O dispositivo receptor pode compreender um receptor de radiofrequência 26 conectado a uma primeira antena 25, referida a seguir como “antena fixa”. Preferivelmente, o dispositivo receptor também compreende um dispositivo demodulador elétrico 27. Uma memória 28, tal como, por exemplo, uma EPROM, pode armazenar os dados recebidos pelo dispositivo sensor 3c, 3i, 3e e demodulados pelo demodulador 27. Em modalidades preferidas, a memória 28 é associada com uma unidade de processamento central (CPU, não mostrada na figura 2) a fim de realizar cálculos a partir dos dados recebidos pelo dispositivo sensor 3c, 3i, 3e e/ou armazenados na memória 28. A memória 28 pode também armazenar arquivos históricos, por exemplo, de medições de instabilidade do veículo, ou das etapas que o sistema de controle executou para controlar o veículo, ou de alarmes exibidos ao motorista do veículo, ou de cargas excessivas. O dispositivo de transmissão preferivelmente compreende um circuito do oscilador 23, que supre um circuito do controlador 24 para a antena fixa 25. Se a unidade fixa 2 ficar localizada no veículo, a energia elétrica exigida para acionar a unidade fixa 2 pode ser suprida diretamente pela bateria do veículo.

[57] Cada dispositivo sensor 3c, 3e ou 3i, dos qual um diagrama de blocos exemplar está mostrado na figura 3, compreende em termos gerais um dispositivo 31 para transmissão de dados à dita unidade fixa e um dispositivo de medição 32 adaptado para medir o comprimento da região de contato entre o pneumático 11 e a estrada (de forma mais geral, uma superfície de rolamento). O dispositivo de medição 32 pode compreender preferivelmente um acelerômetro radial e/ou tangencial. Tal acelerômetro deve ser capaz de suportar e medir corretamente valores de aceleração muito altos, já que tanto aceleração radial como tangencial (em particular a aceleração radial) suportadas pela área da banda de rodagem do pneumático podem atingir, a alta velocidade, valores de 500-1.000 g, em que g é a aceleração da gravidade. Em uma modalidade alternativa, o dispositivo de medição 32 pode

compreender um extensômetro, cujo sinal de saída dá uma medida da flexão da parte da área da banda de rodagem monitorada. Com os propósitos de medição do comprimento da pegada de contato, o dispositivo de medição 32 adquire um sinal representativo da deformação à qual a parte da área da banda de rodagem correspondente à posição do dispositivo sensor 3c, 3e, 3i é submetida. A fim de realizar uma determinação do ângulo de desvio do pneumático em tempo real, o sinal deve ser adquirido com alta precisão, preferivelmente, em qualquer volta do pneumático. Com este propósito, e levando-se em conta a frequência de rotação de um pneumático particular (particularmente a alta velocidade), o dispositivo de medição 32 preferivelmente inclui um dispositivo de amostragem (não mostrado) capaz de permitir a leitura do sinal de deformação a uma frequência de pelo menos 5 kHz, mais preferivelmente a uma frequência de pelo menos 7 kHz, de maneira a fornecer um sinal amostrado deste. Em modalidades preferidas, o dispositivo de medição 32 pode também incluir um sensor de pressão e/ou um sensor de temperatura. Entretanto, medições de pressão ou temperatura não precisam de uma amostragem a alta frequência. Em modalidades alternativas, um sensor de pressão e/ou temperatura pode ficar disposto externamente ao dispositivo sensor 3e, 3i ou 3c, por exemplo, com a válvula do pneumático. Cada dispositivo sensor 3c, 3i, 3e tipicamente inclui também uma antena 37 referida a seguir como “antena móvel” conectada operacionalmente no dito dispositivo de transmissão 31, para transmissão de dados à antena fixa da unidade fixa. A transmissão da antena móvel à antena fixa, e/ou vice-versa, pode ocorrer a radiofrequências de telemetria convencionais, por exemplo, em uma banda compreendida entre 400 e 450 MHz (por exemplo, a 418 MHz ou 433 MHz).

[58] Cada dispositivo sensor 3c, 3i, 3e pode incluir adicionalmente uma unidade de processamento (CPU) 34 associada com um dispositivo de memória 35. Este dispositivo de memória 35 pode conter locais de memória

regraváveis nos quais informação a respeito das medições feitas pelo dispositivo de medição 32 pode ser armazenada. Além disso, ele pode conter também instruções pré-armazenadas para a unidade de processamento 34, adequadas para pré-processar os sinais provenientes da unidade de medição 32 antes da transmissão, a fim de reduzir a quantidade de informação transmitida do pneumático 11. Mais particularmente, o sinal de deformação pode ser pré-processado a fim de detectar pontos característicos, tais como, por exemplo, máximo e mínimo, cujas coordenadas podem ser transmitidas ao dispositivo de transmissão 31 para a transmissão à unidade fixa. Isto resulta em economia de largura de banda de transmissão e energia exigida para a transmissão. Além, disso, um dispositivo de filtro (não mostrado) pode ficar disposto entre a unidade de medição 32 e a unidade de processamento 34, a fim de filtrar o sinal de deformação no filtro passa baixa e discriminar o sinal útil proveniente do ruído de alta frequência causado pela interação da banda de rodagem e da estrada. Entretanto, tal filtragem pode ser provida por componentes eletrônicos incluídos no dispositivo de medição 32 ou como instruções de pré-processamento adicionais armazenadas na memória 35.

[59] Uma fonte de alimentação 33 permite energizar os dispositivos sensores 3c, 3i, 3e. A fonte de alimentação 33 pode incluir uma bateria. Entretanto, para uma determinação do ângulo de desvio do pneumático em tempo real, pode ser exigido um grande consumo de energia elétrica pelo dispositivo de medição 32 (em particular, por um dispositivo de amostragem de alta frequência), pela unidade de processamento 34 e pelo dispositivo de transmissão 31, de maneira tal que a bateria pode ter uma pequena vida útil, comparada com a vida total do pneumático. Assim, em modalidades preferidas, a fonte de alimentação 33 inclui um dispositivo de auto-acionamento, que gera eletricidade em decorrência das tensões mecânicas às quais o dito dispositivo de auto-acionamento é sujeito (por exemplo, força centrífuga, ou deformações do revestimento, ou movimentos por causa de

deslocamento em estradas irregulares). Como um exemplo, materiais piezoelétricos podem ser usados no dispositivo de auto-acionamento para tal propósito. O dispositivo de auto-acionamento também inclui um circuito de armazenamento de energia elétrica (não mostrado), tipicamente incluindo um resistor e um capacitor. Como uma alternativa adicional, os dispositivos sensores 3c, 3i, 3e podem ser energizados pela unidade fixa por meio de um dispositivo receptor adequado (não mostrado) conectado na antena móvel 31.

[60] O dispositivo para distribuir a energia elétrica 36 preferivelmente distribui devidamente a energia elétrica provida pela fonte de alimentação 33 à dita unidade de processamento 34, ao dito dispositivo de memória 35, ao dito dispositivo de transmissão 31 e ao dito dispositivo de medição 32, de acordo com as suas exigências.

[61] Notou-se que não é necessário incluir o dispositivo de medição, a parte de transmissão na unidade fixa e os componentes eletrônicos de controle em um único dispositivo sensor empacotado. Por exemplo, os componentes eletrônicos de controle e a parte de transmissão para a unidade fixa poderiam ser empacotados em um dispositivo separado preso a outras partes do pneumático ou da roda (por exemplo, no aro, ou no costado), associado com uma conexão por fio ou sem fio (por exemplo, ótico ou de radiofrequência) a um dispositivo de medição localizado na parte da área da banda de rodagem do pneumático.

[62] A figura 4 mostra, a título de exemplo, uma parte de uma curva de aceleração radial típica obtida pelo dispositivo sensor incluindo um acelerômetro radial, preso no revestimento interno de um pneumático, depois de uma amostragem e filtragem do sinal de aceleração correspondente. Deve-se perceber que, na passagem sob a região de contato, o nível de aceleração centrífuga radial detectado pelo acelerômetro aumenta abruptamente uma primeira vez, em seguida cai substancialmente até zero, e em seguida aumenta abruptamente uma segunda vez. Em outras posições, a aceleração radial

detectada pelo acelerômetro tem um nível médio relacionado com a velocidade rotacional do pneumático em rolamento: tanto maior a velocidade, tanto maior a aceleração detectada.

[63] A curva de figura 4 mostra que, quando a parte da área da banda de rodagem correspondente à posição de um dispositivo de detecção começa e termina sua passagem sob a região de contato, tal parte da área da banda de rodagem é submetida a uma forte deformação radial (correspondente aos picos mostrados na curva), enquanto que, em outras posições, tal parte da área da banda de rodagem praticamente não é submetida a deformações (correspondente a um valor de aceleração substancialmente constante fora da região de contato). A distância entre os dois máximos do sinal de aceleração radial é indicativa do comprimento da pegada de contato PL. Diferentes valores de comprimentos de contato poderiam ser dados pelas medições realizadas nos sinais adquiridos pelos dispositivos sensores interno e externo, PLi e PLe, respectivamente.

[64] Em uma alternativa, ou em combinação com uma medição feita na direção radial, uma medição em uma direção tangencial pode também ser feita. A figura 5 mostra, a título de exemplo, uma parte de uma curva de aceleração tangencial típica, obtida por um dispositivo sensor incluindo um acelerômetro tangencial preso no revestimento interno do pneumático, depois de uma amostragem e uma filtragem do sinal de aceleração correspondente. Deve-se notar que, na passagem sob a região de contato, o nível da aceleração tangencial detectada pelo acelerômetro aumenta abruptamente uma primeira vez, em seguida cai para um valor negativo, e em seguida aumenta abruptamente uma segunda vez. Em outras posições, a aceleração tangencial detectada pelo acelerômetro tem um nível médio substancialmente igual a zero, se o pneumático estiver rodando a uma velocidade constante. A curva da figura 5 mostra que, quando a parte da área da banda de rodagem correspondente à posição do acelerômetro começa e termina sua passagem

sob a pegada de contato, tal parte de área da banda de rodagem é submetida a uma forte deformação tangencial (correspondente ao máximo e mínimo mostrados na curva), enquanto que, em outras posições, tal parte da área da banda de rodagem praticamente não é submetida a deformações (correspondente ao valor de aceleração tangencial substancialmente igual a zero fora da pegada de contato).

[65] A distância entre o máximo do sinal da aceleração radial ou entre os valores máximo e o mínimo do sinal da aceleração tangencial é assim indicativo do comprimento da pegada de contato PL.

[66] Mais particularmente, PL pode ser vantajosamente calculado pelos sinais de aceleração radial e tangencial pela fórmula seguinte:

$$PL = \omega_i \cdot r_r \cdot np_f \cdot 1/f_s$$

em que:

f_s : frequência de amostragem do sinal de aceleração;

r_r : raio de rolamento livre do pneumático;

np_f : número de pontos medidos entre os dois máximos do sinal de aceleração radial ou entre o máximo e o mínimo do sinal de aceleração tangencial; e

ω_i : velocidade rotacional instantânea do pneumático.

A velocidade angular instantânea do pneumático pode ser calculada a partir de um sinal de aceleração radial por

$$\sqrt{(a_i / r_r)}$$

em que a_i é a aceleração radial média calculada antes ou depois de entrada na área de contato com a superfície de rolamento (isto é, usando uma parte do sinal de aceleração radial fora dos picos mostrados na figura 4).

[67] Em uma modalidade preferida, usando uma pluralidade de dispositivos sensores localizados dentro do pneumático em diferentes posições circunferenciais, um primeiro dispositivo sensor localizado fora da pegada de contato poderia ser usado a fim de medir o nível de aceleração

radial média a (e assim derivar a velocidade rotacional instantânea do pneumático) em tempo real, no mesmo intervalo de tempo em que o segundo dispositivo sensor passa sob a pegada de contato. Componentes eletrônicos de controle simples podem ser implementados dentro dos dispositivos sensores a fim desencadear as medições necessárias. Os algoritmos necessários para a análise supradescrita dos sinais gerados pelo acelerômetro podem ser armazenados na memória do dispositivo sensor, a fim de ser usados pela unidade de processamento associada.

[68] Deve-se notar que outros métodos ou fórmulas poderiam ser usados com o propósito de estimar o comprimento da pegada de contato. Diferentes valores de comprimentos de contato poderiam ser atribuídos pelas medições feitas nos sinais adquiridos pelos dispositivos sensores interno e externo, PL_i e PL_e , respectivamente.

[69] A fim de explicar os princípios da invenção, os resultados de diversos testes realizados pelo requerente usando um pneumático “Pireli® P6® 195/65R15 serão descritos a seguir. Em uma primeira série de testes, o requerente colocou em gráfico diversas diferentes curvas de PL_i , a saber, o comprimento da pegada de contato medida por um acelerômetro tangencial interno 3i em função do ângulo de desvio, correspondentes a diferentes cargas de pneumático, no mesmo gráfico, na pressão nominal de inflamento. Para cada carga de pneumático, diversos ângulos de cambagem (-2° , -1° , 0° , $+1^\circ$, $+2^\circ$) foram estabelecidos. A figura 6 mostra tal gráfico, com curvas de comprimento de pegada PL_i medida pelo acelerômetro interno (ordenada) em função do ângulo de desvio (abscissa) para diferentes cargas a uma velocidade constante de 40 km/h, com os seguintes valores de carga de pneumático: as curvas 61 correspondem a uma carga de pneumático de 2.000 N; as curvas 62 a uma carga de pneumático de 3.500 N; as curvas 63 a uma carga de pneumático de 5.000 N e as curvas 64 a uma carga de pneumático de 6.500 N. Para cada carga de pneumático, as curvas correspondentes a

diferentes ângulos de cambagem (-2° , -1° , 0° , $+1^\circ$, $+2^\circ$) foram indicadas por diferentes linhas. Conforme se pode ver, as curvas dependem do ângulo de cambagem e da carga do pneumático. Em particular, todas as curvas podem ser consideradas substancialmente linhas retas.

[70] Mais particularmente, analisando-se as curvas, o requerente observou que:

- a) a inclinação das linhas retas depende da carga do pneumático, mas depende substancialmente do ângulo de cambagem;
- b) a interseção depende tanto do ângulo de cambagem como da carga do pneumático.

[71] Em uma segunda série de testes, o requerente colocou em gráfico diferentes curvas de PL_e , a saber, o comprimento da pegada de contato medido por um acelerômetro tangencial externo $3e$, em função do ângulo de desvio, correspondentes a diferentes cargas do pneumático, no mesmo gráfico, a pressão de inflamento nominal. Para cada carga de pneumático, diversos ângulos de cambagem (-2° , -1° , 0° , $+1^\circ$, $+2^\circ$) foram estabelecidos. A figura 7 mostra um gráfico desses, com as curvas do comprimento da pegada PL_e medido pelo acelerômetro externo (ordenada) em função do ângulo de desvio (abscissa) para diferentes cargas de pneumático a uma velocidade constante de 40 km/h, com os mesmos valores de carga do pneumático anterior. As curvas 71 correspondem a uma carga de pneumático de 2.000 N; as curvas 72 a uma carga de pneumático de 3.500 N; as curvas 73 a uma carga de pneumático de 5.000 N e as curvas 74 a uma carga de pneumático de 6.500 N. Para cada pneumático, as curvas correspondentes a diferentes ângulos de cambagem (-2° , -1° , 0° , $+1^\circ$, $+2^\circ$) foram indicadas por linhas diferentes. Conforme se pode ver pela figura 7, um resultado similar ao mostrado na figura 6 é obtido, tal que as mesmas considerações feitas antes (ver pontos a) e b)) também se aplicam neste caso.

[72] Em uma terceira série de testes, o requerente colocou em

gráfico diferentes curvas de PL_c , a saber, o comprimento da pegada de contato medido por um acelerômetro central 3c, em função do ângulo de desvio, correspondente a diferentes cargas do pneumático, no mesmo gráfico, a pressão de inflamento constante. Para cada carga do pneumático, diversos ângulos de cambagem (-2° , -1° , 0° , $+1^\circ$, $+2^\circ$) foram estabelecidos. A figura 8 mostra um gráfico desses, com as curvas do comprimento da pegada central PL_c medido pelo acelerômetro central (ordenada) em função do ângulo de desvio (abscissa) para diferentes cargas do pneumático a uma velocidade constante de 40 km/h, com os mesmos valores de carga do pneumático anterior. As curvas 81 correspondem a uma carga de pneumático de 2.000 N; as curvas 82 a uma carga de pneumático de 3.500 N; as curvas 83 a uma carga de pneumático de 5.000 N e as curvas 84 a uma carga de pneumático de 6.500 N. Para cada carga de pneumático, as curvas correspondentes a diferentes ângulos de cambagem (-2° , -1° , 0° , $+1^\circ$, $+2^\circ$) foram indicadas por diferentes linhas. Conforme se pode ver, surpreendentemente as curvas correspondentes a diferentes valores de ângulos de cambagem na mesma carga de pneumático, se sobrepõem substancialmente. Além disso, ainda surpreendentemente, as curvas mostram que, a um dado valor de carga do pneumático, PL_c depende fracamente do ângulo de desvio. Em outras palavras, o comprimento da pegada medido no centro do pneumático varia somente em função da carga do pneumático. Em particular, todas as curvas podem ser fundamentalmente consideradas como linhas retas horizontais.

[73] Assim, a derivação do ângulo de desvio de um valor de carga do pneumático e de um valor de comprimento da pegada medida no centro do pneumático praticamente não é possível.

[74] Em vista do exposto, o requerente concentrou sua atenção em medições do comprimento da pegada de contato fora de centro, por exemplo, obtidas somente por dispositivos sensores fora de centro, a saber, interno/externos. A fim de saber como o comprimento da pegada de contato

fora de centro, a carga do pneumático e o ângulo de desvio estão relacionados entre si, o requerente realizou uma caracterização do pneumático em teste. De acordo com uma modalidade preferida da presente invenção, as curvas das figuras 6 e 7 (a saber, o valor do comprimento da pegada que é medida em posições externa ou interna, em função do ângulo de desvio) podem ser representadas por uma função de ajuste adequada, preferivelmente uma equação linear (1) que é a equação de uma linha reta em um plano:

$$PL_{i/e} = K_{\alpha}(Fz) \cdot \alpha + Q(Fz, \gamma) \quad (1)$$

em que:

$PL_{i/e}$: comprimento da pegada medido em uma posição interna ou externa;

Fz : carga do pneumático exercida no pneumático;

α : ângulo de desvio

γ : ângulo de cambagem;

$K_{\alpha}(Fz)$: inclinação (depende somente da carga do pneumático);

e

$Q(Fz, \gamma)$: interseção (depende tanto da carga do pneumático como do ângulo de cambagem).

[75] A etapa de caracterização pode compreender a etapa de associar valores de $K_{\alpha}(Fz)$ e $Q(Fz, \gamma)$ para valores predeterminados de carga de pneumático Fz e ângulo de cambagem γ para o pneumático em teste.

[76] Conhecendo $K_{\alpha}(Fz)$ e $Q(Fz, \gamma)$, a partir de um conhecimento de i) o comprimento da pegada medido em uma posição externa (e/ou interna), ii) a carga do pneumático, e iii) o ângulo de cambagem, o ângulo de desvio pode ser inferido a partir das curvas das figuras 6 e 7 e/ou pela equação (1) como se segue:

$$\alpha = [PL_{i/e} - Q(Fz, \gamma)] / K_{\alpha}(Fz) \quad (2)$$

[77] Em uma primeira etapa de caracterização, o requerente derivou diversas curvas de inclinação $K_{\alpha}(Fz)$ em função de Fz a partir das curvas das

figuras 6 e 7. Duas curvas de exemplo de K_α em função de F_z estão colocadas em gráfico nas figuras 9a e 9b, para os dispositivos sensores interno e externo, respectivamente. Para cada carga e cada ângulo de cambagem, as linhas retas que ajustam os dados experimentais mostrados nas figuras 6 e 7 foram calculadas. Como a inclinação das linhas retas de ajuste depende substancialmente apenas da carga do pneumático vertical, para cada valor de carga um valor de inclinação médio foi calculado a fim de encontrar K_α (a média sendo feita entre os valores obtidos em diferentes ângulos de cambagem). Finalmente, os pontos que representam os valores de K_α em função de F_z foram colocados em gráfico e a função que melhor ajusta esses pontos foi pesquisada.

[78] Nos gráficos das figuras 9a e 9b, a carga do pneumático [N] está indicada na abscissa, enquanto que $K_\alpha(F_z)$ (em mm/g] está indicado na ordenada.

[79] De acordo com o requerente, a função que melhor ajusta a curva de pontos que representam os valores médios de K_α é a função logarítmica seguinte (3):

$$K_\alpha(F_z) = A K_\alpha \cdot \ln(F_z) + B K_\alpha \quad (3)$$

em que AK_α e BK_α são coeficientes de ajuste adequados, substancialmente relacionados somente com a estrutura do pneumático.

[80] Em uma segunda etapa de caracterização, o requerente também derivou diversas curvas da interseção $Q(F_z, \gamma)$ das curvas das figuras 6 e 7, a fim de derivar quanto a interseção Q depende da carga do pneumático e da cambagem. Para cada carga e cada ângulo de cambagem, as linhas retas de ajuste dos dados experimentais mostrados nas figuras 6 e 7 foram calculadas. Para cada valor de carga F_z , a interseção Q foi derivada das linhas retas de ajuste. Os pontos que indicam Q como uma função do ângulo de cambagem foram colocados em gráfico, e o requerente percebeu que $Q(\gamma)$ pode ser ajustado por uma linha reta em um plano. O mesmo foi feito para

diferentes cargas do pneumático, e linhas retas correspondentes foram obtidas, conforme mostrado nas figuras 10a, 10b (a figura 10a sendo para o dispositivo sensor interno, a figura 10 b sendo para o dispositivo sensor externo).

[81] Nos gráficos das figuras 10a e 10b, a cambagem [em °] está indicada na abscissa, enquanto que Q [em mm] está na ordenada. As três curvas da figura 10a estão relacionadas com cargas do pneumático de 2.000 N, 3.500 N e 5.000 N, respectivamente. Similarmente, as três curvas da figura 10b estão relacionadas com cargas do pneumático de 2.000 N, 3.500 N e 5.000 N, respectivamente.

[82] Conforme se pode ver, as curvas mostradas nas figuras 10a e 10b dependem substancialmente apenas da carga do pneumático. Em particular, todas as curvas podem ser consideradas substancialmente como linhas retas, em que a interseção depende fortemente da carga do pneumático, enquanto que, por outro lado, a inclinação depende ligeiramente dela.

[83] Assim, de acordo com uma modalidade preferida da presente invenção, $Q(F_z, \gamma)$ pode ser descrita pela seguinte função (4) de uma linha reta em um plano:

$$Q(F_z, \gamma) = K \gamma(F_z) \cdot \gamma + q \gamma(F_z) \quad (4)$$

em que:

γ : ângulo de cambagem;

$K\gamma(F_z)$: inclinação (depende ligeiramente da carga do pneumático); e

$q\gamma(F_z)$: interseção (depende ligeiramente da carga do pneumático).

[84] Em uma terceira etapa de caracterização, o requerente derivou, das curvas das figuras 10a e 10b, como a inclinação $K \gamma(F_z)$ depende da carga do pneumático F_z . Para os valores relevantes de F_z as inclinações das curvas das figuras 10a, 10b foram calculadas e colocadas em gráfico. As

curvas resultantes de $K_{\gamma}(F_z)$ em função de F_z estão mostradas nas figuras 11a, 11b (a figura 11a sendo para o dispositivo sensor interno enquanto que a figura 11b é para o dispositivo sensor externo). Nos gráficos das figuras 11a e 11b, a carga do pneumático está na abscissa (em N] e o coeficiente k_{γ} está na ordenada (em mm/°).

[85] De acordo com uma modalidade preferida da presente invenção, $K_{\gamma}(F_z)$ pode ser descrito por uma função de ajuste adequada, preferivelmente pela função parabólica seguinte (6):

$$K_{\gamma}(F_z) = A_{K_{\gamma}} \cdot F_z^2 + B_{K_{\gamma}} \cdot F_z + C_{K_{\gamma}} \quad (5)$$

em que $A_{K_{\gamma}}$, $B_{K_{\gamma}}$ e $C_{K_{\gamma}}$ são coeficientes adequados, substancialmente relacionados somente com a estrutura do pneumático.

[86] Em uma quarta etapa de caracterização, o requerente derivou, das curvas das figuras 10a e 10b, quanto a interseção $q_{\gamma}(F_z)$ depende da carga do pneumático F_z . Para os valores relevantes de F_z , as interseções das curvas das figuras 10a, 10b foram calculadas e colocadas em gráfico. As curvas resultantes de $q_{\gamma}(F_z)$ em função de F_z estão mostradas nas figuras 12a, 12b (a figura 12a sendo para o dispositivo sensor interno, enquanto que a figura 12b é para o dispositivo externo). Nos gráficos das figuras 12a e 12b, a carga do pneumático está na abscissa [em N] e o coeficiente q_{γ} está na ordenada [em mm].

[87] De acordo com uma modalidade preferida da presente invenção, $q_{\gamma}(F_z)$ pode ser descrito por uma função de ajuste adequada, preferivelmente pela função seguinte (7) de uma linha reta em um plano:

$$q_{\gamma}(F_z) = A_{q_{\gamma}} \cdot F_z + B_{q_{\gamma}} \quad (6)$$

em que $A_{q_{\gamma}}$, $B_{q_{\gamma}}$ são coeficientes adequados, relacionados substancialmente apenas com a estrutura do pneumático.

[88] Em vista de todas as etapas de caracterização, o requerente encontrou a seguinte fórmula preferida (7) que liga o comprimento da pegada de contato fora de centro com a carga do pneumático, o ângulo de cambagem

γ e o ângulo de desvio α .

$$PL_{i/e} = (A_{Ka} \cdot \ln(F_Z) + B_{Ka}) \cdot \alpha + [(A_{Ky} \cdot F_Z^2 + B_{Ky} \cdot F_Z + C_{Ky}) \cdot \gamma + (A_{qy} \cdot F_Z + B_{qy})] \quad (7)$$

[89] Assim, pela medição em tempo real de $PL_{i/e}$, bem como pelo conhecimento do ângulo de cambagem e da carga do pneumático, o ângulo de desvio pode ser calculado pela fórmula (8):

$$\alpha = \{PL_{i/e} - [(A_{Ky} \cdot F_Z^2 + B_{Ky} \cdot F_Z + C_{Ky}) \cdot \gamma + (A_{qy} \cdot F_Z + B_{qy})]\} / (A_{Ka} \cdot \ln(F_Z) + B_{Ka}) \quad (8)$$

[90] Os vários coeficientes de ajuste da fórmula (8) podem ser armazenados na memória incluída na unidade fixa ou nos dispositivos sensores 3 localizados na área da banda de rodagem do pneumático. A caracterização supradescrita do pneumático pode ser feita uma vez por modelo de pneumático, por exemplo, em testes em ambientes internos.

[91] As fórmulas supradescritas para cálculo do verdadeiro ângulo de desvio podem também ser armazenadas na memória da unidade fixa ou no dispositivo sensor, a fim de ser usadas pela unidade de processamento associada.

[92] Deve ficar claro que o método exposto para derivar o ângulo de desvio do pneumático pode ser implementado não somente usando os métodos e arranjos descritos de dispositivos sensores 3c, 3i, 3e, mas com qualquer outro método ou arranjo usado para calcular o comprimento da pegada $PL_{i/e}$.

[93] No que diz respeito à determinação da carga do pneumático, já foi dito (ver figura 8) que o comprimento da pegada medido no centro do pneumático varia somente em função da carga do pneumático e não é afetado pela manobra que está sendo feita pelo veículo (isto é, as condições de curva) ou pelas condições de cambagem. Em particular, todas as curvas da figura 8 podem ser fundamentalmente consideradas como linhas retas horizontais. Em outras palavras, a carga do pneumático é derivada por uma simples medida do comprimento da pegada e contato feita substancialmente em correspondência

do plano equatorial do pneumático.

[94] Em vista do exposto, o requerente concentrou sua atenção nas medições obtidas pelo dispositivo sensor central somente para calcular a carga do pneumático vertical. A fim de saber como o comprimento da pegada e a carga do pneumático estão relacionadas, o requerente realizou uma etapa de caracterização adicional. Mais particularmente, pelas curvas da figura 8, os valores médios de PL_c foram encontrados para cada valor de carga do pneumático F_z considerado. O resultado está colocado em gráfico na figura 13, que mostra o ajuste da curva dos pontos experimentais.

[95] O requerente observou que uma função de ajuste adequada pode ser a seguinte:

$$F_z = B_{PLo} \tan (PL_c / A_{PLC}) \quad (9)$$

PL_c : comprimento da região de contato entre o pneumático e a superfície de rolamento medida no plano equatorial do pneumático; e

A_{PLC} , B_{PLC} : coeficientes de ajuste.

Os coeficientes de ajuste A_{PLC} e B_{PLC} são substancialmente relacionados somente com a estrutura do pneumático.

[96] Tais coeficientes de ajuste podem ser armazenados na memória incluída no dispositivo fixo ou no dispositivo sensor 3c localizado na área da banda de rodagem do pneumático. Entretanto, deve-se notar que a invenção aqui descrita não está limitada a este método para calcular a carga do pneumático.

[97] No que diz respeito à determinação do ângulo de cambagem, ele pode ser calculado por meio de uma medição feita na suspensão, por exemplo, usando um método de triangulação.

[98] O requerente acredita que os coeficientes de ajuste nas fórmulas (1) a (9) não variam consideravelmente de acordo com a pressão do pneumático, pelo menos em uma faixa em torno do valor nominal, definido pelos fabricantes do veículo e do pneumático. De qualquer maneira, para uma

caracterização mais completa e exaustiva, os mesmos testes aqui descritos para uma pressão igual à nominal, ou bastante próxima a ela, poderiam ser feitos em diferentes valores de pressão para encontrar um conjunto correspondente de coeficientes de ajuste relacionados com tais valores de pressão.

[99] Um ângulo de desvio de um pneumático montado em um veículo determinado em tempo real é um parâmetro importante que pode ser passado a um sistema de controle de veículo a fim de controlar o comportamento do veículo, particularmente em condições críticas. Um sistema de controle de veículo pode compreender um controlador do freio (por exemplo, uma unidade de freio anti-trava) e/ou um controlador de direção e/ou um controlador de suspensão e/ou um sistema de controle da estabilidade do veículo.

[100] Por exemplo, um sistema de controle de freio do veículo pode ajustar a força de frenagem em cada pneumático de acordo com o ângulo de desvio determinado em tempo real.

[101] Como um outro exemplo, o envelope de estabilidade do veículo pode ser detectado pelo sistema de controle do veículo a fim de selecionar a perturbação máxima permitida a partir dos comandos de direção. Esta informação pode ser comparada com o ângulo de desvio determinado em tempo real a fim de entender se uma taxa de guinada perigosa poder ser atingida. Possivelmente, um comando de correção poderia também ser conferido a um sistema de controle de direção (Sistemas de Direção Eletricamente Assistida).

[102] As condições do veículo podem indicar que o desempenho do veículo está reduzido e que o motorista deve restringir suas manobras de direção. O próprio sistema de controle do veículo pode exercer ação, por exemplo, a fim de limitar a velocidade máxima do veículo de forma a manter a estabilidade e não exceder as especificações do pneumático, ou limitar a

taxa de guinado de direção a fim impedir que ocorram rolagens. O motorista pode ser alertado para a condição atual do sistema de controle do veículo e das ações que o sistema de controle do veículo tomou por si próprio para assegurar o veículo (reduzindo a velocidade máxima atingível, taxa de direção, potência do motor), de acordo com a necessidade em um dispositivo de exibição. No mesmo dispositivo de exibição pode ser mostrado também se ele deve tomar ação adicional por si próprio (mudar a distribuição de massa, restringir as manobras de acionamento e velocidade). O dispositivo de exibição pode compreender uma unidade visual e/ou audível, por exemplo, localizada no painel do veículo.

[103] Foi assim mostrado e descrito um sistema inédito e um método inédito que satisfazem todos os objetivos e vantagens esperados até então. Muitas mudanças, modificações, variações e outros usos e aplicações da invenção em questão, entretanto, ficarão aparentes aos versados na técnica após consideração da especificação e dos desenhos anexos que revelam suas modalidades preferidas.

[104] Por exemplo, o verdadeiro armazenamento das funções de ajuste (1) e (9) e/ou dos coeficientes de ajuste na memória associada com o dispositivo sensor e/ou com a unidade fixa pode ser substituído pelo armazenamento de uma base de dados que coleta o valor de ângulo de desvio em função de valores predeterminados de carga do pneumático e de ângulo de cambagem (e, possivelmente, de pressão).

[105] Todas tais mudanças, modificações, variações e outros usos e aplicações que não fujam do escopo da invenção são consideradas cobertas pela invenção que está limitada apenas às reivindicações seguintes.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento durante uma rodagem do dito veículo em uma superfície de rolamento, o dito pneumático (11) compreendendo um plano equatorial, o método compreendendo a etapa de estimar um comprimento ($PL_{i/c}$) de uma região de contato entre o dito pneumático e a dita superfície de rolamento, o dito comprimento sendo medido a uma distância do plano equatorial, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

- estimar uma carga (F_z) exercida no dito pneumático (11);
- estimar um ângulo de cambagem (γ) ao qual o dito pneumático (11) é submetido; e
- derivar tal ângulo de desvio (α) do dito ângulo de cambagem (γ), carga do pneumático (F_z) e o comprimento de uma região de contato ($PL_{i/c}$).

2. Método para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de medir o comprimento ($PL_{i/c}$) de uma região de contato compreende a etapa de adquirir um primeiro sinal de aceleração.

3. Método para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma etapa de filtrar o dito primeiro sinal em um filtro passa baixa.

4. Método para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de adquirir um primeiro sinal compreende adquirir um sinal de aceleração tangencial.

5. Método para determinar um ângulo de desvio (α) de um

pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a etapa de adquirir um primeiro sinal compreende medir uma distância entre um valor máximo e um valor mínimo do dito primeiro sinal.

6. Método para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de adquirir um primeiro sinal compreende adquirir um sinal de aceleração radial.

7. Método para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a etapa de adquirir um primeiro sinal compreende medir uma distância entre dois máximos do dito primeiro sinal.

8. Método para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a etapa de derivar o ângulo de desvio (α) a partir do ângulo de cambagem (γ), da carga do pneumático (F_z) e do comprimento da região de contato ($PL_{i/e}$) compreende a etapa de prover curvas características da região de contato ($PL_{i/e}$) em função do ângulo de desvio (α) para pelo menos uma carga de pneumático (F_z).

9. Método para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que compreende a etapa adicional de prover uma equação de ajuste que aproxima as curvas características da região de contato ($PL_{i/e}$) em função do ângulo de desvio (α).

10. Método para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a etapa de prover uma equação

de ajuste que aproxima as curvas características da região de contato ($PL_{i/e}$) em função do ângulo de desvio (α) compreende a etapa de prover a equação de uma linha reta em um plano, em que compreende a etapa adicional de associar valores de inclinação ($K\alpha(Fz)$) e interseção ($Q(Fz, \gamma)$) para condições predeterminadas de carga do pneumático (Fz) e ângulo de cambagem (γ) para o dito pneumático.

11. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento durante uma rodagem do dito veículo em uma superfície de rolamento, o pneumático (11) compreendendo um plano equatorial, o sistema compreendendo um dispositivo para medir um comprimento ($PL_{i/e}$) de uma região de contato entre o dito pneumático e a dita superfície de rolamento, o dito comprimento sendo medido a uma distância do plano equatorial, o sistema caracterizado pelo fato de que compreende:

- um dispositivo para estimar a carga do pneumático (Fz) exercida no dito pneumático (11);
- um dispositivo para estimar um ângulo de cambagem (γ) ao qual o dito pneumático (11) é submetido; e
- pelo menos uma unidade de processamento (34) sendo adaptada para derivar o ângulo de desvio (α) a partir do dito ângulo de cambagem (γ), da carga do pneumático (11) e do comprimento ($PL_{i/e}$) de uma região de contato.

12. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo de medição compreende pelo menos um acelerômetro radial que produz pelo menos um sinal de aceleração radial.

13. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a

reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo de medição compreende pelo menos um acelerômetro tangencial que produz pelo menos um sinal de aceleração tangencial.

14. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 11, 12 ou 13, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo para estimar a carga do pneumático (F_z) exercida no dito pneumático compreende pelo menos um acelerômetro radial que produz pelo menos um sinal de aceleração radial.

15. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 11, 12 ou 13, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo para estimar a carga do pneumático (F_z) exercida no pneumático compreende pelo menos um acelerômetro tangencial que produz pelo menos um sinal de aceleração tangencial.

16. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 15, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo de medição e o dito dispositivo para estimar a carga do pneumático (F_z) exercida no dito pneumático compreendem um dispositivo de amostragem adaptado para amostrar o dito sinal a uma frequência de pelo menos 5 kHz.

17. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo de amostragem é adaptado para amostrar o dito sinal a uma frequência de pelo menos 7 kHz.

18. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com

qualquer uma das reivindicações 11 a 17, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos uma memória (35) associada com a dita unidade de processamento (34).

19. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que a dita pelo menos uma memória (35) compreende funções características pré-armazenadas que descrevem um comprimento esperado da região de contato ($PL_{i/e}$) em função do ângulo de desvio (α) correspondente a condições predeterminadas de carga (F_z) e ângulo de cambagem do pneumático (γ).

20. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 19, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo de medição é incluído em um dispositivo sensor (3e, 3i, 3c) localizado em uma parte da área da banda de rodagem (18) do dito pneumático (11).

21. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo sensor (3e, 3i e 3c) fica disposto a uma distância do plano equatorial (E) do dito pneumático (11) compreendida entre 15% e 30% da largura da banda de rodagem.

22. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 20 ou 21, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo sensor (3e, 3i e 3c) é preso a um revestimento interno do pneumático (11).

23. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que compreende um elemento de

amortecimento entre o dito sensor (3e, 3i e 3c) e o dito revestimento interno.

24. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com qualquer uma das reivindicações 20 a 23, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo sensor (3e, 3i e 3c) inclui adicionalmente um dispositivo de transmissão (31).

25. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo de transmissão (31) é conectado operacionalmente a uma primeira antena (37).

26. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 25, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um dispositivo de filtro adaptado para filtrar o dito sinal de aceleração em um filtro passa baixa.

27. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 26, caracterizado pelo fato de que o dito sensor (3e, 3i e 3c) compreende adicionalmente uma fonte de alimentação (33).

28. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que a dita fonte de alimentação (33) compreende uma bateria.

29. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que a dita fonte de alimentação (33) compreende um dispositivo de auto-acionamento, sendo adaptado para gerar energia elétrica em decorrência de tensões mecânicas a que se submete o dito dispositivo sensor (3e, 3i e 3c) durante rodagem do dito veículo.

30. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo de auto-acionamento compreende um elemento piezoelétrico.

31. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 29 ou 30, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo de auto-acionamento compreende um circuito de armazenamento elétrico.

32. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que o dito circuito de armazenamento elétrico compreende um resistor e um capacitor.

33. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com qualquer uma das reivindicações 20 a 32, caracterizado pelo fato de que a dita unidade de processamento (34) é incluída no dito dispositivo sensor (3e, 3i e 3c).

34. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com qualquer uma das reivindicações 20 a 33, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma unidade fixa localizada no veículo, compreendendo um dispositivo receptor para receber dados do dito dispositivo sensor.

35. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo receptor compreende uma segunda antena.

36. Sistema para determinar um ângulo de desvio (α) de um pneumático (11) montado em um veículo em movimento de acordo com qualquer uma das reivindicações 25 a 35, caracterizado pelo fato de que a dita

primeira antena e a segunda antena são adaptadas para transmissão de dados a uma frequência compreendida entre 400 e 450 MHz.

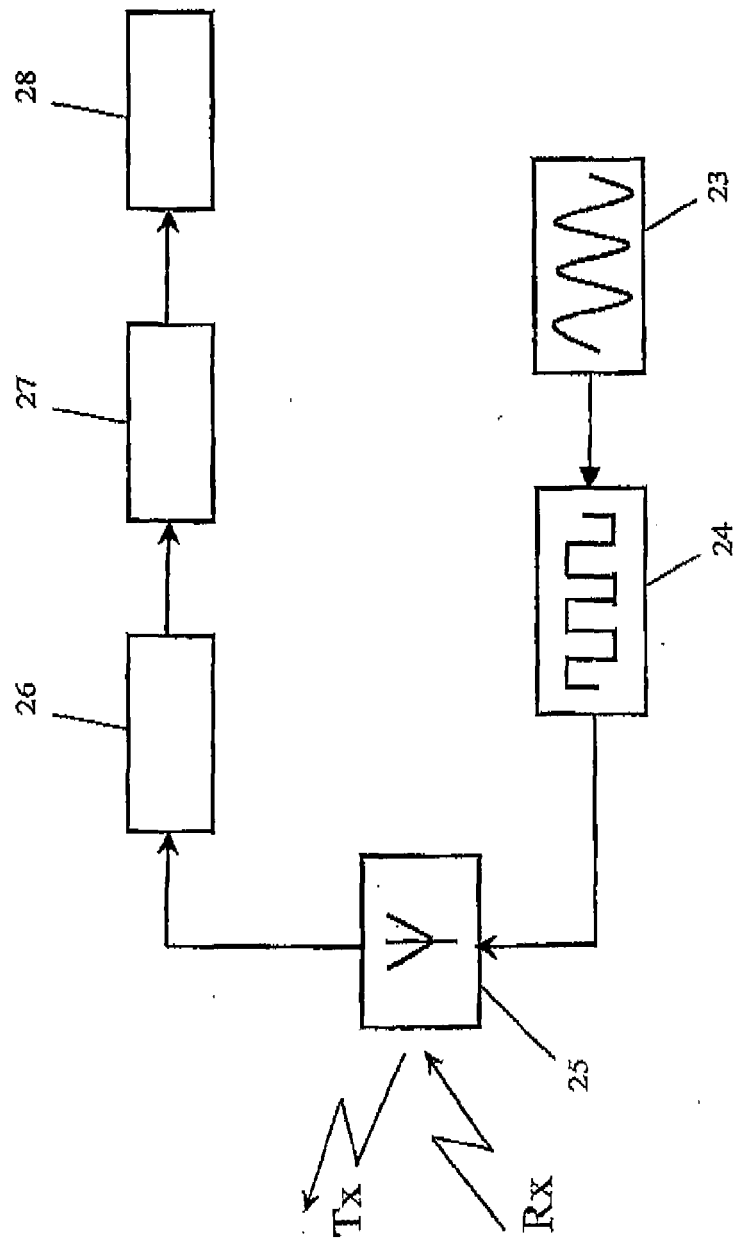
37. Método para controlar um veículo em movimento que tem pelo menos um pneumático montado nele, caracterizado pelo fato de que compreende:

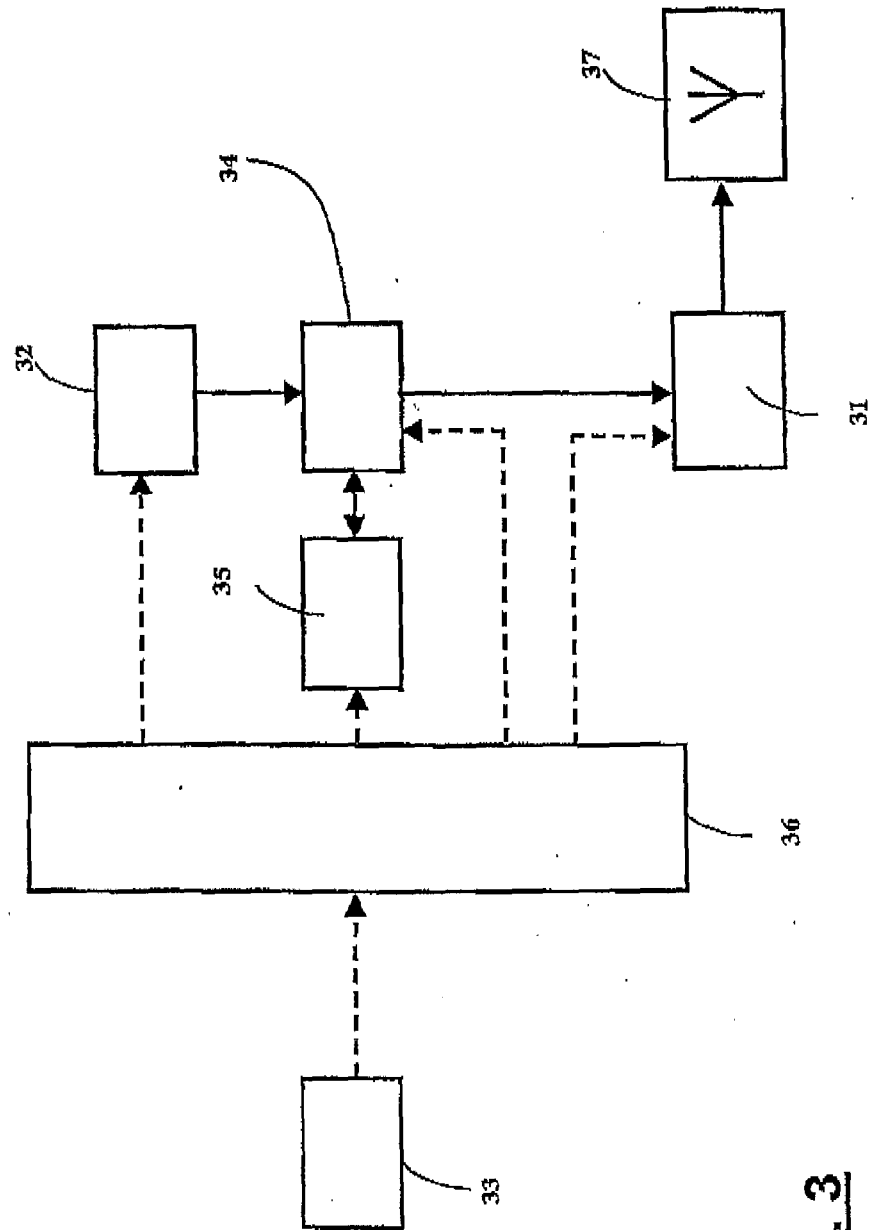
- determinar um ângulo de desvio (α) do dito pneumático (11) por um método como definido em qualquer uma das reivindicações 1-10;
- passar o dito ângulo de desvio (α) determinado a um sistema de controle de veículo do veículo; e
- ajustar pelo menos um parâmetro no dito sistema de controle de veículo com base no dito ângulo de desvio determinado (α).

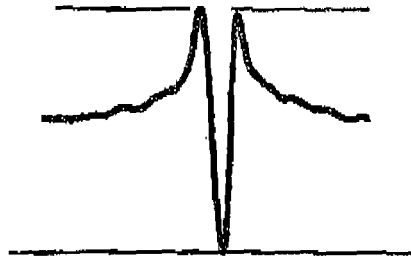
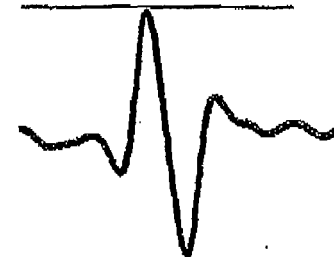
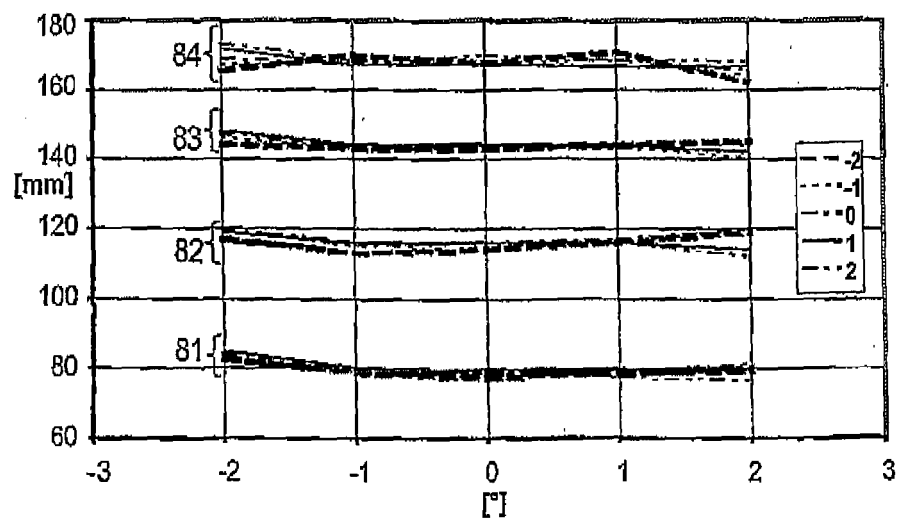
38. Método para controlar um veículo em movimento que tem pelo menos um pneumático montado nele de acordo com a reivindicação 37, caracterizado pelo fato de que o dito sistema de controle do veículo compreende um sistema de controle do freio, e em que a etapa de ajustar pelo menos um parâmetro compreende ajustar a força de frenagem no dito pneumático (11).

39. Método para controlar um veículo em movimento que tem pelo menos um pneumático montado nele de acordo com a reivindicação 37 ou 38, caracterizado pelo fato de que o dito sistema de controle de veículo compreende um sistema de controle de direção, e a etapa de ajustar pelo menos um parâmetro compreende selecionar uma variação máxima permitida a partir dos comandos de direção.

40. Método para controlar um veículo em movimento que tem pelo menos um pneumático montado nele de acordo com qualquer uma das reivindicações 37 a 39, caracterizado pelo fato de que o dito sistema de controle de veículo compreende um sistema de controle da suspensão, e em que a etapa de ajustar pelo menos um parâmetro compreende ajustar uma rigidez de uma mola de suspensão associada com o dito pneumático (11).

**Fig. 2**

**Fig. 3**

**Fig. 4****Fig. 5****Fig. 8**

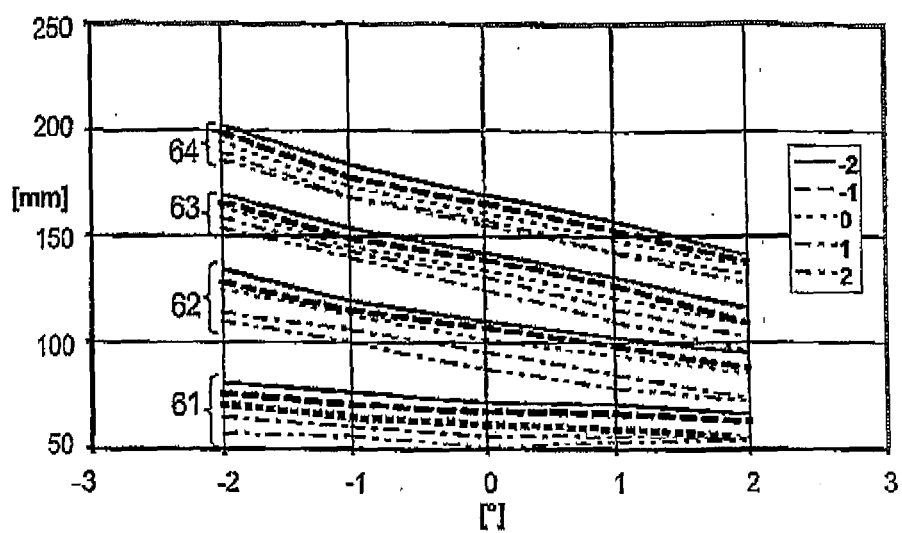
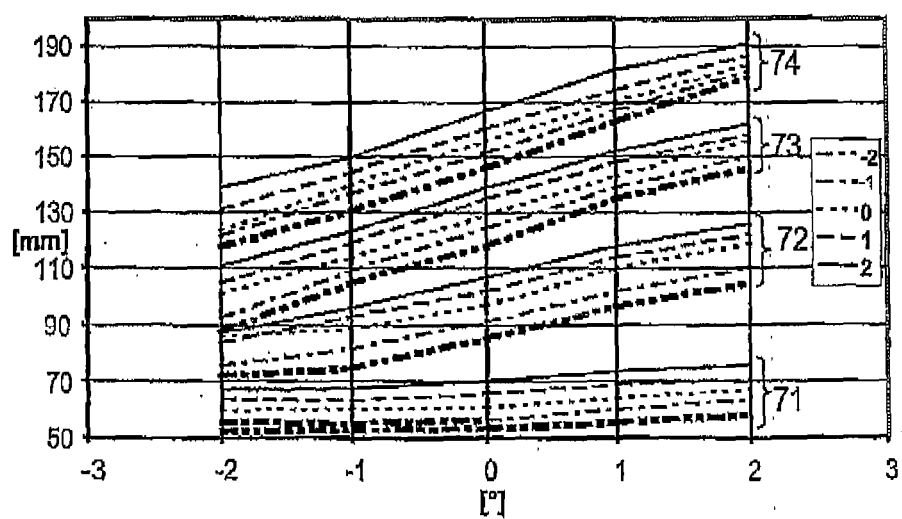
**Fig. 6****Fig. 7**

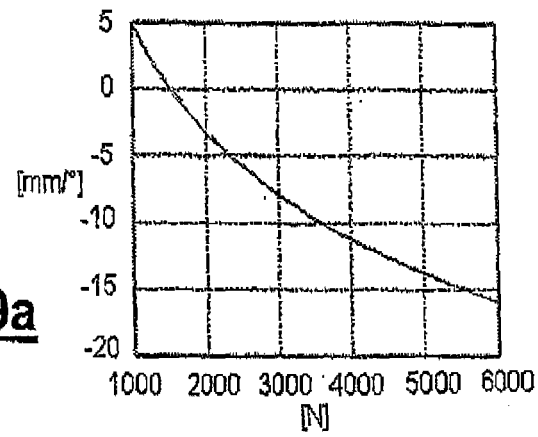
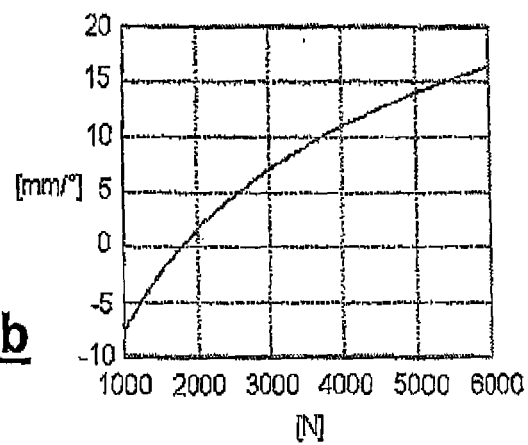
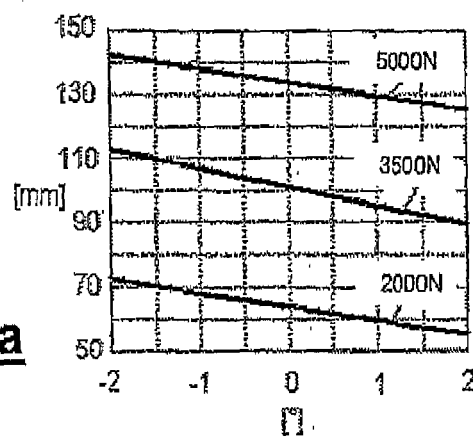
Fig. 9a**Fig. 9b****Fig. 10a**

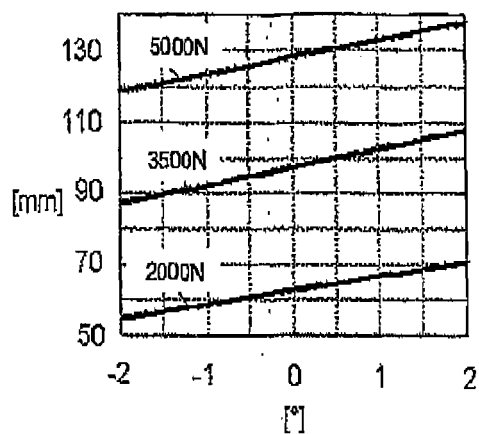
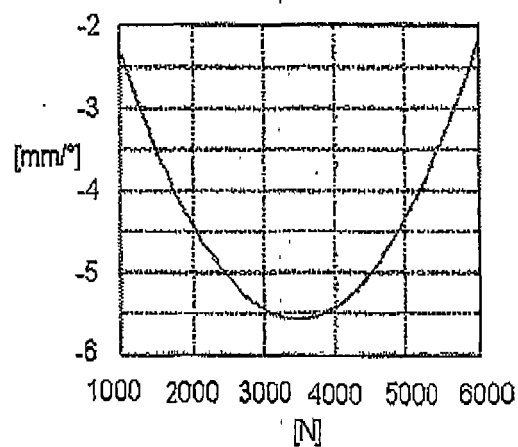
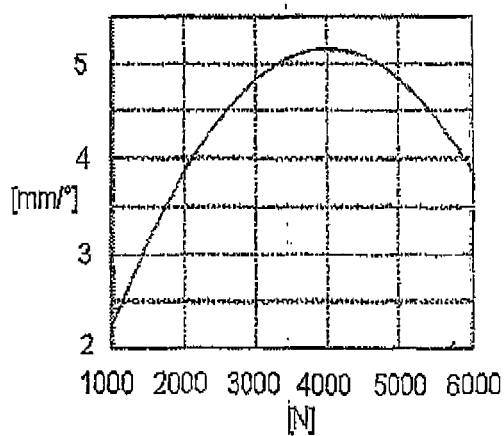
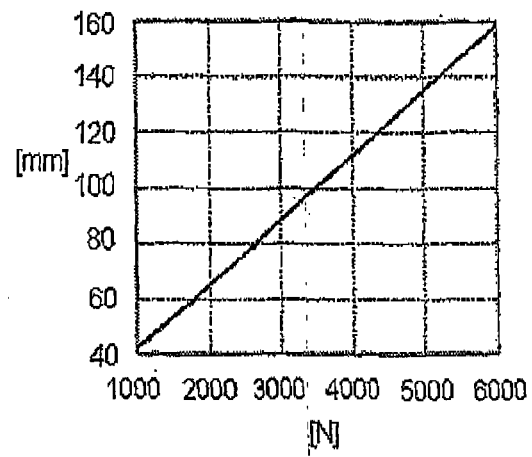
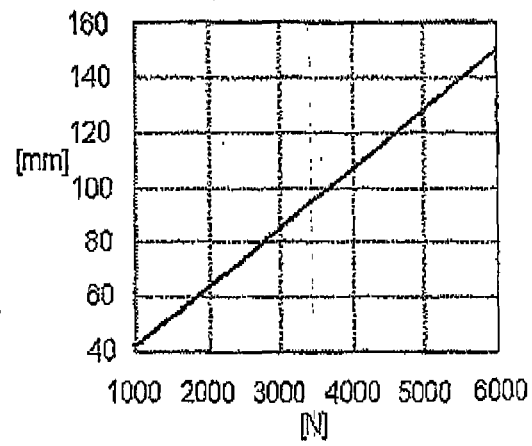
Fig. 10b**Fig. 11a****Fig. 11b**

Fig. 12a**Fig. 12b****Fig. 13**