



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

(21) PI 0722238-6 A2



(22) Data de Depósito: 30/11/2007
(43) Data da Publicação: 03/06/2014
(RPI 2265)

(51) *Int.Cl.:*
B60C 23/04
G01L 17/00

(54) **Título:** MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DE
POSIÇÕES DE MÓDULOS DE RODA

(57) **Resumo:**

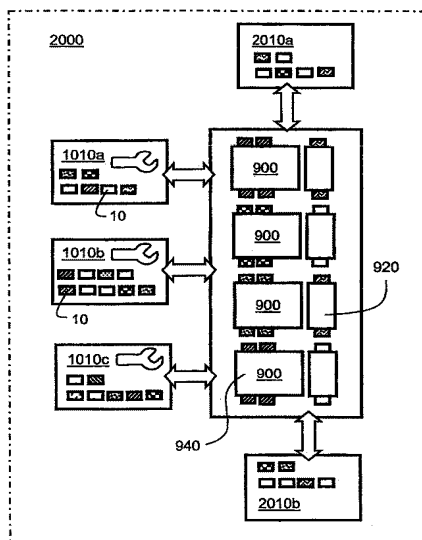
(73) **Titular(es):** Volvo Lastvagnar AB

(72) **Inventor(es):** Erik Carresjö, Per Hasselberg

(74) **Procurador(es):** Magnus Aspeby/Claudio Szabas

(86) **Pedido Internacional:** PCT SE2007001070 de
30/11/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2009/070067 de
04/06/2009



"MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DE POSIÇÕES DE MÓDULOS DE RODA"

CAMPO TÉCNICO DA PRESENTE INVENÇÃO

A presente invenção se refere a métodos de
5 identificação de posições de módulos de roda incluídos em
rodas e/ou seus pneus associados; por exemplo, a um método
de identificação de posições de módulos de roda operáveis
para monitoramento de características de rodas e/ou de seus
pneus associados e transportamento de informação indicativa
10 destas características anteriormente mencionadas por
intermédio de uma conexão (*link*) de comunicação para uma
unidade de controle eletrônico [*electronic control unit -*
(*ECU*)] e/ou sistema de controle, por exemplo, para um
mostrador (*display*) de usuário. Além do mais, a presente
15 invenção também diz respeito a módulos de roda para
utilização em implementação de métodos anteriormente
mencionados. Adicionalmente, a presente invenção também se
refere a métodos de serviço de veículos incluindo tais
módulos de roda. Adicionalmente, a presente invenção
20 também se refere a *software* e produtos de *software*
executáveis sobre *hardware* de computação para execução
destes métodos anteriormente mencionados.

PANORAMA DO ESTADO DA TÉCNICA DA PRESENTE INVENÇÃO

25 Pneus (*tyres*, em inglês britânico; *tires* em inglês
americano), são componentes críticos em veículos de
estrada. Pneus contemporâneos não somente asseguram adesão
de seus veículos de estrada associados para superfícies de
estrada em condições climáticas variando amplamente, mas
30 também desempenham funções de isolamento de vibração e de
choque. Além do mais, durante seus tempos de vida útil de
operação, pneus são requeridos para sobreviver
potencialmente acima de diversos milhares ou até mesmo
milhões de ciclos de deformação sem exibição de falha por

trabalho duro, e ainda exibir um grau relativamente modesto de dissipação de energia nos mesmos como um resultado de efeitos de amortecimento viscosos. Como um requerimento de operação adicional, pneus contemporâneos necessitam ser

5 robustos contra arraste e objetos impactando em cima dos mesmos. Ainda adicionalmente, pneus sem câmara são requeridos para robustamente (firmemente) agarrar em cima de seus cubos de roda associados até mesmo quando submetidos para estresses consideráveis, por exemplo,

10 durante frenagem de emergência. Em resposta para estes requerimentos anteriormente mencionados para pneus contemporâneos, os pneus são construídos a partir de borracha sintética elástica, borracha natural e/ou materiais plásticos reforçados por malhas de arame de

15 metal, fibra de carbono e similares. Pneus modernos são, conseqüentemente, para serem respeitados como produtos altamente otimizados e avançados.

Falha de pneu durante operação pode potencialmente resultar em imobilização de um veículo associado ou até

20 mesmo em acidente. Além do mais, pneus operados em pressões inadequadas podem adversamente influenciar economia de combustível de veículo associado; economia de combustível está se tornando crescentemente pertinente em vista de aumentos em custos de combustível e bem como em vista de

25 geração de dióxido de carbono e seu impacto perceptível sobre mudanças climáticas mundiais.

É conhecido montar sensores em cima de automóveis para monitorar características tais como pressão de pneu e aceleração em um ou mais eixos geométricos ortogonais, e

30 transportar informação representativa destas características por intermédio de conexões de comunicação sem fio para unidades de controle eletrônico (**ECUs**) formando partes de sistemas de gerenciamento de dados dos veículos. Por emprego de tais disposições, é possível

alertar motoristas de uma necessidade de inflar (encher, calibrar) um ou mais pneus de seus veículos de maneira a aperfeiçoar qualidade e segurança de direção (tração).

Em uma patente japonesa publicada número **JP 2003211924** (Mazda Motor), é apresentado um dispositivo de sensor pneumático adequado para utilização com de um pneu de um veículo para detecção de pressão de pneu e geração correspondente de informação de pressão de pneu. O dispositivo inclui um transmissor para transmissão da informação de pressão juntamente com um código de identificação para distinção do dispositivo de sensor a partir de outro de tais dispositivos de sensor simultaneamente incluídos sobre outras rodas do veículo. Uma unidade de controle do veículo é operável para receber a informação de pressão transmitida e seu código de identificação associado. A informação de pressão recebida é armazenada em uma memória da unidade de controle. A unidade de controle é operável para promover um alarme em um evento em que pressão de pneu não está correta em concordância com critérios pré-definidos.

Em um pedido de patente publicado do Reino Unido número **GB 2.385.931 A1**, monitores de pneu são descritos os quais são montados adjacentes para pneus próximos de seus bicos de válvula de enchimento de pneu. Os monitores de pneu incluem sensores para mensurar pressão, temperatura e direção de rotação de seus respectivos pneus. Além do mais, os monitores são operáveis para comunicar sinais de sensores mensurados por intermédio de transmissores para seus respectivos receptores para subsequente processamento e eventual apresentação sobre uma unidade de mostrador (display). Um controlador montado em veículo em comunicação com o receptor é operável para determinar se informação de pressão está associada com um pneu dianteiro ou com um pneu traseiro fundamentada sobre a resistência do sinal sem fio

recebido no receptor, e se dado de pressão está associado com um pneu direito ou um pneu esquerdo fundamentado sobre o dado de direção de rotação associado.

Por conta da condição de pneu ser um fator importante
5 influenciando operação de veículo econômica e segura, um problema técnico é conseqüentemente como proporcionar monitoramento de roda e pneu mais avançado. Quando um operador de frota possui muitos veículos em sua frota, assegurando qualidade de manutenção de roda e pneu para
10 todos os veículos na frota é o primordial. Tal qualidade pode pelo menos parcialmente ser assegurada por seguir rotinas de manutenção de manual rigorosas, por exemplo, por desempenho de inspeções de veículo regulares e sistematicamente mudança de pneus depois de um número pré-
15 definido de quilômetros rodados. Entretanto, é ainda conceptível que pneus e rodas sofrendo eventos que escapam da atenção de tais rotinas de manutenção rigorosas e podem, conseqüentemente, representar um perigo em potencial. Por exemplo, rodas são potencialmente trocadas entre veículos
20 tanto sem autorização de respectivos proprietários do veículo o que pode, em conseqüência disso, enganar tais rotinas de manutenção rigorosas ou quanto por meio de roubo. Além do mais, cubos de roda são susceptíveis ao longo de tempo de vida útil de operação de serem
25 proporcionados com numerosos pneus de reposição.

Como elucidado anteriormente, monitores de pneu são conhecidos. De maneira a mensurar condição de pneu e detectar adulteração não autorizada com pneus, por exemplo, quando rodas são temporariamente removidas a partir de seus
30 veículos associados, por exemplo, quando trocando a partir de pneus de inverno para pneus de verão na Europa Setentrional e Canadá, monitores de pneu e de roda mais avançados são requeridos. Entretanto, aparece um problema técnico levando-se em consideração como gerenciar

configurações complexas de monitores de pneu e de roda, especialmente quando pneus são substituídos em tempos mutuamente diferentes e rodas e seus pneus são susceptíveis de serem retidos em armazenamento ao longo de períodos de tempo quando trocando entre pneus de verão e de inverno.

A presente invenção busca solucionar os problemas técnicos anteriormente mencionados.

RESUMO DA PRESENTE INVENÇÃO

Um objetivo da presente invenção é o de proporcionar um método aperfeiçoado de identificação de localizações de roda e/ou de monitores de pneu incluídos em aparelho de veículos que tem capacidade de reforço de segurança e de confiabilidade de tais veículos.

Este objetivo é solucionado por um método em concordância com um primeiro aspecto da presente invenção como definido na **reivindicação de patente independente 1** posteriormente. É proporcionado um método de identificação de localizações de um ou mais módulos de um aparelho implementado em um veículo para monitoramento de operação de pelo menos uma roda do veículo, referido aparelho incluindo um ou mais sensores operativamente montados para revolucionar com referida pelo menos uma roda, referidos um ou mais módulos sendo operativamente acoplados em comunicação com uma disposição de processamento de referido veículo, referidos um ou mais módulos sendo operáveis para determinar pelo menos um parâmetro físico de referida roda e para gerar pelo menos um correspondente sinal de sensor para referida disposição de processamento, referida disposição de processamento sendo operável para processar referido pelo menos um sinal de sensor para computar informação indicativa de operação de referida pelo menos uma roda;

- **caracterizado pelo fato** de que:

- referido método inclui etapas de:

(a) comunicação com um ou mais módulos de referido aparelho para recepção de seus códigos de identificação em uma disposição de processamento de referido aparelho, referidos um ou mais módulos sendo montados sobre pelo menos uma roda de referido veículo;

(b) direção (tração) de referido veículo em torno de uma trajetória encurvada como sensoriada por referida disposição de sensoriamento de dirigibilidade (direção, manobra) e registro de uma direção de dirigibilidade de referido veículo juntamente com um registro temporal de referido parâmetro físico determinado por referidos um ou mais módulos juntamente com seus correspondentes códigos de identificação, referido parâmetro físico pertencendo para um ou mais pneus de referida pelo menos uma roda; e

(c) aplicação de uma análise para referida direção de dirigibilidade e referido registro temporal levando-se em conta tempo para identificar onde referidos um ou mais módulos são localizados sobre referida pelo menos uma roda de referido veículo, referida análise utilizando uma característica de que pneus sobre uma lateral externa de referida trajetória encurvada irão experimentar diferentes valores em referido registro temporal de referido parâmetro físico do que pneus sobre uma lateral interna de referida trajetória encurvada, e de que pneus em direção de uma região dianteira de referido veículo experimentam uma mudança no registro temporal de referido parâmetro físico antes de, e/ou em, uma taxa mais alta do que pneus em direção de uma

região traseira de referido veículo para uma direção à frente de deslocamento de referido veículo.

A presente invenção é vantajosa em que ela proporciona
5 um método prático e simples de identificar as localizações onde um ou mais módulos do aparelho estão localizados nas rodas do veículo.

Opcionalmente, é proporcionado um método de identificação de localizações de um ou mais módulos de
10 sensor de um aparelho implementado em um veículo para monitoramento de operação de pelo menos uma roda do veículo, os módulos de sensor operativamente montados para revolucionar com a pelo menos uma roda, um ou mais módulos sendo operativamente acoplados em comunicação com uma
15 disposição de processamento (**ECU**) do veículo, um ou mais módulos sendo operáveis para sensoriar pelo menos um parâmetro físico da roda e gerar pelo menos um correspondente sinal de sensor para a disposição de processamento, a disposição de processamento (**ECU**) sendo
20 operável para processar o pelo menos um sinal de sensor para computar informação indicativa de operação da pelo menos uma roda;

- **caracterizado pelo fato** de que:
- referido método inclui etapas de:
25 **(a)** direção (tração) do veículo em torno de uma trajetória encurvada como sensoriada por referida disposição de sensoriamento de dirigibilidade e registro de um ângulo de dirigibilidade do veículo juntamente com um registro temporal de
30 acelerações laterais (**A_z**) mensuradas por um ou mais módulos juntamente com seus correspondentes códigos de identificação (**ID**); e
(b) aplicação de uma análise para o ângulo de dirigibilidade e o registro temporal levando-se

em conta o tempo **(t)** para identificar localizações com o que os um ou mais módulos são localizados sobre a pelo menos uma roda do veículo, a análise utilizando uma característica de que acelerômetros localizados sobre uma lateral externa da trajetória encurvada irão experimentar acelerações laterais mais altas durante a trajetória encurvada em comparação com uma trajetória reta do que acelerômetros localizados sobre uma lateral interna da trajetória encurvada, e de que acelerômetros localizados em direção de uma região dianteira do veículo experimentam um aumento em aceleração lateral temporariamente antes de acelerômetros localizados em direção de uma região traseira do veículo para uma direção à frente de deslocamento de veículo durante execução da trajetória encurvada.

Neste método, o parâmetro físico é constituído por uma aceleração lateral mensurada diretamente por um sensor disposto no módulo.

Opcionalmente, quando implementado o método de identificação de um aparelho em um veículo incluindo uma disposição de sensoriamento de dirigibilidade para sensoriamento de uma direção na qual o veículo está sendo dirigido;

- **caracterizado pelo fato** de que:
- referido método inclui etapas de:

(a) comunicação com um ou mais módulos do aparelho para recepção de seus de seus códigos de identificação **(ID)** em uma disposição de processamento do aparelho, os um ou mais módulos sendo montados sobre pelo menos uma roda do veículo;

(b) direção (tração) do veículo em torno de uma trajetória encurvada como sensoriada pela disposição de sensoriamento de dirigibilidade e registro de um ângulo de dirigibilidade do veículo juntamente com um registro temporal de pressões mensuradas pelos um ou mais módulos juntamente com seus correspondentes códigos de identificação (**ID**), a pressão pertencendo a um ou mais pneus da pelo menos uma roda; e

(c) aplicação de uma análise para o ângulo de dirigibilidade e o registro temporal levando-se em conta o tempo para identificar localizações em que os um ou mais módulos são localizados sobre a pelo menos uma roda do veículo, a análise utilizando uma característica de que pneus sobre uma lateral externa da trajetória encurvada irão experimentar aumentos de pressão maiores do que pneus sobre uma lateral interna da trajetória encurvada, e de que pneus em direção de uma região dianteira do veículo experimentam um aumento em pressão antes dos pneus em direção de uma região traseira do veículo para uma direção à frente de deslocamento do veículo.

Neste método, o parâmetro físico é constituído pela pressão que é mensurada diretamente por um sensor no módulo.

Opcionalmente, é proporcionado um método de identificação de um ou mais módulos de sensor de um aparelho implementado em um veículo para monitoramento de operação de pelo menos uma roda do veículo, os módulos de sensor operativamente montados para revolucionar com a pelo menos uma roda, os um ou mais módulos sendo operativamente acoplados em comunicação com uma disposição de

processamento (**ECU**) do veículo, os um ou mais módulos sendo operáveis para determinar pelo menos um parâmetro físico da roda e para gerar pelo menos um correspondente sinal de sensor para a disposição de processamento, a disposição de processamento (**ECU**) sendo operável para processar o pelo menos um sinal de sensor para computar informação indicativa de operação da pelo menos uma roda;

- **caracterizado pelo fato** de que:

- referido método inclui etapas de:

(a) comunicação com um ou mais módulos (**400**) de referido aparelho (**680, 690, 2200**) para recepção de seus códigos de identificação (**ID**) em uma disposição de processamento (**950**) de referido aparelho (**680, 690, 2200**), referidos um ou mais módulos (**400**) sendo montados sobre pelo menos uma roda (**10**) de referido veículo (**900**);

(b) direção (tração) (**900**) de referido veículo em torno de uma trajetória encurvada como sensoriada por uma disposição de sensoriamento de dirigibilidade (direção, manobra) e registro de uma direção de dirigibilidade de referido veículo (**900**) juntamente com um registro temporal de referida velocidade angular determinada a partir de um sinal gerado por referidos um ou mais módulos (**400**) juntamente com seus correspondentes códigos de identificação (**ID**); e

(c) aplicação de uma análise para referida direção de dirigibilidade e referido registro temporal levando-se em conta tempo (**t**) para identificar localizações em que referidos um ou mais módulos (**400**) são localizados sobre referida pelo menos uma roda (**10**) de referido veículo (**900**), referida análise utilizando uma característica que a velocidade angular de uma roda localizada sobre

uma lateral externa de referida trajetória encurvada irão experimentar magnitude maior durante a trajetória encurvada em comparação com a magnitude da velocidade angular de uma roda localizada sobre uma lateral interna de referida trajetória encurvada, e de que a velocidade angular de uma roda localizada em direção de uma região dianteira de referido veículo **(900)** experimenta um aumento em magnitude temporariamente antes de, e/ou em, uma taxa mais alta do que uma roda localizada em direção de uma região traseira de referido veículo **(900)** para uma direção à frente de deslocamento de veículo **(900)** durante execução de referida trajetória encurvada.

Neste método, o parâmetro físico é derivado a partir de um sinal de sensor gerado por um sensor no módulo. Preferivelmente, o sensor pode ser um acelerômetro disposto em cada respectivo módulo, acelerômetro que gera componentes de sinal de aceleração na direção tangencial e/ou radial **(A_x , A_y)**.

Neste método, a etapa de identificação daqueles um ou mais módulos **(400)** montados para uma parede **(230)** ou em cima de um aro interno **(30)** da pelo menos uma roda **(10)** é desempenhada por identificação de pulsos periódicos **(500)** em componentes de sinal de aceleração **(A_y , A_z)** derivados a partir dos um ou mais módulos **(400)** correspondendo para rotação da pelo menos uma roda **(10)**.

Opcionalmente, quando implementando o método, o aparelho inclui uma disposição de sensor para sensoriamento de um ângulo de orientação **(θ)** da pelo menos uma roda.

Opcionalmente, quando implementando o método, os sinais são indicativos de pelo menos um de:

(e) uma ou mais componentes de aceleração **(A_y , A_z)**

sensoriados na pelo menos uma roda; e

- (f) uma pressão sensorida em um pneu da pelo menos uma roda.

Opcionalmente, quando implementando o método para
5 proporcionar monitoramento pseudocontínuo ou monitoramento contínuo da pelo menos uma roda, o método é implementado repetitivamente enquanto o veículo está sendo tracionado em utilização normal.

Opcionalmente, quando implementando o método, é
10 incluída uma etapa adicional depois da etapa (a) de identificação daqueles um ou mais módulos montados para uma parede ou em cima de um aro interno de um pneu da pelo menos uma roda por identificação de pulsos periódicos em componentes de sinal de aceleração (A_y , A_z) derivados a
15 partir dos um ou mais módulos correspondendo para rotação da pelo menos uma roda.

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente referidos da presente invenção, os um ou mais módulos incluem um sensor de temperatura para sensoramento
20 de uma temperatura ($T_{\text{módulo}}$) nos mesmos, os um ou mais módulos sendo operáveis para comunicar um sinal indicativo da temperatura ($T_{\text{módulo}}$) para a disposição de processamento (ECU) para utilização em computação da informação indicativa de operação da pelo menos uma roda.
25 Monitoramento da temperatura ($T_{\text{módulo}}$) possibilita que uma pressão (P) mensurada dentro de um pneu da pelo menos uma roda venha a ser pelo menos parcialmente corrigida para efeitos de temperatura quando executando computações levando-se em consideração operação de roda. Além do mais,
30 em um evento em que uma elevação excessiva de temperatura é detectada, um alerta pode ser opcionalmente emitido pelo aparelho.

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente referidos da presente invenção, os um ou mais

módulos incluem pelo menos um de:

(a) um sensor de pressão operável para sensoriar uma pressão (**P**) existente dentro de um pneu da pelo menos uma roda, os um ou mais módulos sendo operáveis para comunicar um sinal indicativo da pressão (**P**) para a disposição de processamento (**ECU**) para utilização em computação da informação indicativa de operação da pelo menos uma roda;

(b) um sensor de padrão de esforço para mensuração de flexão do pneu da pelo menos uma roda, o módulo sendo operável para comunicar um sinal indicativo da flexão para a disposição de processamento (**ECU**) para utilização em computação da informação indicativa de operação da pelo menos uma roda;

(c) um acelerômetro para mensuração de aceleração (**A_x**, **A_y**, **A_z**) no pelo menos um eixo geométrico em uma localização de montagem (**L1**, **L2**, **L3**, **L4**) dos um ou mais módulos sobre a pelo menos uma roda, os um ou mais módulos sendo operáveis para comunicar um sinal indicativo da aceleração (**A_x**, **A_y**, **A_z**) para a disposição de processamento (**ECU**) para utilização em computação da informação indicativa de operação da pelo menos uma roda; e

(d) um sensor magnético para mensuração de um campo magnético aplicado para os um ou mais módulos, os um ou mais módulos sendo operáveis para comunicar um sinal indicativo do campo magnético aplicado para a disposição de processamento (**ECU**) para utilização em operação de controle do aparelho.

Tais parâmetros físicos foram descobertos serem benéficos para monitorar quando acessando operação da pelo menos uma roda. Irá ser apreciado que os um ou mais módulos podem ser equipados com um subconjunto das opções (a) até (d); por exemplo, um módulo pode ser proporcionado com

somente um sensor de pressão, ou somente um acelerômetro, ou uma combinação de um sensor de pressão e um acelerômetro dependendo de qual método de aspectos anteriormente referidos da presente invenção são para serem empregados.

5 Além do mais, determinados módulos são opcionalmente proporcionados com um acelerômetro de eixo geométrico único, enquanto que outros de tais módulos são proporcionados com acelerômetros de eixos geométricos triplos. Outras combinações de sensores incluídos dentro

10 dos módulos são possíveis conforme definidos para a presente invenção.

Mais opcionalmente, quando implementando o método, o acelerômetro é um acelerômetro de múltiplos eixos geométricos operável para mensurar componentes de

15 aceleração (A_x , A_y , A_z) em pelo menos um de eixos geométricos radial, tangencial e transversal levando-se em consideração rotações da pelo menos uma roda. Ainda mais opcionalmente, o acelerômetro é um dispositivo micro-maquinado de silício. Tais dispositivos de silício são

20 extremamente robustos, efetivos de custo e têm capacidade de provisão de mensuração de aceleração precisa e exata.

Opcionalmente, quando implementando o método quando acelerômetros são empregados, a disposição de processamento (*ECU*) é operável para aplicar auto-alinhamento para um ou

25 mais eixos geométricos de sensoramento do acelerômetro para efetivamente alinhar os mesmos para pelo menos um de eixos geométricos radial, tangencial e transversal levando-se em consideração rotações da pelo menos uma roda. Tal auto-alinhamento tem capacidade de simplificação de

30 instalação dos um ou mais módulos por fornecimento de colocação dos um ou mais módulos sobre a pelo menos uma roda menos angularmente crítica.

Mais opcionalmente, quando implementando o método, a disposição de processamento (*ECU*) inclui um determinador de

resolução angular para implementação do auto-alinhamento que é operável para buscar durante sua calibragem para componentes de aceleração lateral nulos e para buscar componentes de aceleração tangencial nulos integrados sobre uma ou mais revoluções completas da pelo menos uma roda. Por aplicação de tal auto-alinhamento, mais sinais representativos descrevendo operação da pelo menos uma roda são deriváveis para a disposição de processamento analisar. Opcionalmente, mensurações de aceleração podem ser implementadas para uma parte de uma revolução, por exemplo, uma metade de revolução, da pelo menos uma roda e as mensurações para uma metade de revolução remanescente da pelo menos uma roda sintetizada a partir das mesmas para propósitos de integração; uma tal implementação é para ser construída para significar integração para uma revolução completa da roda.

Ainda mais opcionalmente, quando implementando o método, a disposição de processamento (**ECU**) é operável para calibrar seu auto-alinhamento durante pelo menos um de:

- (a) um procedimento de calibragem quando configurando a disposição de processamento (**ECU**) em relação para seus um ou mais módulos; e
- (b) de uma maneira dinâmica durante tração do veículo.

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente mencionados da presente invenção, os um ou mais módulos são montados em uma ou mais localizações (**L1, L2, L3, L4**) na pelo menos uma roda, as uma ou mais localizações incluindo:

- (a) sobre um cubo de roda da pelo menos uma roda substancialmente em um eixo geométrico (**B-B**) de rotação da pelo menos uma roda;
- (b) sobre um cubo de roda da pelo menos uma roda em uma distância radial a partir do eixo geométrico

de rotação **(B-B)** da pelo menos uma roda;

(c) dentro de um pneu da roda para sensoramento de uma pressão **(P)** dentro do pneu o pelo menos um módulo sendo montado para uma superfície periférica de um cubo de roda da pelo menos uma

(d) dentro de um pneu da roda para sensoramento de uma pressão **(P)** dentro do pneu, os um ou mais módulos sendo montados para uma superfície de parede lateral interna do pneu para mensuração de características de flexão da parede lateral; e

(e) sobre uma superfície interna de um aro periférico da pelo menos uma roda para mensuração de aceleração na mesma.

Montagem dos um ou mais módulos nestas diferentes localizações é de benefício em que determinados tipos de defeito na pelo menos uma roda são mais confiavelmente sensoriados quando os um ou mais módulos são montados em localizações favoráveis específicas. Por exemplo, desequilíbrio de roda é mais bem sensoriado com um módulo montado sobre a roda próximo de seu cubo de roda, enquanto que características de flexão do pneu ou cavidade inflável são mais bem sensoriadas com um módulo atado para uma parede lateral do pneu ou cavidade inflável flexível. Mais opcionalmente, um módulo é montado para um aro interno de um pneu, adjacente para seus filamentos bandas de rolagem **(L4)**.

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente mencionados da presente invenção, os um ou mais módulos incluem pelo menos uma interface sem fio para comunicação entre os um ou mais módulos e a disposição de processamento **(ECU)**, os um ou mais módulos formando uma rede sem fio em que determinados dos um ou mais módulos são operáveis para funcionar como um ou mais nódulos de relé

para transporte de permuta de sinal entre a disposição de processamento (**ECU**) e outro dos um ou mais módulos. Por estabelecimento de uma tal rede de comunicação, módulos montados em sombras sem fio onde estes módulos são obturados (tapados) por elementos condutivos são operáveis, por intermédio da rede, para proporcionar seus sinais mensurados para a disposição de processamento (**ECU**).

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente mencionados da presente invenção, os um ou mais módulos incluem pelo menos uma interface sem fio para comunicação entre os um ou mais módulos e a disposição de processamento (**ECU**), os um ou mais módulos formando uma rede sem fio que é dinamicamente reconfigurável para transporte de sinais entre os um ou mais módulos e a disposição de processamento (**ECU**). Uma habilidade exibida pela rede para dinamicamente se re-configurar por si mesma é de vantagem em que um aparelho tem capacidade para continuar operando com funcionalidade de monitoramento reduzida em um evento em que um ou mais dos módulos cessa de proporcionar seus respectivos sinais para a disposição de processamento (**ECU**). Uma tal propriedade reconfigurável da rede não somente fornece o aparelho mais robusto, mas também possibilita que o aparelho venha a se adaptar quando módulos adicionais são adicionados para o aparelho, por exemplo, em resposta para mudança de uma ou mais das rodas.

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente mencionados da presente invenção, os um ou mais módulos incluem pelo menos uma interface sem fio para comunicação entre os um ou mais módulos e a disposição de processamento (**ECU**), os um ou mais módulos formando uma rede sem fio que é dinamicamente reconfigurável em resposta para os um ou mais módulos mudando entre estado funcional e estado não funcional em operação, para possibilitar que o aparelho venha a continuar funcionando com funcionalidade

modificada levando-se em consideração monitoramento de operação da pelo menos uma roda. Uma tal característica de operação também previne que o aparelho venha a se tornar não funcional meramente levando-se em consideração um de
5 seus módulos desenvolvendo um problema em operação, por exemplo, sua bateria se torna completamente descarregada em operação.

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente referidos da presente invenção, os um ou mais
10 módulos são cada um proporcionados com um correspondente código de identificação (**ID**) para comunicação para uma disposição de processamento (**ECU**) de maneira que a disposição de processamento (**ECU**) tem capacidade para reconhecer a partir de qual módulo correspondente dado de
15 sinal foi enviado. Utilização de tais códigos de identificação (**ID**) possibilita que uma ou mais rodas que tenham desenvolvido problemas, ou tenham sido descobertas terem problemas potenciais, venham a ser claramente identificadas e que um correspondente alerta informativo
20 não ambíguo venha a ser enviado para o motorista do veículo e/ou para uma facilidade de serviço responsável por solucionar tais problemas ou problemas potenciais.

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente mencionados da presente invenção, os um ou
25 mais módulos incluem uma ou mais fontes de energia elétrica para energização dos um ou mais módulos, as uma ou mais fontes de energia elétrica incluindo pelo menos uma bateria recarregável e um ou mais geradores para recarga das uma ou mais fontes, os um ou mais geradores derivando energia a
30 partir de rotações da pelo menos uma roda. Mais opcionalmente, os um ou mais geradores são pelo menos um de:

- (a) um gerador eletromagnético fundamentado sobre movimentação de uma massa operável para se movimentar em resposta para rotações da pelo

menos uma roda; e

- (b) um gerador piezelétrico fundamentado sobre força gerada por uma massa operável para aplicar uma força de variância para um dispositivo piezelétrico em resposta para rotações da pelo menos uma roda.

Levando-se em conta os um ou mais módulos rotacionando com suas respectivas rodas, provisão de anéis de deslizamento elétricos ou acoplamentos elétricos indutivos representa uma complicação prática considerável, especialmente em vista de regiões em torno das rodas de rodas contemporâneas já sendo pesadamente povoadas com outros componentes tais como sensores de rotação **ABS**, freios a disco, componentes de suspensão e assim por diante. Entretanto, depois de utilização prolongada, fontes de energia locais podem se tornar exauridas a menos que recarregadas ou substituídas; inclusão dos um ou mais geradores têm capacidade de solucionar tais problemas.

Opcionalmente, de maneira a juntar (coletar) mais mensurações representativas indicativas de operação da pelo menos uma roda, o aparelho de monitoramento de roda é opcionalmente implementado de maneira tal que os um ou mais módulos do aparelho de monitoramento de roda são radialmente distribuídos em torno da pelo menos uma roda para sensoriamento de operação da pelo menos uma roda em uma pluralidade de localizações angulares em torno da mesma.

Determinados componentes condutivos na, e em torno da, pelo menos uma roda são susceptíveis para criação de determinadas sombras de rádio e provocando peneiramento de *Faraday*. De maneira a solucionar problemas aparecendo a partir de tais sombras de rádio e peneiramento de *Faraday*, no aparelho de monitoramento de roda, pelo menos um dos um ou mais módulos opcionalmente inclui uma interface sem fio

acoplada para uma malha de condução eletricamente de um pneu da pelo menos uma roda, a malha de condução eletricamente sendo operável para funcionar como uma antena de retalho sem fio para o pelo menos um módulo para suporte
5 de comunicação sem fio entre o pelo menos um módulo e a disposição de processamento **(ECU)**.

Opcionalmente, os métodos anteriormente referidos da presente invenção incluem uma etapa de apresentação de informação para um motorista do veículo em um mostrador
10 (*display*) acoplado em comunicação com a disposição de processamento **(ECU)**, a informação indicando pelo menos um de:

- (a) um estado (*status*) de operação do um ou mais módulos;
- 15 (b) uma condição da pelo menos uma roda;
- (c) uma ou mais falhas ou potenciais falhas associadas com a pelo menos uma roda;
- (d) informação levando-se em consideração uma ou mais ações a serem tomadas por um motorista do veículo
20 em um evento em que uma ou mais falhas ou potenciais falhas associadas com a pelo menos uma roda venham a serem identificadas; e
- (e) uma indicação de se ou não a pelo menos uma roda do veículo foi modificada, por exemplo
25 falsificada.

O mostrador (*display*) é, entretanto, não limitado para exibição de tal informação como em (a) até (e) e tem opcionalmente capacidade de apresentação de outra informação de análise proporcionada a partir da disposição
30 de processamento **(ECU)**, por exemplo, um registro de tempo de mudanças em um ou mais parâmetros de roda como sensorizados pelos um ou mais módulos; por exemplo, o mostrador pode beneficemente apresentar um gráfico representando pressão de pneu como uma função de tempo, uma

lista descrevendo uma configuração dos módulos presentemente acoplados em comunicação com a disposição de processamento (**ECU**), e assim por diante.

Opcionalmente, os métodos anteriormente referidos da presente invenção incluem a etapa de provisão da disposição de processamento (**ECU**) com uma interface sem fio para comunicação com uma facilidade de serviço remota a partir do veículo, a disposição de processamento (**ECU**) sendo operável para comunicar informação indicativa de funcionalidade da pelo menos uma roda, a informação sendo indicativa de uma ou mais falhas ou potenciais falhas associadas com a pelo menos uma roda como computadas a partir dos sinais proporcionados a partir dos um ou mais módulos, e para recepção de instruções a partir da facilidade de serviço levando-se em consideração ações para solução das uma ou mais falhas ou potenciais falhas.

Mais opcionalmente, os métodos anteriormente referidos da presente invenção incluem a etapa de provisão do veículo com uma unidade de posicionamento global para geração de um sinal indicativo de uma posição espacial do veículo, e para transportamento de informação por intermédio da disposição de processamento (**ECU**) para a interface sem fio para a facilidade de serviço indicativa da posição espacial do veículo.

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente referidos da presente invenção, os um ou mais módulos incluem um processador de dados acoplado para uma memória de dados associada, os um ou mais módulos por intermédio de seus sensores de pressão sendo operáveis para registrar uma pressão (**P**) dentro de um pneu da pelo menos uma roda em relação para o tempo (**t**) como determinado por uma disposição de relógio (**CLK**) incluída dentro dos um ou mais módulos, e o processador de dados é operável para monitorar mudanças na pressão (**P**) com tempo (**t**) para

identificar um ou mais de:

- (a) um vazamento gradual de ar ou gás a partir do pneu indicativo de uma necessidade para recarregar o pneu com ar ou gás; e
- 5 (b) qualquer despressurização abrupta do pneu indicativa de um evento de perfuração ou de um evento de rápido esvaziamento tendo ocorrido, ou o pneu tendo sido permutado (substituído).

Mais opcionalmente, os um ou mais módulos são operáveis para comunicar para a disposição de processamento uma mensagem de que dado sensoriado pertencente para o pneu da pelo menos uma roda é potencialmente não confiável devido para a despressurização abrupta, por exemplo, devido para um evento de falsificação. Tal processamento é útil para detecção de eventos, por exemplo, permutação não autorizada de pneus, ocorrendo quando uma roda associada é temporariamente desmontada a partir do veículo e fora de uma faixa de comunicação sem fio da disposição de processamento **(ECU)**. Geração de uma tal mensagem é útil para reforço de segurança; permutação não autorizada ou não intencional de um pneu ou roda do veículo pode potencialmente contribuir para riscos de segurança ou degradação de confiabilidade sobre os quais o motorista do veículo é beneficadamente informado.

25 Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente referidos da presente invenção, os um ou mais módulos são operáveis para monitorar a pressão **(P)**, a independentemente de se ou não os um ou mais módulos estão em seus estados de hibernação de economia de energia. Tal operação fornece falsificação executada sobre o veículo quando em um estado estacionado detectável.

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente referidos da presente invenção, os um ou mais módulos são operáveis para permutar entre um estado ativo e

um estado de hibernação de economia de energia. O estado de hibernação é de benefício em que este prolonga um período de utilização das baterias associadas com os um ou mais módulos e fornece recarga freqüente das baterias menos necessárias por intermédio disso prolongando seus tempos de vida útil de operação. Baterias recarregáveis têm somente capacidade de resistir a um número finito de ciclos de descarga antes que sua capacidade de armazenamento elétrico venha a se deteriorar.

10 Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente referidos da presente invenção, os um ou mais módulos são operáveis para permutar entre um estado ativo e um estado de hibernação em resposta para uma ou mais instruções comunicadas sem fio para os um ou mais módulos.

15 Por utilização de tais instruções sem fio, é conceptível forçar todos os um ou mais módulos para seus estados de hibernação prontamente depois de, por exemplo, estacionamento do veículo e desligamento de seu motor de combustão; o estado de hibernação conserva energia em

20 baterias dos um ou mais módulos quando o veículo não está em utilização. Da mesma forma, uma instrução sem fio única tem capacidade de despertar os um ou mais módulos a partir de seus estados de hibernação quando ao veículo se dá partida novamente.

25 Ainda mais opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente referidos da presente invenção, os um ou mais módulos são operáveis para permutar a partir do estado ativo para o estado de hibernação de economia de energia em resposta para um período de tempo **(t)** no qual os

30 módulos detectam um ou mais de:

- (a) uma cessação de mudanças em pressão **(P)** de um pneu da pelo menos uma roda durante um período de tempo pré-determinado **(t)**; e
- (b) uma cessação de mudanças em aceleração **(A_x, A_y,**

A_z) sensoriada sobre a pelo menos uma roda durante um período de tempo pré-determinado (**t**).

Mais opcionalmente, os um ou mais módulos são operáveis para permutar a partir do estado de hibernação de economia de energia para o estado ativo em resposta para os
5 um ou mais módulos detectando um ou mais de:

- (a) um ressurgimento de mudanças em pressão (**P**) do pneu da pelo menos uma roda associado com rotações da pelo menos uma roda; e
- 10 (b) um ressurgimento de mudanças em aceleração (**A_x**, **A_y**, **A_z**) sensoriado sobre a pelo menos uma roda.

Similarmente, os um ou mais módulos têm benéficamente capacidade de automaticamente e autonomamente retornar para seus estados ativos sem que a disposição de processamento
15 (**ECU**) venha a necessitar enviar quaisquer instruções explícitas.

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente referidos da presente invenção, o pelo menos um parâmetro físico inclui pelo menos um de:

- 20 (a) uma pressão (**P**) dentro de um pneu da pelo menos uma roda como mensurada nos um ou mais módulos;
- (c) uma aceleração (**A_x**, **A_y**, **A_z**) como mensurada substancialmente nos um ou mais módulos;

- em que a disposição de processamento (**ECU**) é
25 operável para aplicar uma análise de harmônicos para sinais correspondendo para a pressão (**P**) e/ou a aceleração (**A_x**, **A_y**, **A_z**), a análise de harmônicos sendo operável para identificar componentes de harmônicos levando-se em consideração a frequência angular (**ω**) correspondendo para
30 uma taxa de mudança temporal da orientação angular (**θ**) da pelo menos uma roda. Determinados problemas ou problemas em potencial são susceptíveis de serem identificados meramente por processamento de magnitudes dos componentes de harmônicos, enquanto que detecção de problemas de flexão

beneficamente requer análise de dados de fase tanto de harmônicos magnéticos e quanto de harmônicos relativos na disposição de processamento (**ECU**); ver a **Figura 10**, por exemplo, levando-se em consideração inclinação de picos
 5 apresentados levando-se em conta mudanças em fase relativa em componentes de harmônicos identificados pela disposição de processamento (**ECU**).

Mais opcionalmente, quando implementando a presente invenção, a análise de harmônicos aplica computação para
 10 pelo menos um de:

- (a) magnitudes dos componentes de harmônicos; e
- (b) relações de fase relativas entre os componentes de harmônicos.

Mais opcionalmente, quando implementando a presente
 15 invenção, a disposição de processamento (**ECU**) é operável para empregar a análise de harmônicos para identificação de uma ocorrência de pelo menos uma de:

- (a) a pelo menos uma roda está desequilibrada;
- (b) um tipo específico de desequilíbrio está presente
 20 na pelo menos uma roda;
- (c) a pelo menos uma roda está inclinada em relação para seu eixo de rodas;
- (d) a pelo menos uma roda está frouxa e oscilando em torno sobre seus prendedores;
- 25 (e) um pneu da pelo menos uma roda possui defeitos em suas características de flexão;
- (f) um pneu da pelo menos uma roda está insuficientemente inflado;
- (g) um pneu da pelo menos uma roda está
 30 excessivamente inflado;
- (h) um pneu da pelo menos uma roda está oval ou possui uma ordem mais alta de distorção de lóbulo;
- (i) a pelo menos uma roda possui um desequilíbrio de

massa na mesma; e

- (j) mancais de roda associados com um eixo de rodas rotativamente suportando a pelo menos uma roda em operação estão vibrando ou chocalhando de uma maneira inesperada indicativa de uma falha, ou uma falha potencialmente se desenvolvendo.

A disposição de processamento (**ECU**) não é limitada para detecção de problemas (a) até (j) anteriormente e tem capacidade de detecção de outros problemas, por exemplo, ruídos de chocalho em mancais associados com um eixo de rodas da roda como manifestados em aceleração ou sinais acústicos sensorizados nos um ou mais módulos.

Mais opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente referidos da presente invenção, a disposição de processamento (**ECU**) é operável para desempenhar a análise dos componentes de harmônicos por aplicação:

- (a) de um algoritmo fundamentado em regra para identificação de uma ou mais falhas ou potenciais falhas a partir dos componentes de harmônicos;

- (b) de uma rede neural pré-programada para identificar uma ou mais falhas ou potenciais falhas quando apresentadas com dados descrevendo os componentes de harmônicos; e/ou

- (c) um filtro de harmônicos para demonstração de uma combinação específica de um ou mais componentes de harmônicos que são indicativos de uma ou mais falhas ou potenciais falhas com a pelo menos uma roda.

Outras abordagens para análise de componente de harmônicos também podem opcionalmente ser empregadas no aparelho.

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente referidos da presente invenção, é incluída uma etapa de provisão da disposição de processamento (**ECU**)

com uma lista pré-determinada de tipos de roda susceptíveis de serem empregadas com o veículo e características esperadas associadas, e os um ou mais módulos são operáveis para comunicar informação para a disposição de processamento (ECU) levando-se em consideração uma identificação de um tipo de roda em cima da qual os um ou mais módulos são montados, e a disposição de processamento (ECU) é operável para comparar sinais mensurados proporcionados a partir dos um ou mais módulos com sinais que deveriam ser esperados a partir dos um ou mais módulos como simulados a partir da lista pré-determinada, e em que uma disparidade entre os sinais mensurados e os sinais simulados é indicativa de uma ou mais falhas ou potenciais falhas. Uma tal abordagem é susceptível para evitar uma necessidade de desempenhar uma análise de harmônicos e, conseqüentemente, é computacionalmente menos intensiva para a disposição de processamento (ECU).

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente referidos da presente invenção, os um ou mais módulos incluem um ou mais processadores de dados nos mesmos, e esforço de computação executado em operação para identificação de uma ou mais falhas ou potenciais falhas na pelo menos uma roda é compartilhado entre os um ou mais processadores de dados e a disposição de processamento (ECU). Opcionalmente, carga de computação dentro do veículo é distribuída de maneira a evitar provocar sobrecarga de processamento de dados na disposição de processamento (ECU), especialmente quando muitos dos módulos são incluídos sobre rodas do veículo.

Opcionalmente, quando implementando os métodos anteriormente mencionados da presente invenção, a disposição de processamento (ECU) é operável para enviar uma mensagem requisitando os um ou mais módulos para responder de volta para a disposição de processamento (ECU)

para declaração de seus códigos de identificação (**ID**) para a disposição de processamento (**ECU**) para possibilitar que a disposição de processamento (**ECU**) venha a identificar suas configurações de um ou mais módulos, e para identificação
5 de quaisquer mudanças na configuração de um ou mais módulos ocorrendo. Mais opcionalmente, os um ou mais módulos são operáveis para também responder com dado indicativo de características esperadas da pelo menos uma roda para a qual os um ou mais módulos são montados. De maneira que a
10 disposição de processamento (**ECU**) seja operável para desempenhar um correto monitoramento de rodas do veículo, esta (**ECU**) requer uma lista ou registro recente de módulos presente sobre as rodas.

Opcionalmente, quando implementando os métodos
15 anteriormente referidos da presente invenção, a disposição de processamento (**ECU**) é operável para comparar mensurações de rotação a partir da disposição de sensor para sensoramento da orientação angular (θ) da pelo menos uma roda contra sinais supridos a partir dos correspondentes um
20 ou mais módulos para verificação de operação funcional da disposição de sensor e/ou dos um ou mais módulos. Mais opcionalmente, a disposição de sensor é um sensor de orientação angular de roda **ABS** associado com freios do veículo. Integridade operacional do aparelho de
25 monitoramento de roda é desejável de maneira que detecção de problemas e problemas potenciais seja tão efetiva quanto possível. Opcionalmente, de maneira a obter maior funcionalidade a partir de componentes existentes já incluídos sobre o veículo, quando implementando o aparelho
30 de monitoramento de roda, a disposição de sensor é um sensor de orientação angular de roda **ABS** associado com freios do veículo.

Em concordância com um segundo aspecto da presente invenção, é proporcionado um aparelho de monitoramento de

roda operável para executar um método em conformidade com pelo menos um do primeiro aspecto, do segundo aspecto e do terceiro aspecto da presente invenção.

5 Em concordância com um terceiro aspecto da presente invenção, é proporcionado um módulo operável para funcionar em um veículo para implementação de um método em conformidade com pelo menos um do primeiro aspecto, do segundo aspecto e do terceiro aspecto da presente invenção.

10 Em concordância com um quarto aspecto da presente invenção, é proporcionado um veículo incluindo um aparelho de monitoramento de roda em conformidade com o quarto aspecto da presente invenção, o aparelho sendo operável para monitorar operação da pelo menos uma roda **(10)** do veículo **(900)** em conformidade com um método do pelo menos
15 um do primeiro aspecto, do segundo aspecto e do terceiro aspecto da presente invenção.

Opcionalmente, o veículo é pelo menos um de: um veículo comercial pesado, um veículo de construção, um automóvel, uma motocicleta, uma scooter, uma aeronave, um
20 helicóptero, uma bicicleta.

Em concordância com um quinto aspecto da presente invenção, é proporcionado um veículo incluindo um ou mais módulos montados em cima do mesmo, os um ou mais módulos operáveis para funcionar com um aparelho de monitoramento
25 de roda em conformidade com o quarto aspecto da presente invenção operável para monitorar operação da pelo menos uma roda do veículo em conformidade com pelo menos um do primeiro aspecto, do segundo aspecto e do terceiro aspecto da presente invenção.

30 Em concordância com um sexto aspecto da presente invenção, é proporcionado um pneu incluindo um módulo como em conformidade com o quinto aspecto da presente invenção.

Opcionalmente, o módulo é montado para uma parede lateral ou adjacente para uma seção de rolagem do pneu.

Quando o aparelho anteriormente mencionado foi "calibrado" em conformidade com pelo menos um do primeiro aspecto, do segundo aspecto e do terceiro aspecto da presente invenção, a saber posições de um ou mais módulos
5 identificados, o aparelho é operável para proporcionar monitoramento de roda e de pneu. Um problema técnico adicional então pertence a como melhor utilizar informação proporcionada a partir do aparelho para manutenção do veículo operacionalmente em serviço.

10 Este problema técnico adicional é pelo menos parcialmente solucionado pela presente invenção.

Em concordância com um sétimo aspecto da presente invenção, é proporcionado um sistema incluindo um ou mais veículos, em que cada veículo inclui um aparelho de
15 monitoramento de roda operável para executar um método em conformidade com pelo menos um do primeiro aspecto, do segundo aspecto e do terceiro aspecto da presente invenção, o sistema compreendendo:

- 20 (a) um centro de controle para coordenação de reparo ou manutenção dos um ou mais veículos;
- (b) uma ou mais facilidades de serviço operáveis para desempenhar reparo ou reposição (substituição) sobre os um ou mais veículos;
- em que o sistema é operável para:
- 25 (c) possibilitar que cada aparelho de monitoramento de roda venha a monitorar operação de sua uma ou mais rodas associadas e detectar quando um problema ou problema em potencial aparece com a/s mesma/s;
- 30 (d) possibilitar que cada aparelho de monitoramento de roda venha a comunicar problema ou problema em potencial para o centro de controle, para o centro de controle para identificar uma ou mais facilidades de serviço que têm capacidade de

solucionar o problema ou problema em potencial; e
(e) possibilitar que o centro de controle venha a
comunicar instruções para os um ou mais veículos
cujo aparelho de monitoramento de roda tenha
detectado um problema ou problema em potencial
para uma ou mais facilidades de serviço
identificadas para que o problema ou problema em
potencial venha a ser solucionado.

Opcionalmente, o sistema em (e) é operável para
informar as uma ou mais facilidades de serviço
identificadas adiantadamente à chegada dos um ou mais
veículos para manutenção ou reparo, de maneira que as uma
ou mais facilidades de serviço identificadas são propor-
cionadas com uma oportunidade para fazer preparação para
chegada dos um ou mais veículos para manutenção ou reparo.

Opcionalmente, quando implementando o sistema, o
centro de controle é operável para organizar a manutenção
ou reparo nas uma ou mais facilidades de serviço
identificadas automaticamente sem que um ou mais motoristas
dos um ou mais veículos tenham necessidade de intervir.

Opcionalmente, no sistema, os um ou mais veículos
incluem aparelho de sensoriamento de posição global sobre
os mesmos acoplados em comunicação com o aparelho de
monitoramento de roda para possibilitar que os um ou mais
veículos venham a comunicar suas posições para o centro de
controle, de maneira que o centro de controle é operável
para identificar uma ou mais facilidades de serviço as mais
adequadamente geograficamente dispostas para serviço
(manutenção) dos um ou mais veículos.

Em concordância com um oitavo aspecto da presente
invenção, é proporcionado um método de operação de um
sistema incluindo um ou mais veículos, em que cada veículo
inclui um aparelho de monitoramento de roda operável para
implementar um método em conformidade com a presente

invenção, o sistema compreendendo:

- (a) um centro de controle para coordenação de reparo ou manutenção dos um ou mais veículos;
- (b) uma ou mais facilidades de serviço operáveis para desempenhar reparo ou reposição (substituição) sobre os um ou mais veículos;
- em que o método inclui etapas de:
 - (c) possibilitar que cada aparelho de monitoramento de roda venha a monitorar operação de sua uma ou mais rodas associadas e detectar quando um problema ou problema em potencial aparece com a/s mesma/s;
 - (d) possibilitar que cada aparelho de monitoramento de roda venha a comunicar o problema ou problema em potencial para o centro de controle, para o centro de controle para identificar uma ou mais facilidades de serviço que têm capacidade de solucionar o problema ou problema em potencial; e
 - (e) possibilitar que o centro de controle venha a comunicar instruções para os um ou mais veículos cujo aparelho de monitoramento de roda tenha detectado um problema ou problema em potencial para uma ou mais facilidades de serviço identificadas para que o problema ou problema em potencial venha a ser solucionado.

Em concordância com um nono aspecto da presente invenção, é proporcionado um produto de *software* gravado (registrado) sobre um suporte de dados, o produto sendo executável sobre *hardware* de computação para execução de um método em conformidade com a presente invenção.

Características da presente invenção são susceptíveis de serem combinadas juntamente em qualquer combinação sem se afastar a partir do escopo da presente invenção como definido pelas **reivindicações de patente** acompanhantes

posteriormente.

DESCRIÇÃO DOS DIAGRAMAS DA PRESENTE INVENÇÃO

Concretizações da presente invenção irão agora ser descritas em maiores detalhes, por intermédio de exemplos unicamente, com referência para os **Diagramas** mostrados nas **Figuras** acompanhantes, em que:

- 10 **Figura 1** é uma ilustração de uma roda de um veículo comercial pesado contemporâneo;
- Figura 2** é uma vista de seção transversal esquemática de uma porção da roda da **Figura 1**;
- Figura 3** é uma vista de seção transversal esquemática de um pneu da roda da **Figura 1**;
- 15 **Figura 4** é uma vista de seção transversal de uma montagem de roda dianteira contemporânea de um veículo comercial pesado;
- Figura 5** é uma vista de seção transversal de uma montagem de roda traseira contemporânea de um veículo comercial pesado;
- 20 **Figura 6** é uma vista de seção transversal esquemática da roda da **Figura 1** ilustrando localizações potenciais para montagem de módulos de monitoramento conforme definidos na presente invenção; as localizações potenciais incluem
- 25 montagem de cubo de roda em uma localização **(L1)**, montagem de aro de cubo de roda em uma localização **(L2)**, montagem em pneu em uma localização de parede lateral **(L3)**, e
- 30 montagem em pneu em uma localização de aro **(L4)**;
- Figura 7** é uma vista de seção transversal esquemática de um pneu da roda da **Figura 1** com seu módulo de monitoramento montado em uma

localização **(L2)** sobre um aro de um cubo de roda da roda com uma conexão por fio conectada a partir do módulo para uma antena de retalho exposta sobre o cubo de roda;

5 **Figura 8** é uma vista de seção transversal esquemática de um pneu da roda da **Figura 1** com seu módulo de monitoramento montado em uma localização **(L3)** sobre o pneu, o módulo sendo proporcionado com uma antena de
10 película enrolada em torno de uma borda do pneu e exposta sobre uma superfície exterior do pneu;

Figura 9 é um diagrama esquemático ilustrando movimentação espacial de um módulo de
15 monitoramento montado sobre a roda da **Figura 1**, juntamente com uma representação de uma suspensão de mola juntamente com uma representação de forças atuando sobre a roda quando em operação;

20 **Figura 10** é um gráfico ilustrando uma forma geral de sinal de aceleração obtenível em operação a partir do módulo de monitoramento montado na localização **(L3)** como mostrada na **Figura 6**;

Figura 10a mostra exemplos de como a pressão é mudada
25 quando o veículo faz uma volta;

Figura 10b mostra os sinais de pressão a partir dos módulos de sensor **(400)** sendo mostrados durante uma entrada e saída de uma curva;

Figura 10c mostra a posição angular das rodas como uma
30 função de tempo;

Figura 11 é uma primeira implementação de um aparelho de monitoramento de roda e de pneu para utilização conforme definida para a presente invenção para utilização com a roda da

Figura 1, o aparelho de monitoramento sendo operável para processar sinais de aceleração;

5 **Figura 12** é uma segunda implementação de um aparelho de monitoramento de roda e de pneu para utilização conforme definida para a presente invenção para utilização com a roda da **Figura 1**; o aparelho de monitoramento sendo operável para processar sinais de pressão;

10 **Figura 13** é uma terceira implementação de um aparelho de monitoramento de roda e de pneu para utilização conforme definida para a presente invenção para utilização com a roda da **Figura 1**; o aparelho de monitoramento sendo operável para processar tanto sinais de
15 aceleração e quanto sinais de pressão;

Figura 14 é um diagrama esquemático de um módulo de monitoramento operável para ser montado em cima da roda da **Figura 1** e para sensoriar
20 características de operação da roda;

Figura 15a até **Figura 15e** ilustram várias topografias de comunicação de rede alternativas para módulos de monitoramento montados em várias localizações sobre a roda da **Figura 1** e da **Figura 6**;

25 **Figura 16** é uma ilustração esquemática de um sistema de monitoramento de roda conforme definido para a presente invenção para um veículo comercial pesado em conjunção com uma
30 facilidade de controle remota e facilidade de serviço;

Figura 17a é uma ilustração de um método alternativo adicional conforme definido para a presente invenção para localização de posições de um

ou mais módulos do sistema da **Figura 16**;

Figura 17b é uma ilustração de gráficos representando aceleração lateral sensorizada durante implementação do método alternativo ilustrado na **Figura 17a**;

Figura 18 é uma ilustração de um sistema de negócios associado com uma empresa operando uma frota de veículos comerciais pesados em relação para centros de serviço e depósitos;

Figura 19 é uma ilustração da roda da **Figura 1** proporcionada com um módulo incluindo um acelerômetro, o módulo e seu acelerômetro sendo montados de maneira tal que seus eixos geométricos de sensoriamento são angularmente mal alinhados (desalinhados) com eixos geométricos transversal, radial e tangencial verdadeiros da roda; e

Figura 20 é uma quarta implementação de um aparelho de monitoramento de roda e de pneu para utilização quando implementando a presente invenção para utilização com a roda da **Figura 19**, o aparelho de monitoramento sendo operável para processar sinais de aceleração.

DESCRIÇÃO DE CONCRETIZAÇÕES DA PRESENTE INVENÇÃO

1. CONTEXTO DA PRESENTE INVENÇÃO

Empresas comerciais que operam frotas de veículos, por exemplo, frotas de veículos comerciais pesados, encaram diferentes problemas com manutenção e segurança de veículo em comparação com proprietários de automóveis particulares para os quais dispositivos de monitoramento de pneu contemporâneos simples já foram desenvolvidos como

elucidado precedentemente. Confiabilidade e segurança para uma empresa operando uma frota de veículos são extremamente importantes levando-se em conta um acidente, quebra ou incidente legal potencialmente adversamente afetando a reputação da empresa e relacionamento com seus clientes. Manutenção de veículo, e evitação de problemas técnicos de veículo antes que eles venham a aparecer e a provocar ruptura, são de considerável importância para empresas operando frotas de veículos.

Em uma frota de veículos, por exemplo, veículos comerciais pesados, existem múltiplos veículos, e um conjunto de cubos de roda para os veículos que são equipados com novos pneus em várias vezes. Cubos de roda podem potencialmente ser permutados entre veículos e ser esporadicamente fornecidos com novos pneus quando seus pneus existentes são supostos estarem desgastados. Além do mais, em determinados climas, por exemplo, Europa Setentrional e Canadá, existe um requerimento legal para fazer rodízio entre pneus de inverno e pneus de verão; tal rodízio entre pneus de inverno e pneus de verão é conseguido por substituição de cubos de roda mais do que por remoção de pneus a partir de seus respectivos cubos de roda. Rodas são conseqüentemente habitualmente colocadas em armazenamento quando não estão em uso nos veículos. Quando as rodas e seus pneus associados estão em armazenamento, vários eventos de abuso (mau uso) podem potencialmente aparecer que podem adversamente afetar segurança de veículo quando as rodas e seus pneus são reinstalados sobre os veículos novamente. Tais eventos abusivos incluem, por exemplo, eventos de falsificação (adulteração).

Empresas operando frotas de veículos normalmente conseguem a maior eficiência comercial quando seus veículos estão virtualmente todos em utilização gerando rendimento; veículos sofrendo reparo ou permanecendo inoperantes

representam um investimento que não gera lucro, e podem até mesmo representar uma depreciação em valor. Uma medida (um expediente) associada com isto é manutenção eficiente de veículos que estão intensivamente em utilização, especialmente levando-se em consideração suas rodas e pneus. A presente invenção é benéfica por dar garantia de identificação aperfeiçoada de módulos de roda para monitoramento e previsão de potenciais problemas com rodas e pneus; veículos de frota podem, por exemplo, sofrer recall ou ser re-agendados para propósitos de manutenção. Qualidade de monitoramento aumentada é conseguida por utilização de configurações de sensor mais otimizadas e inovadoras e processamento de dados associados. Tal monitoramento aperfeiçoado é conseguido por emprego de configurações complexas de monitores de roda que por si mesmos representam um problema de gerenciamento e de coleta (junção) de dados complexo.

Referindo-se para a **Figura 1**, é mostrado em vista lateral um diagrama esquemático de uma roda de um veículo comercial pesado. A roda é indicada geralmente por **(10)**. Além do mais, a roda **(10)** compreende um cubo de roda de aço indicado por **(20)** e um pneu simbolizado por **(30)**. O pneu **(30)** é contemporaneamente freqüentemente sem câmara, a saber não inclui qualquer tubo interno separado. Um flange interno circular **(40)** do cubo de roda **(20)** inclui uma disposição circular de orifícios de montagem **(50)** para recepção de parafusos ou prendedores similares para atamento da roda **(10)** para um eixo de rodas (não mostrado na **Figura 1**) de seu veículo associado. Estendendo-se radialmente externamente a partir do flange interno **(40)** está uma rede substancialmente frusto-cônica **(60)** possuindo uma série radial de orifícios de ventilação circulares ou elípticos **(70)** formados na mesma como ilustrado, por exemplo, um destes orifícios de ventilação **(70)** possibilita

acesso para uma válvula de ar (80) em comunicação de fluido (ar) com um volume englobado pelo pneu (30) para propósitos de inflação (enchimento) ou deflação (esvaziamento) do pneu (30). Em seu perímetro, a rede frusto-cônica (60) é
5 acoplada para um aro circular (90). O aro circular (90) é operativo para receber o pneu (30).

Na **Figura 1**, um eixo geométrico de seção transversal é simbolizado por (A-A) e uma correspondente vista de seção transversal da roda (10) é mostrada na **Figura 2** para
10 substancialmente uma porção superior da roda (10). A roda (10) possui uma forma geral que foi desenvolvida ao longo de muitos anos para substancialmente uma implementação otimizada por razões que irão agora ser elucidadas. O flange interno (40) é proporcionado com sua configuração
15 regularmente espaçada de orifícios de montagem (50) para montagem seguramente da roda (10) utilizando parafusos ou prendedores anteriormente mencionados para uma extremidade de um eixo de rodas (110) do correspondente veículo; o eixo de rodas (110) é operável para rotacionar em torno de um
20 eixo geométrico (B-B). Um excesso de orifícios (50) é freqüentemente proporcionado para se ter mais certeza de retenção da roda (10) em cima do eixo de rodas (110). Usualmente, para veículos comerciais pesados, um freio a disco (115) é incluído próximo de uma extremidade do eixo
25 de rodas (110) em proximidade relativamente íntima para a rede frusto-cônica (60) e seus orifícios de ventilação associados (70). Além do mais, um codificador de sensor angular **ABS** (118) para implementação de um sistema de frenagem **ABS** para sensoramento de uma orientação angular
30 do eixo de rodas (110) e, portanto, aquele da roda (10) é contemporaneamente incluído como componentes padrão (*standard*) sobre veículos comerciais pesados; o codificador de sensor angular (118) é operável para gerar um sinal indicativo de uma orientação angular (θ) da roda (10). O

codificador de sensor angular (118) é freqüentemente implementado como um dispositivo de sensoriamento óptico, eletrostático e/ou magnético.

Em operação, quando trazendo um veículo comercial
5 pesado de **10 toneladas** a partir de uma velocidade de **80 km/hora** para parada total dentro de uns poucos segundos, isto corresponde para absorção de energia cinética em uma ordem de **3 X 10⁶ Joules**, o que pode resultar em uma taxa instantânea de dissipação de energia no freio a disco (115)
10 associado com o eixo de rodas (110) em uma ordem de **dezenas** de **quilowatts**. Os orifícios (70) na rede frusto-cônica (60), por conseqüência, possibilitam circulação de ar para alcançar um ou mais discos de metal do freio a disco (115) para propósitos de refrigeração. Além do mais, os orifícios
15 (70) na rede frusto-cônica (60) também auxiliam para reduzir um peso sem retrocesso da roda (10) sem influência adversamente de sua resistência mecânica, e bem como proporcionam acesso para a válvula (80). O aro (90) possui vários sulcos formados no mesmo para reforçar sua
20 resistência mecânica e também possui sulcos de extremidade (170) para proporcionar retenção confiável do pneu (30) em operação. O pneu (30) engloba um volume simbolizado por (120) que é mantido em uma pressão elevada (P) durante operação.

25 Referindo-se a seguir para a **Figura 3**, uma vista de seção transversal ilustrativa de uma porção do pneu (30) é mostrada. O pneu (30) inclui bordas internas (180) para apoio em cima dos sulcos (170) do aro circular (90). As bordas internas (180) são freqüentemente reforçadas
30 utilizando anéis ou bandas de aço (200) moldadas para o pneu (30). Além do mais, o pneu (30) inclui uma ou mais malhas de metal ondulado reforçado e/ou de fibra reforçada (210) embutidas por moldagem para o pneu (30). Uma porção de rolamento (220) do pneu (30) possui uma maior espessura

radial em comparação com uma espessura lateral de paredes laterais **(230)** do pneu **(30)**; a porção de rolamento **(220)** é mais espessa para acomodação de rolamentos (sulcos) do pneu **(30)**. Em operação, a porção de rolamento **(220)** é operável
5 para proporcionar um agarramento firme para uma superfície de estrada (não mostrada) e bem como uma função de drenagem de água, enquanto que as paredes **(220)** são projetadas para periodicamente elasticamente flexionar quando a roda **(10)** com seu pneu associado **(30)** rotaciona em operação sobre a
10 superfície de estrada.

Existem diversos modos potenciais de falha do pneu **(30)**, e até mesmo da roda **(10)**, que uma empresa operando uma frota de veículos, por exemplo, veículos comerciais pesados, empregando tais rodas **(10)** deveria desejar
15 identificar e corrigir antes que vários modos de falha venham a provocar quebra, acidente ou atraso envolvendo veículos. Problemas que são encontrados incluem:

(a) a pressão de ar **(P)** no pneu **(30)** é excessivamente baixa provocando excessiva flexão das paredes
20 **(230)** e uma ou mais malhas associadas **(210)** com um risco de que elas venham a endurecer em trabalho e a fraturar prematuramente; quando a pressão de ar **(P)** é excessivamente baixa, aparece uma excessiva área de contato entre o pneu **(30)** e
25 uma superfície de estrada de interface para o pneu **(30)** provocando excessivo desgaste de pneu, e também resistência ao rolamento aumentada e, portanto, economia de combustível de veículo empobrecida; área de contato muito excessiva
30 entre o pneu **(30)** e a superfície de estrada pode também paradoxalmente resultar em agarramento inferior entre o pneu **(30)** e a superfície de estrada em condições de gelo e de neve porque a força de contato entre o pneu **(30)** e a superfície

de estrada não é tão concentrada como idealmente desejada para forçar o pneu **(30)** a se conformar para as irregularidades de superfície na superfície de estrada susceptíveis para provisão de agarramento. Excesso de deformação do pneu **(30)** quando sua pressão de ar interna **(P)** é excessivamente baixa provoca potencialmente excesso de dissipação de energia em um grau de deformação não elástica dentro do pneu **(30)** com elevação de temperatura associada resultante da mesma, o que pode, em um pior caso, exceder uma temperatura na qual o material a partir do qual o pneu **(30)** é fabricado tem capacidade de tolerar. Além do mais, quando a pressão **(P)** dentro do pneu **(30)** é excessivamente baixa, existe também um risco de que as bordas internas **(180)** afrouxem sua vedação com os sulcos **(170)** quando submetidas para estresse lateral severo, por exemplo, quando arrastando ao longo de uma pedra de meio fio, com subsequente súbita perda de ar a partir do pneu **(30)** ;

- (b)** um ou mais dos parafusos ou prendedores aplicados para os orifícios **(50)** para assegurar a roda **(10)** para o eixo de rodas **(110)** pode/m potencialmente ser inadequadamente apertado/s durante atamento da roda **(10)** para o eixo de rodas **(110)**, ou são susceptíveis para potencialmente trabalharem frouxos em operação; tal afrouxamento e potencial perda de um ou mais dos parafusos ou prendedores pode resultar em que a roda **(10)** venha a cambalear ou chiar (guinchar) sobre o eixo de rodas **(110)** e, em um pior caso, até mesmo se tornar destacada a partir do eixo de rodas **(110)** e se soltar **(!)** ;

(c) o pneu (30) e/ou a válvula (80) podem desenvolver um vazamento tal que uma perda parcial da pressão (P) dentro de pneu (30) em operação aparece; se tal perda de pressão (P) não é detectada, problemas como esboçados em (a) precedentemente podem potencialmente aparecer; entretanto, pressão (P) é uma função de uma temperatura do pneu (T_{pneu}) e também se o pneu (30) é ou não é periodicamente mantido por ser recarregado com ar comprimido ou outro gás através de sua válvula (80);

(d) o pneu (30) pode desenvolver em utilização um desequilíbrio, por exemplo, uma porção de borracha do pneu (30) pode se tornar desigualmente corroída com utilização, ou um peso de balanceamento anteriormente adicionado para a roda (10) pode se tornar destacado a partir da roda (10); em uma situação de uma disposição de pneus duplos como ilustrada na **Figura 5**, freqüentemente empregada em uma traseira de um veículo comercial pesado, é conhecido o fato de um tijolo de construção ou objeto similar ocasionalmente se tornar enfiado (preso como cunha) entre os pneus duplos e representar um projétil perigoso em um evento do objeto subsequente se tornar desalojado por força centrífuga enquanto a roda dupla está rotacionando; tais objetos ejetados a partir dos pneus potencialmente representam um considerável perigo quando eles se esmagam através de um pára-brisa dianteiro de automóvel resultando em ferimento ou acidente; e

(e) o pneu (30) pode se tornar oval ou distorcido de alguma outra maneira simétrica que não

necessariamente provoca um desequilíbrio assimétrico para a roda (10); além do mais, o cubo de roda (20) em si mesmo pode se tornar encurvado e em consequência disso se torcer fora do plano sem necessariamente provocar um desequilíbrio assimétrico na roda (10).

Referindo-se para a **Figura 4** e para a **Figura 5**, são mostrados diagramas de montagens de roda dianteira e traseira manufaturadas contemporâneas exemplificativas de um veículo comercial pesado para ilustrar como regiões compactas em torno de rodas de veículo são na prática. Existe pequeno volume extra nas montagens de roda dianteira e traseira para acomodação de instrumentação adicional para monitoramento de condições de operação de roda. Entre outros fatores, componentes associados com o freio anteriormente referido (115) são incluídos em proximidade íntima para a roda (10) em operação; o freio (115) possui associado com si mesmo outros componentes, tais como acionadores servo para forçar componentes de pastilha de freio contra um componente de disco do freio (115). Entretanto, é prática convencional incluir em torno do eixo de rodas (110) e em proximidade íntima para a roda (10), o anteriormente referido codificador de sensor **ABS** (118) (não mostrado na **Figura 4** e na **Figura 5**) para mensuração da posição angular (θ) da roda (10) quando montada sobre seu eixo de rodas (110).

Características que são benéficas para mensurar de maneira a monitorar a condição de roda (10) e seu pneu associado (30) incluem temperatura (**T**), pressão (**P**) e aceleração instantânea (**A**) durante operação. É adicionalmente também conceitual incluir padrões de resistência de película dentro de ou aglutinados em cima de paredes (230) do pneu (30) para mensurar suas flexões de parede. A temperatura (**T**) e a aceleração (**A**) podem ser

mensuradas em várias posições espaciais sobre a roda (10) com resultados mutuamente diferentes, enquanto que a pressão (P) desenvolvida dentro do volume simbolizado por (120) englobado pelo pneu (30) em operação é efetivamente similar porque a pressão (P) equaliza em um período de tempo relativamente curto; equalização de pressão é estimada para ocorrer dentro de uns poucos milisegundos levando-se em conta pulsos de pressão tendo capacidade de se propagar em uma velocidade em uma ordem de **250 metros/segundo** dentro do volume (120). A roda (10) possui um diâmetro da ordem de **1 metro**.

A **Figura 6** ilustra esquematicamente categorias de localizações com o que sensores são benéficamente montados para a roda (10). Quando diversos sensores são incluídos em cada categoria de localização, os diversos sensores são benéficamente distribuídos em posições angularmente distribuídas em torno da roda (10) para provisão de informação a mais representativa indicativa de operação do cubo de roda (20) e seu pneu (30).

Em uma localização (L1), prendedores são benéficamente empregados para atar um primeiro módulo de sensor para o cubo de roda (20) ou até mesmo por intermédio de um ou mais dos orifícios (50) para o eixo de rodas (110). O primeiro módulo de sensor tem capacidade de monitoramento da pressão de pneu (P) por intermédio de comunicação de fluido (ar ou gás) para a válvula (80), tem capacidade de monitoramento de uma temperatura ($T_{\text{cubo de roda}}$) do cubo de roda (20) e tem capacidade de sensoriamento de acelerações (A) em um, dois, ou três eixos geométricos ortogonais (x, y, z) no cubo de roda (20) dependendo do tipo de acelerômetro empregado. Benéficamente, um ou mais de um sensor de pressão e de um acelerômetro incluídos no primeiro módulo de sensor para desempenho de mensurações são componentes eletrônicos integrados micro-maquinados de silício contemporaneamente

conhecidos como **MENS** ("Micro-Electronic Mechanical Systems" - "Sistemas Mecânicos Micro Eletrônicos"). A temperatura ($T_{\text{cubo de roda}}$) do cubo de roda (20) irá freqüentemente ser diferente a partir da temperatura de pneu (T_{pneu}) do pneu (30); uma temperatura de módulo ($T_{\text{módulo}}$) mensurada no primeiro módulo é, portanto, não idealmente representativa da temperatura de pneu (T_{pneu}) do pneu (30) e, por consequência, condição do pneu (30); o cubo de roda (20) irá freqüentemente ser submetido para fluxos de ar de refrigeração direta, e durante eventos de frenagem irá ser aquecido rapidamente por aquecimento de ar fluindo a partir do freio a disco associado (115) que, como elucidado precedentemente, pode ser submetido para dissipações de pico súbitas de energia de muitos *quillowatts*, por exemplo, durante e brevemente depois de desempenho de frenagem de emergência. O primeiro módulo na localização (L1) não é totalmente vasculhado (peneirado) por componentes condutivos que fornecem comunicação sem fio de curta distância possível entre o primeiro módulo e uma unidade de controle eletrônico (**ECU**) ou sistema de gerenciamento eletrônico do veículo. O primeiro módulo de sensor na localização (L1) é o mais acessível e susceptível de ser re-projetado para veículos com mudanças mecânicas mínimas sendo requeridas.

Um segundo módulo de sensor é beneficamente montado para uma superfície interna do aro (90) em uma localização (L2) e por intermédio disso é submetido diretamente para a pressão (P) desenvolvida dentro do pneu (30) em operação. O segundo módulo nesta localização (L2), quando mensurando a temperatura ($T_{\text{módulo}}$) na mesma, tem capacidade de provisão de uma mensuração precisa da temperatura (T_{pneu}) do pneu (30) e bem como da pressão (P) do pneu (30) anteriormente referida. Além do mais, um ou mais acelerômetros incluídos dentro do segundo módulo para mensuração da aceleração (A)

na localização **(L2)** estão em uma maior distância radial a partir do eixo geométrico **(B-B)** (ver a **Figura 2**) do que o primeiro módulo na localização **(L1)**, e são, conseqüentemente, submetidos para maiores componentes radiais de aceleração resultantes a partir da rotação da roda **(10)**. Uma desvantagem de montagem do segundo módulo de sensor na posição **(L2)** é a de que a malha **(210)** em combinação com o aro **(90)** possuem uma tendência para formar uma jaula de *Faraday* que severamente atenua transmissões sem fio a partir do segundo módulo, a menos que o segundo módulo possua uma saída de antena através do aro **(90)**, por exemplo, um pequeno orifício à prova de ar através do qual um fio de antena acoplado para o segundo módulo de sensor na posição **(L2)** é estendido para fora em cima da rede frusto-cônica **(60)** para reforço de eficiência de comunicação sem fio. Na **Figura 7**, é mostrado um exemplo em que o segundo módulo na localização **(L2)** é acoplado por intermédio de um fio de antena **(300)** através de uma alimentação isolada de ponta a ponta **(310)**, instalada no aro **(90)** e operável para resistir à pressão **(P)**, para uma antena de retalho de metal de película **(320)**; opcionalmente, a antena de retalho **(320)** é afixada para a rede frusto-cônica **(60)** para proteção mecânica. Alternativamente, ou adicionalmente, o segundo módulo de sensor na localização **(L2)** é eletricamente acoplado para a malha **(210)** do pneu **(30)** e é operável para empregar esta malha **(210)** como uma antena para comunicação sem fio para a unidade de controle eletrônico **(ECU)** ou um sistema de gerenciamento eletrônico anteriormente referidos. Ainda como uma alternativa adicional, o segundo módulo na localização **(L2)** pode ser diretamente eletricamente acoplado pelo fio através da alimentação isolada de ponta a ponta **(310)** ou por conexão de película condutiva para o primeiro módulo na localização **(L1)** e opcionalmente derivar

energia a partir do mesmo e bem como comunicação de mensuração de dados para o mesmo.

Um terceiro módulo de sensor é beneficemente montado sobre uma superfície interna do pneu **(30)** em uma
5 localização **(L3)**, por exemplo, por aglutinação do terceiro módulo em cima do pneu **(30)** utilizando agentes de aglutinação de material de borracha ou de plásticos ou similares antes que o pneu **(30)** seja montado para o cubo de roda **(20)**; alternativamente, utilização de montagem do tipo
10 de estalido e de fixação por pressão do terceiro módulo de sensor do pneu **(30)** é também conceptível e mais rápida para empregar quando de manufaturação e manutenção do pneu **(30)**. O terceiro módulo na localização **(L3)** tem capacidade de mensuração da temperatura **(T_{módulo})** no mesmo e por intermédio
15 disso, provisão de uma indicação representativa direta de temperatura de pneu **(T_{pneu})**, uma indicação direta representativa da pressão **(P)** e tem também capacidade de proporcionar uma indicação representativa de características de flexão das paredes **(230)** do pneu **(30)**
20 por intermédio de mensurações de aceleração **(A)** ou mensurações de padrão de resistência (esforço); entretanto, os sinais de aceleração gerados pelo terceiro módulo na localização **(L3)** são uma modulação complexa de vários componentes de aceleração na medida em que a roda **(10)**
25 rotaciona em operação e suas paredes laterais **(230)** flexionam, enquanto que o acelerômetro do primeiro módulo montado na localização **(L1)** é operável para gerar sinais de aceleração que incluem uma magnitude relativamente maior de componentes de aceleração linear no mesmo que permitem que
30 o primeiro módulo na localização **(L1)** seja potencialmente mais bem adequado para monitoramento de tais componentes de aceleração linear. Opcionalmente, o terceiro módulo de sensor na localização **(L3)** é também acoplado para um ou mais sensores de padrão de resistência de película

resistiva ou de fibra ótica (não mostrados) acoplados em cima do, ou até mesmo embutidos dentro do, material de borracha do pneu (30), por exemplo, em cima da parede lateral (230) e/ou do aro periférico do pneu (30). O

5 terceiro módulo de sensor montado na localização (L3) sofre de um problema de comunicação sem fio similar para o segundo módulo de sensor na localização (L2) em que a malha (210) em combinação com o aro (90) funciona como uma jaula de Faraday para atenuar comunicação sem fio a partir do

10 volume (120) dentro do pneu (30). De maneira a aperfeiçoar comunicação sem fio, o terceiro módulo na localização (L3) é opcionalmente proporcionado com uma antena condutiva de película fina (350), por exemplo, fabricada por película de metal em sanduíche entre camadas de material de isolamento

15 flexível, tal como Kapton, como ilustrado na **Figura 8**. A antena (350) é benéficamente enrolada em torno das bordas internas (180) e acima em torno de uma superfície de parede externa do pneu (30). O segundo módulo de sensor na localização (L2) é também susceptível de ser proporcionado

20 com uma tal antena de película fina, por exemplo, disposta acima de (sobre) uma borda do aro (90) e até mesmo se estendendo em cima da rede frusto-cônica (60). Entretanto, tais antenas de película fina são susceptíveis de serem danificadas quando o pneu (30) é instalado em cima do cubo

25 de roda (20) a menos que adequadamente protegidas com uma película de proteção de borracha (360) ou componente similar adicionado para proporcionar proteção mecânica. Alternativamente, ou adicionalmente, o terceiro módulo é susceptível de possuir sua antena acoplada eletricamente

30 para a malha (210) do pneu (30) que tem então capacidade de funcionamento como uma antena; o terceiro módulo é benéficamente proporcionado com um pino perfurante elétrico para penetração durante instalação através de um interior da parede lateral (230) para provisão de uma conexão

elétrica para a malha condutiva **(210)**. Ainda
alternativamente, o segundo módulo na localização **(L2)** pode
ser operável para funcionar como um nódulo (nó) de relé sem
fio para transporte de sinais a partir do terceiro
5 módulo na localização **(L3)** por intermédio do segundo módulo
na localização **(L2)** para uma unidade de controle eletrônico
(ECU) do veículo; tal comunicação nodal entre módulos
montados em cima da roda **(10)** irá ser elucidada em maiores
detalhes posteriormente e corresponde para os módulos de
10 sensor cooperando para formar uma rede de comunicação.

Um quarto módulo de sensor é opcionalmente montado em
uma localização **(L4)** adjacente para uma região de rolamento
do pneu **(30)** e funciona de uma maneira genericamente
similar para o terceiro módulo montado na localização **(L3)**.

15 Sinais de mensuração gerados pelo primeiro módulo,
segundo módulo e terceiro módulo nas localizações **(L1)**,
(L2) e **(L3)**, respectivamente, irão agora ser adicionalmente
elucidados com referência para a **Figura 9**.

Na **Figura 9**, é mostrado o eixo geométrico de rotação
20 **(B-B)** em torno do qual a roda **(10)** revoluciona em operação.
A roda **(10)** é proporcionada por intermédio do eixo de rodas
(110) com um feixe de molas e/ou suspensão pneumática a ar
acoplados para um chassi **(CH)** do veículo; a suspensão é
simbolizada por uma constante de mola **(K_s)**. Forças
25 aplicadas para o pneu **(30)** a partir de uma superfície de
estrada em contato com o pneu **(30)** são simbolizadas por uma
força **[F(t)]**; o pneu **(30)** possui uma compliância de mola
descrita por uma constante de mola **(K_T)** que é dependente da
pressão **(P)** dentro do pneu **(30)** e também do projeto
30 mecânico do pneu **(30)**. O primeiro módulo, segundo módulo e
terceiro módulo nas localizações **(L1)**, **(L2)** e **(L3)**,
respectivamente, são cada um simbolizados por um módulo
(400) que circunscreve em operação um caminho radial
simbolizado por **(410)** quando a roda **(10)** rotaciona em torno

do eixo geométrico **(B-B)** correspondendo para o eixo de rodas **(110)**. O caminho radial **(410)** possui um raio **(r)** e o módulo **(400)** é inclinado em um ângulo de inclinação **(ϕ)** relativamente para uma direção radial normal **(420)**. O

5 módulo **(400)** é operável para mensurar pelo menos um de:

- (a) uma temperatura **($T_{\text{módulo}}$)** no módulo **(400)**;
 - (b) a pressão **(P)** no módulo **(400)**; e
 - (c) aceleração linear em um ou mais eixos ortogonais **(x, y, z)** como, por exemplo, ilustrado na **Figura**
- 10 **9**, em que o eixo ortogonal **(z)** é paralelo para o eixo geométrico **(B-B)** quando o ângulo de inclinação **(ϕ)** é de **0 grau**, o eixo ortogonal **(y)** corresponde para uma direção radial para a roda **(10)** quando o ângulo de inclinação **(ϕ)** é de **0**
- 15 **grau**, e o eixo ortogonal **(x)** corresponde para uma direção tangencial cuja aceleração associada é fracamente afetada pelo ângulo de inclinação **(ϕ)** quando próximo de **0 grau**.

Quando o módulo **(400)** é montado na localização **(L1)**,

20 ele mensura a pressão **(P)** do pneu **(30)** por intermédio de sua válvula **(80)**.

Como elucidado precedentemente, o módulo **(400)** é opcionalmente fornecido com outros tipos de sensores, por exemplo, padrões de resistência resistivos, padrões de

25 resistência pisoelétricos, sensores de umidade, e assim por diante se desejado. É conveniente, para propósitos de identificação de localização, que o módulo **(400)** seja opcionalmente proporcionado com um sensor magnético, por exemplo, implementado utilizando um interruptor de relé de

30 palheta (reed-relay) magnético operável para eletricamente conduzir quando um magneto permanente possuindo, por exemplo, uma resistência de campo magnético de campo próximo de **100 miliTesla** é colocado em proximidade íntima

para o módulo **(400)**, por exemplo, dentro de uma distância de **10 cm** a partir do mesmo.

Com referência para a **Figura 9**, quando a roda **(10)** rotaciona em uma taxa angular constante (ω) , e o ângulo de inclinação (ϕ) é substancialmente de **0 grau**, a aceleração (A_x) mensurada pelo acelerômetro de eixo ortogonal **(x)** é determinada pela Equação 1 (**Eq. 1**):

$$A_x = g \operatorname{sen} (\omega t + \lambda) \quad \text{Eq. 1}$$

10 - em que:

(A_x) = uma mensuração de aceleração de eixo **(x)**;

(r) = um raio a partir do eixo geométrico **(B-B)** no qual o módulo **(400)** é montado;

(ω) = uma taxa de rotação angular da roda **(10)**;

15 (g) = uma constante gravitacional (cerca de **10m/s/s**); e

(λ) = um desvio angular.

Quando a roda **(10)** rotaciona na taxa angular constante (ω) , e o ângulo de inclinação (ϕ) é substancialmente de **0 grau**, a aceleração (A_x) mensurada pelo acelerômetro de eixo ortogonal **(y)** é determinada pela Equação 2 (**Eq. 2**):

$$A_y = r\omega^2 + g \operatorname{sen} (\omega t + \lambda) \quad \text{Eq. 2}$$

25 - em que:

(A_y) = uma mensuração de aceleração de eixo **(y)**;

(r) = o raio a partir do eixo geométrico **(B-B)** no qual o módulo **(400)** é montado;

30 (ω) = a taxa de rotação angular da roda **(10)**;

(g) = a constante gravitacional (cerca de **10m/s/s**); e

(λ) = um desvio angular.

$$A_z = [r\omega^2 + g \operatorname{sen} (\omega t + \lambda)] \operatorname{sen} \phi \quad \text{Eq. 3}$$

$$A_y = [r\omega^2 + g \operatorname{sen} (\omega t + \lambda)] \cos \phi \quad \text{Eq. 4}$$

5

Para as localizações (L1) e (L2), o ângulo de inclinação (ϕ) para o módulo (400) montado em uma orientação como representada na **Figura 9** é normalmente substancialmente **zero** tal que a aceleração (A_z) é normalmente de uma magnitude relativamente pequena e a aceleração (A_y) é uma soma total de forças aparecendo a partir da força $[F(t)]$ resultante a partir das características de superfície de estrada, componentes centrífugos ($r\omega^2$) aparecendo a partir de giro da roda (10) e a força da gravidade (g) modulada por giro da roda (10). Entretanto, em um evento de desequilíbrio da roda (10) aparecendo a partir do cubo de roda (20) se tornando enviesado, por exemplo:

- (a) devido para afrouxamento dos prendedores ou parafusos utilizados para atar o cubo de roda (20) por intermédio de seus orifícios de roda (50) para o eixo de rodas (110);
 - (b) devido para o cubo de roda (20) se tornando deformado devido para impacto ou para acidente ou para fratura; ou
 - (c) o eixo de rodas (110) em si mesmo fora de alinhamento devido para falha ou para impacto;
- o ângulo de inclinação (ϕ) se torna uma função de um ângulo de rotação (θ) da roda (10) como definido pela Equação 5 (Eq. 5):

30

$$\phi = \phi_{\text{máximo}} \operatorname{sen} (\omega t + \mu) \quad \text{Eq. 5}$$

- em que:

$(\phi_{\text{máximo}})$ = um ângulo de mau alinhamento; e

(μ) = desvio angular levando-se em consideração rotação da roda (10);

5 - tal que a Equação 3, a Equação 4 e a Equação 5 são então susceptíveis de serem utilizadas em combinação para determinação de uma natureza das acelerações mensuradas (A_y) e (A_z) a partir do módulo (400) montado nas localizações (L1) e (L2). O sinal de aceleração (A_z) é, por
10 consequência, útil, conforme definido na presente invenção, por identificação de mau alinhamento angular ou problemas de prendedores por monitoramento utilizando módulos (400) em uma ou mais das localizações (L1) e (L2). Entretanto, o módulo (400) montado na localização (L3) é submetido para
15 considerável flexão da parede (230) que tende a dominar em magnitude levando-se em consideração mudança angular sobre mau alinhamento angular do eixo de rodas (110) ou oscilação de lateral da roda (10). Além do mais, como elucidado precedentemente, montagem do módulo (400) na localização
20 (L1) é benéfico para mensuração da pressão (P) do pneu (30) a partir de sua válvula (80), mas a temperatura $(T_{\text{módulo}})$ mensurada pelo módulo (400) na localização (L1) não é uma representação precisa de temperatura (T_{pneu}) do pneu (30) levando-se em conta aquecimento intermitente dos freios
25 (115) em operação. Adicionalmente, montagem do módulo (400) na localização (L2) é benéfico para mensuração da pressão (P) do pneu (30), e bem como mensuração de uma temperatura de operação representativa do pneu (30) [a saber, $T_{\text{módulo}} = T_{\text{pneu}}$ na localização (L2)].

30 Quando o módulo (400) é montado na localização (L3), ele tem capacidade de provisão de uma mensuração representativa da pressão (P) e da temperatura do pneu (30) (a saber, $T_{\text{módulo}} = T_{\text{pneu}}$). Entretanto, flexão periódica da parede (230) do pneu (30) quando o módulo (400) é montado

na localização **(L3)** resulta no ângulo de inclinação (ϕ) sendo uma forte função do ângulo de rotação (θ) da roda **(10)**; o ângulo de inclinação (ϕ) então se torna substancialmente, para uma primeira aproximação, o ângulo de flexão da parede **(230)** do pneu **(30)**. Para o módulo **(400)** montado na localização **(L3)**, o ângulo de inclinação (ϕ) então se torna uma função em série como definida na Equação 6 (Eq. 6):

$$\phi = \phi_0 + G(P) + H(P) \sum_{i=1}^n (k_i \sin(i(\omega t + \varepsilon_i))) \quad \text{Eq. 6}$$

10

- em que:

(ϕ_0) = desvio angular;

$[G(P)]$ = uma função descrevendo uma mudança em ângulo da parede **(230)** do pneu **(30)** como uma função de mudanças na pressão **(P)** no mesmo para uma porção do pneu **(30)** não em contato com uma superfície de estrada;

$[H(P)]$ = uma função dependente da pressão **(P)** descrevendo uma deflexão angular da parede **(230)** quando sua porção de pneu **(30)** entra em contato com a superfície de estrada;

(k) = um coeficiente de harmônico;

(i) = um número de índice de harmônico;

(ω) = a taxa de rotação angular da roda **(10)**; e

(ε_i) = um desvio angular.

A **Figura 10** proporciona em sinal **(V1)**, uma ilustração qualitativa do ângulo (ϕ) quando o módulo **(400)** é montado na localização **(L3)** e a roda **(10)** está rotacionando; o ângulo de inclinação (ϕ) muda rapidamente com flexão da

30

parede de pneu (230) quando uma porção do pneu (30) carregando o módulo (400) sobre sua parede interna (230) entra em contato com uma superfície de estrada. Um eixo ortogonal de abscissa na **Figura 10** representa o ângulo de rotação (θ) com tempo (t), a saber, $\theta = \omega t$; um eixo ortogonal de ordenadas na **Figura 10** representa substancialmente o ângulo de inclinação de parede (ϕ). Um período (500) corresponde para uma revolução completa da roda (10), a saber, $\Delta\theta = 2\pi$.

Exemplos de um aparelho de monitoramento de roda, geralmente denotado por (1), são mostrados na **Figura 11**, na **Figura 12**, na **Figura 13** e na **Figura 20**. O aparelho de monitoramento de roda (1) pode incluir qualquer um dos aparelhos de processamento de dados (600), (680), (690) e (2200) mostrados na **Figura 11**, na **Figura 12**, na **Figura 13** e na **Figura 20**.

Aparelho para utilização com a presente invenção tem, por exemplo, capacidade de ser empregado em um primeiro método de análise incluindo etapas de computação esperadas de características de desempenho do pneu (30) e então comparação das características de desempenho esperadas contra características mensuradas. O primeiro método inclui etapas como se seguem:

(a) para um determinado tipo de pneu (30) definindo o ângulo (ϕ_0) e as funções (G) e (H) na Equação 5, para uma determinada pressão (P) mensurada para o pneu (30), para uma determinada temperatura (T_{pneu}) mensurada no pneu (30), e para uma determinada taxa de rotação angular (ω) do pneu (30), determinada, por exemplo, a partir do precedentemente referido codificador de sensor angular **ABS** (118), computando-se um ângulo simulado esperado correspondente (ϕ), e derivando

a partir do mesmo uma magnitude simulada da aceleração (A_z) como deveria ser esperada para ser gerada a partir do acelerômetro incluído no módulo (400) montado na localização (L3);

5 (b) sensoriamento de amostras representativas da aceleração (A_z) como mensuradas pelo módulo (400); e

 (c) verificação para determinar se ou não as acelerações simuladas e mensuradas (A_z) diferem
10 mutuamente por mais do que uma quantidade de limiar pré-definida; se elas substancialmente mutuamente não se correspondem, é deduzido a partir das mesmas que o pneu (30) está potencialmente defeituoso e necessita ser
15 substituído.

 Por exemplo, é potencialmente possível identificar degradação da malha (210) antes que falha do pneu (30) venha a ocorrer em operação. Tal simulação benéficamente requer síntese de harmônico para ser executada sobre
20 hardware de computação incluído dentro do módulo (400) e/ou em uma unidade de controle eletrônico (ECU) do veículo para derivar a aceleração simulada (A_z).

 Aparelho para utilização com a presente invenção tem, por exemplo, capacidade de ser empregado em um segundo
25 método de análise incluindo etapas representativas de amostragem de dado da aceleração simulada (A_z) ocorrendo em operação no pneu (30), submetendo o dado amostrado para análise de harmônico, por exemplo, por aplicação de Transformação Rápida de Fourier [*Fast Fourie Transform*
30 (*FFT*)] ou tipo similar de transformação, e então derivação de parâmetros a partir da análise de harmônico, e então comparação dos parâmetros computados com aqueles que são esperados para o pneu (30); se existe uma diferença mútua entre os parâmetros computados e esperados para o pneu (30)

por mais do que uma quantidade de limiar pré-definida, falha potencial do pneu (30) pode ser detectada e o pneu (30) é substituído, se necessário. O segundo método inclui etapas que são executadas como se segue:

- 5 (a) sinais de amostragem gerados pelo acelerômetro no módulo (400) representativos da aceleração (A_z) para proporcionar correspondentes dados amostrados, e então submissão dos dados amostrados para análise de harmônico, por exemplo, por intermédio de um algoritmo de Transformação Rápida de Fourier (**FFT**) eficiente, para derivar seu conteúdo de harmônico e, portanto, uma série de coeficientes de harmônico; opcionalmente relações de fase entre os harmônicos, como simbolizado por (ϵ_1) na Equação 6 (**Eq. 6**), são também computados para utilização quando fazendo uma comparação; e
- 10 (b) a partir da análise de harmônico, em combinação com um conhecimento de temperatura (T_{pneu}) e pressão (**P**) do pneu (30), determinação de um tipo de pneu (30) presente sobre a roda (10), fundamentada sobre uma lista de referência de consulta de características de pneu, tais como maciez e elasticidade, e bem como configuração e perfil de parede de pneu; e
- 15 (c) comparação do tipo de pneu determinado (30) com a efetiva identificação de tipo para o pneu (30); se existe variância mútua dentre estes por mais do que uma quantidade de limiar pré-definida, o pneu (30) é determinado ser potencialmente falho e potencialmente em necessidade de ser substituído.
- 20
- 25
- 30

Quando utilizando o segundo método anteriormente referido, em um evento em que o pneu previsto e o pneu

efetivo (30) sobre a roda (10) estão mutuamente em variância, degradação ou falha no pneu (30) podem por intermédio disso ser deduzidas a partir do mesmo. Como irá ser elucidado posteriormente, é benéfico que o módulo (400) quando montado sobre a parede (230) do pneu (30) como representado na **Figura 8** seja proporcionado com um código de identificação de distinção (ID). O código é beneficemente indicativo das características do pneu (30) para o qual o módulo (400) é atado na posição (L3). O módulo (400) é operável para comunicar o código de identificação (ID) por comunicação sem fio para uma unidade de controle eletrônico (ECU) que é operável para executar a comparação de variância. Beneficemente, análise de harmônico é também aplicada para um ou mais dos sinais de aceleração (A_x) e (A_y) para adicional confirmação de confiabilidade da análise de harmônico executada conforme definida para este segundo método.

Enquanto que o módulo (400) montado na localização (L3) é especialmente efetivo para detecção de potenciais problemas ou defeitos aparecendo levando-se em consideração flexão e dissipação dentro do pneu (30), o módulo (400) montado na localização (L1) é especialmente efetivo para mensuração de variações em assimetria na roda (10), e também para determinação de um tipo de assimetria na roda (10) e seu pneu associado (30). Até mesmo mais preferivelmente para detecção de desequilíbrio e também tipo de desequilíbrio na roda (10), o módulo (400) é montado de uma maneira não rotativa em cima do eixo de rodas (110) substancialmente correspondendo para o eixo geométrico (B-B). Entretanto, mais informação de diagnóstico de roda levando-se em consideração desequilíbrio na roda (10) é susceptível de ser derivada quando o módulo (400) é montado em cima da roda (10) e operável para ser rotacionado com a roda (10),

preferivelmente próximo de seu eixo geométrico **(B-B)** de rotação, por exemplo, substancialmente na localização **(L1)**. Como irá ser elucidado em maiores detalhes posteriormente, monitoramento da pressão **(P)** quando a roda **(10)** rotaciona
 5 proporciona inesperadamente considerável informação adicional levando-se em consideração desempenho do pneu **(30)**, p.ex., distorções de lóbulos múltiplos do pneu **(30)**.

Referindo-se para a **Figura 11**, é mostrado um aparelho de processamento de dados conforme definido para a presente
 10 invenção, indicado geralmente por **(600)**; o aparelho de processamento de dados é operável para proporcionar monitoramento de roda e de pneu. O aparelho de processamento de dados **(600)** tem capacidade de ser implementado em pelo menos um dos módulos **(400)** e na
 15 anteriormente referida unidade de controle eletrônico **(ECU)**, dependendo de onde o processamento é susceptível de ser o mais convenientemente e eficientemente executado. Além do mais, o aparelho de processamento de dados **(600)** é susceptível de ser implementado em pelo menos um de
 20 *hardware* e *software* executáveis em operação sobre *hardware* de computação. O *software* é beneficemente proporcionado como um produto de *software* executável sobre o *hardware* de computação. O produto de *software* é beneficemente transportado para o aparelho **(600)** sobre um suporte de
 25 dados; o suporte de dados é beneficemente pelo menos um de: um suporte de dados eletrônico de estado sólido, um sinal sem fio, um sinal elétrico, um sinal de fibra ótica, um suporte de dados de leitura por meio óptico e/ou por meio magnético.

30 Sob rotação de pronto (imediato) estado da roda **(10)**, a saber, com velocidade angular constante (ω) , variações temporais na aceleração radial (A_r) , a saber, (dA_r/dt) , são substancialmente de magnitude **zero** para o ângulo de inclinação (ϕ) sendo substancialmente **zero**, outros do que

efeitos devidos para a gravidade (g) que são correlacionados com o ângulo de rotação (θ) da roda (10). Aceleração momentânea gerada a partir de uma superfície de estrada em cima da qual o pneu (30) contata em operação

5 resulta na força $[F(t)]$ como mostrado na **Figura 9** variando com tempo (t) e determinando surgimento para componentes de variância em uma aceleração linear direcionada verticalmente (A_v) experimentada no eixo de rodas (110) que não são correlacionados com rotação periódica da roda (10).

10 Entretanto, componentes na aceleração linear direcionada verticalmente (A_v) que se correlacionam com rotação da roda (10), por exemplo, como referenciado por intermédio do anteriormente referido sensor de codificador angular **ABS** (118) proporcionando uma indicação do ângulo de rotação (θ)

15 da roda (10) e sua frequência de rotação angular (ω), são benéficos para determinação de desequilíbrio na roda (10), e também potencialmente elucidando um tipo de desequilíbrio presente na roda (10). O sensor de codificador angular **ABS** e seus circuitos de processamento de sinal associados são

20 simbolizados por (118) na **Figura 11**. Quando um ou mais dos módulos (400) são montados em cima da roda (10) em uma ou mais localizações (L1) até (L4), eles rotacionam em operação juntamente com a roda (10). Em consequência, os um ou mais acelerômetros nos um ou mais módulos (400)

25 mensurando as acelerações (A_x) e (A_y) como representado na **Figura 9** são todos sensíveis para aceleração linear direcionada verticalmente em resposta para rotação da roda (10). De maneira a adequadamente condicionar as acelerações (A_x) e (A_y), é necessário para os um ou mais módulos (400)

30 e/ou uma unidade de controle eletrônico (**ECU**) em comunicação sem fio com estes desempenhar resolução angular, por exemplo, como descrito na Equação 7 (**Eq. 7**):

$$A_y = d_1 \sin (\omega t) A_x + d_2 \cos (\omega t) A_y \quad \text{Eq. 7}$$

- em que:

(d_1) e (d_2) = constantes de escalonamento.

5

Tal resolução angular é executada em operação em um determinador de resolução simbolizado por (620) na Figura 11. O determinador de resolução (620) beneficilmente recebe sua referência angular para o ângulo de rotação (θ) a partir do sensor de codificador angular **ABS** e seus circuitos associados (118). O determinador de resolução (620) é também benéfico em sendo operável para remover um componente dependente angular na aceleração (A_v) devido para a gravidade (g) que se torna constante na aceleração resolvida (A_v) . A remoção do componente de aceleração devido para a gravidade (g) na aceleração resolvida (A_v) é benéfica para auto-escalonamento das constantes (d_1) e (d_2) na Equação 7 (Eq. 7) para uma condição em que a roda (10) é conhecida estar corretamente em equilíbrio (balanço), por exemplo, durante uma rotina de calibração desempenhada depois que a roda (10) é novamente instalada sobre o veículo.

Por desempenho de análise de harmônico sobre o sinal representando a aceleração (A_v) levando-se em consideração a frequência de rotação angular (ω) da roda (10), por exemplo, um analisador de harmônico simbolizado por (630) na Figura 11, a severidade do desequilíbrio pode ser determinada; por exemplo, a amplitude de harmônicos $[Q(m)]$ em que (m) é um número de harmônico no sinal de aceleração (A_v) é beneficilmente individualmente escalonada por uma função de escalonamento de harmônico $[y(m)]$ em um escalonador (640) e após isso somada em total em uma unidade de soma total (650) para computar um valor somado em total (S_{tot}) agregado. O valor agregado (S_{tot}) é então

comparado em um detector de limiar simbolizado por (660) contra um valor de limiar pré-definido (T_h) para determinar se ou não a roda (10) necessita de atenção para corrigir o desequilíbrio, por exemplo, por adição de pesos de balanceamento ou substituição do pneu (30). A Equação 8 e a Equação 9 descrevem computação associada requerida:

$$S_{tot} = \sum_{m=1}^I Q(m).y(m) \quad \text{Eq. 8}$$

Se (S_{tot}) > T_h , então a roda (10) necessita de atenção Eq. 9

A Equação 9 corresponde para um ponto de decisão (DK1) ilustrado na Figura 11.

Opcionalmente, a função de escalonamento de harmônico $[y(m)]$ implementada no escalonador (640) é feita dependendo do tipo de pneu (30) instalado sobre a roda (10), por exemplo, um pneu arredondado robusto instalado sobre a roda (10) tem potencialmente capacidade de exibir um maior grau de desequilíbrio antes de representar qualquer forma de potencial risco do que um pneu de alta velocidade de alto desempenho desgastado otimizado para reduzido consumo de energia durante tração. Além do mais, a função de escalonamento de harmônico $[y(m)]$ implementada no escalonador (640) é benéficamente também feita uma função do tempo (t), a saber, $[y(m,t)]$ na Equação 8, a partir de um tempo inicial (t_0) no qual o pneu (30) foi instalado em cima do cubo de roda (20). Adicionalmente, a função de escalonamento de harmônico $[y(m)]$ é também benéficamente feita uma função do número de revoluções como determinado a partir do codificador de sensor ABS (118) que a roda (10) experimentou na medida em que o pneu (30) foi instalado sobre a mesma, a saber, $[y(m,N)]$ onde (N) é o número de

revoluções do pneu (30). Uma razão para fornecimento da função de escalonamento de harmônico $[y(m, t)]$ ou $[y(m, N)]$ variável é a de que desequilíbrio em um pneu bem desgastado (30) é mais provável para potencialmente resultar em falha de pneu (30) em comparação com um pneu substancialmente não desgastado recentemente instalado (30) cuja malha interna (210) não foi submetida para substancial endurecimento em trabalho devido para flexão repetitiva.

O tipo de desequilíbrio para a roda (10) como determinado a partir da amplitude dos harmônicos $[Q(m)]$ é determinado a partir da relativa amplitude de determinados harmônicos; tal determinação é desempenhada por análise de harmônico em um analisador simbolizado por (670) na **Figura 11**. Além do mais, tal análise de harmônico é beneficemente implementada utilizando um conjunto de regras de *software*, por aplicação de uma matriz de harmônicos para os harmônicos para identificar uma assinatura de um tipo específico de desequilíbrio presente, ou por alimentação de dado indicativo da amplitude do harmônico $[Q(m)]$ para uma rede neural treinada para reconhecer ocorrência de determinados tipos de defeitos. Uma ou mais das regras de *software*, da matriz de harmônicos e da rede neural são beneficemente opcionalmente fornecidos dependendo de um tipo de pneu (30) instalado em cima do cubo de roda (20). Além do mais, uma ou mais das regras de *software*, da matriz de harmônicos e da rede neural são também beneficemente opcionalmente dependentes de uma idade e/ou de um grau de desgaste do pneu (30). Quando computando amplitude relativa de harmônicos $[Q(m)]$ presentes na aceleração (A_v) , normalização da amplitude dos harmônicos $[Q(m)]$ é beneficemente implementada como uma parte de processamento de sinal empregado como representado na **Figura 11**.

Por exemplo, quando prendedores nos orifícios anteriormente mencionados (50) de atamento para o cubo de

roda (20) para o eixo de rodas (110) tiverem sido inadequadamente apertados ou trabalhado afrouxados de maneira que o cubo de roda (20) chocalha em torno de e sobre seu eixo de rodas (110), a suspensão do veículo, por exemplo, como simbolizada pela mola (K_s) na Figura 9, é freqüentemente tão efetiva que o motorista do veículo não tem percepção de existir qualquer problema. O cubo de roda (20) inclinando em torno e sobre seus parafusos ou prendedores determina geração de súbitos pequenos solavancos da roda (10) na medida em que a roda (10) rotaciona; sendo até mesmo conhecido para uma rede frusto-cônica (60) gerar um tom soando como um sino na medida em que ela pulsa excitada em ressonância correspondendo para um "modo de cos 2θ " de flexão, a saber, deformação como arco do aro (90) e da rede frusto-cônica (60). Estes súbitos pequenos solavancos determinam geração para sinalizar energia em harmônicos relativamente altos, por exemplo, em uma faixa de 10^0 harmônico até 20^0 harmônico nos harmônicos $[Q(m)]$, que a função de escalonamento $[y(m)]$ pode ser disposta para isolar para detecção especificamente de que a roda (10) está frouxa sobre seus prendedores para alertar o motorista do veículo.

Beneficamente, diversas diferentes funções de escalonamento $[y(m)]$ são aplicadas concorrentemente para os harmônicos $[Q(m)]$ de maneira que ocorrências de diversos diferentes tipos de desequilíbrio são monitoradas simultaneamente pelo aparelho de processamento de dados (600).

Em uma implementação alternativa, ou adicional, do aparelho de processamento de dados (600), a pressão (P) mensurada pelo módulo (400) é proporcionada para o analisador de harmônico (630) ao invés da aceleração resolvida (A_v) de uma maneira como representada na Figura 12; na Figura 12, o aparelho de processamento de dados

(600) adaptado para harmonicamente analisar a pressão (P) é indicado geralmente por (680). Irregularidades no pneu (30), por exemplo, saliências locais ou fraqueza provocando bolhas no pneu (30), são manifestados como pulsos de pressão em determinadas posições angulares (θ) na medida em que a roda (10) rotaciona em operação. Por análise de variações na pressão (P) como uma função de ângulo de rotação (θ) da roda (10), a saber, componentes da pressão (P) correlacionados com taxa de giro (ω), é conceptível proporcionar monitoramento adicional do pneu (30) para aperfeiçoamento de detecção de defeitos, ou defeitos potenciais, no pneu (30). O aparelho de processamento de dados (680) funciona de uma maneira geralmente similar para o aparelho de processamento de dados (600) exceto em que a pressão (P) é analisada ao invés da aceleração (A_v). Opcionalmente, um aparelho de processamento de dados conforme definido para a presente invenção é proporcionado por combinação juntamente dos aparelhos de processamento de dados (600, 680) de maneira a proporcionar para análise de harmônicos alternada concorrentemente ou periodicamente e monitoramento da aceleração (A_v) e da pressão (P) como representado na **Figura 13** e como indicado por (690) na mesma; é proporcionada uma disposição de interruptor (695) no aparelho de processamento de dados (690), tanto implementada em *software* ou quanto em *hardware*, para seleção entre a pressão (P) e a aceleração (A_v). Uma vantagem do aparelho de processamento de dados (690) ilustrado esquematicamente na **Figura 13** é a de que monitoramento mais compreensivo da roda (10) é susceptível de ser conseguido em operação.

A análise anteriormente mencionada de flexão da parede (230) do pneu (30) como sensoriada pelo módulo (400) montado na localização (L3) é beneficemente comparada na unidade de controle eletrônico (ECU) e/ou dentro do módulo

(400) com resultados a partir da análise de sinal de harmônico desempenhada levando-se em consideração os um ou mais módulos (400) posicionados nas uma ou mais das localizações (L1) e (L2). Em um evento em que a comparação é tal que os módulos (400) localizados em localizações mutuamente diferentes (L1) até (L3) dão geração para resultados de análise mutuamente conflitantes, existe uma alta probabilidade de problemas potenciais com a roda (10) e/ou seu pneu (30); uma mensagem de alerta é benéficamente então transmitida a partir do aparelho de processamento de dados (600), (680) ou (690) como apropriado para um motorista do veículo e/ou para um centro de controle da empresa de operação de uma frota de tais veículos em que existe uma necessidade de desempenho de manutenção sobre o veículo, por exemplo, por logísticas planejadas para um futuro agendamento de manutenção para o veículo. Tais logísticas podem incluir, por exemplo, pré-disposição de uma substituição de roda para estar disponível e informação para uma facilidade de serviço considerando um tempo de chegada do veículo para propósitos de manutenção de maneira que agendamento de tarefa apropriada na facilidade de serviço pode ser implementado.

Um ou mais dos módulos (400) montados em uma ou mais das localizações (L1) até (L3) são susceptíveis de serem utilizados, opcionalmente em comunicação com uma unidade de controle eletrônico (ECU), para detectar mais mudanças temporais graduais no pneu (30), por exemplo, uma redução gradual em pressão (P) devido para um vazamento lento a partir do mesmo, por exemplo, ao longo de um período de diversas semanas ou meses. Além do mais, os um ou mais módulos (400), opcionalmente em cooperação com a unidade de controle eletrônico (ECU) anteriormente referida em comunicação sem fio com os um ou mais módulos (400), podem ser utilizados para monitorar despressurização súbita do

pneu (30), por exemplo, despressurização súbita e subsequente re-pressurização associada com instalação de um novo pneu de substituição (30) sobre o cubo de roda (20). Monitoramento de tal despressurização súbita é importante quando um pneu precedente (30) equipado com um módulo (400) montado no mesmo é permutado por um pneu de substituição (30) destituído de qualquer de tal módulo (400), de maneira que parâmetros para várias funções de processamento de sinal como representados, por exemplo, na **Figura 11** podem ser apropriadamente selecionados pelo aparelho (600), (680) ou (690). Quando a identidade e condição do pneu (30) não são confiavelmente conhecidas, são beneficemente adotados no aparelho de processamento de dados (600), (680) ou (690) valores de *default* para parâmetros indicativos de um pneu (30) com um grau substancialmente mediano de desgaste de rolamento (rolagem). Beneficemente, é emitida uma mensagem "informação não confiável" ou similar em um evento de tal despressurização súbita tendo sido detectado para alertar o motorista de que a unidade de controle eletrônico (**ECU**) está sendo suprida com informação potencialmente não representativa. Uma tal situação pode aparecer, por exemplo, quando de permutação não autorizada do pneu (30) ou em que um evento de falsificação envolvendo o pneu (30) tenha ocorrido.

O módulo (400) irá agora ser descrito em uma visão global com referência para a **Figura 14**. Em operação, o módulo (400) é requerido para ser robusto e também não dispendioso em manufaturação. Além do mais, por exemplo, quando montado na localização anteriormente referida (**L3**), o módulo (400) é relativamente inacessível e necessita funcionar confiavelmente sem intervenção do usuário. Beneficemente, o módulo (400) utiliza a anteriormente referida tecnologia de sistemas mecânicos micro-eletrônicos (**MEMS**), por exemplo, fundamentada em processos de

fabricação de micro-maquinação de silício. O módulo (400) inclui uma bateria (700) compreendendo uma ou mais células eletroquímicas operáveis para proporcionar energia elétrica para, entre outros componentes, um processador de computador (710). Uma memória de dados (720) incluindo um produto de *software* é acoplada em comunicação com o processador (710); o produto de *software* compreende código de *software* que é executável sobre o processador (710) e que é operável para coordenar funcionamento do módulo (400). O processador (710) possui associado com o mesmo um relógio (*CLK*) e um conversor analógico para digital (*A/D*) para conversão de sinais de sensor analógicos para correspondentes dados de sensor amostrados; benéficamente, o conversor analógico para digital (*A/D*) é fundamentado sobre um conversor do tipo de alta velocidade de múltiplos canais *sigma-delta* que exhibe modesto consumo de energia. Conversores *sigma-delta* são contemporaneamente empregados em dispositivos críticos em energia, tais como auxílios de audição em miniatura que são energizados por bateria e necessitam funcionar por longos períodos sem atenção, por exemplo, para mudança de bateria.

O módulo (400) adicionalmente compreende uma interface sem fio de curta distância (730) para provisão de comunicação bidirecional para o, e a partir do, módulo (400); a interface sem fio (730) é benéficamente implementada utilizando tecnologia contemporânea de *Blue Tooth*, *Weebre* ou tecnologia de interface sem fio similar operando conforme definidos para o protocolo de comunicação padronizado associado. O módulo (400) pode alternativamente ser implementado como um circuito integrado específico de aplicação dedicado (*ASIC - application specific integrated circuit*) incluindo circuitos lógicos.

O módulo (400) também inclui um arranjo de um ou mais sensores simbolizados por (750) cujas correspondentes uma

ou mais saídas são acopladas para o conversor (A/D) anteriormente referido. Dependendo da localização intencionada, a saber, localizações (L1, L2, L3 e L4), e de um grau de funcionalidade de monitoramento de roda
5 desejado, o arranjo de sensor (750) inclui um ou mais de:

a) um sensor de pressão (760) beneficemente fundamentado sobre uma estrutura (MEMS) incluindo uma membrana micro-maquinada de silício com um padrão de resistência ou leitura de sinal
10 ressonante oscilatório;

b) um sensor de temperatura (765) para mensuração de uma temperatura de ar ou de superfície em proximidade do módulo (400), em que o de temperatura (765) beneficemente possui uma faixa
15 de mensuração de -40°C até $+100^{\circ}\text{C}$;

(c) um acelerômetro (770) beneficemente implementado em uma estrutura (MEMS) incluindo uma ou mais massas de prova micro-maquinadas de silício em uma suspensão de mola com correspondente leitura
20 de posição para as uma ou mais massas de prova indicativas de aceleração; opcionalmente, para precisão e resposta reforçadas, o acelerômetro sendo um acelerômetro do tipo de realimentação de força; o acelerômetro (770) sendo beneficemente
25 sensível para aceleração em um, dois ou três eixos ortogonais. Para melhor monitoramento de operação de roda (10) e pneu associado (30), o acelerômetro (770) é implementado como um acelerômetro de três eixos geométricos;

30 (d) um sensor magnético (775), preferivelmente implementado como um interruptor de relé de palheta (reed-relay) encapsulado a vácuo, mas também susceptível de ser implementado como um dispositivo de efeito de Hall; o sensor magnético

(775) é opcionalmente incluído para ativação do módulo (400) utilizando um campo magnético forte concretizado em proximidade do módulo (400); entretanto, como irá ser elucidado em maiores detalhes posteriormente, outras abordagens para ativação do módulo (400) são também possíveis e são conforme definidas para a presente invenção; e

(e) um sensor de padrão de resistência (780) que é o mais potencialmente pertinente para o módulo (400) quando montado na localização (L3) em cima da roda (10). O sensor de padrão de resistência (780) pode ser afixado para o pneu (30) precedentemente a que o pneu (30) venha a ser instalado em cima do cubo de roda (20).

Opcionalmente, o módulo (400) é susceptível de incluir outros tipos de sensor não descritos em detalhes anteriormente.

Opcionalmente, a bateria (700) é, pelo menos em parte, uma bateria recarregável e proporcionada com seu próprio dispositivo de recarga eletro-magnético acionado em resposta para rotação da roda (10) em operação, por exemplo, de uma maneira parecida com um relógio de pulso mecânico de bobina automático em que movimentação de pulso é operável para movimentar uma massa de desequilíbrio para proporcionar energia de bobina de mola de relógio. Alternativamente, ou adicionalmente, recarga piezo-elétrica da bateria (700) em resposta para rotação da roda (10) pode ser empregada.

Em operação, o processador de computador (710) é operável para desempenhar diagnósticos próprios e enviar uma mensagem de alerta por intermédio de sua interface sem fio (730) no evento de mau funcionamento parcial ou total ocorrendo dentro do módulo (400), e uma mensagem

confirmatória enviada quando o módulo (400) está completamente funcional; em um evento em que o módulo (400) tem mau funcionamento, seu veículo associado não é imobilizado, mas meramente resulta em funcionalidade reduzida levando-se em consideração monitoramento de roda e de pneu associado. Beneficamente, o motorista do veículo pode ser informado por intermédio da unidade de controle eletrônico (ECU) levando-se em consideração funcionalidade reduzida e proporcionado com uma escolha de se ou não continuar tracionando apesar do mau funcionamento do módulo (400).

Em operação, quando o processador de computador (710) detecta que os sinais a partir do acelerômetro (770) são substancialmente constantes por mais do que um período de tempo pré-definido, por exemplo, por um período de tempo em uma faixa a partir de uns poucos segundos até 10 minutos, depois de cessação de um período de rotação da roda (10), o processador de computador (710) é beneficamente operável para provocar que o módulo (400) venha a assumir um modo de hibernação para conservar energia durante o qual a interface sem fio (730) é substancialmente desenergizada. Durante o modo de hibernação, o processador de computador (710) é beneficamente operável para periodicamente e momentaneamente ativar a interface sem fio (730) por curtos períodos de tempo para detectar comandos de "despertar" a partir da unidade de controle eletrônico (ECU) do veículo. Quanto mais cedo o processador de computador (710) detecta que sinais a partir do acelerômetro (770) e/ou do sensor de pressão (760) estão temporariamente variando, por exemplo, durante um período de tempo pré-definido, o processador (710) é operável para permutar o módulo (400) para seu estado ativo, a saber, de não hibernação, com todas as suas partes funcionais como mostrado na **Figura 14** concretizadas em operação. Alternativamente ou adicionalmente, o módulo

(400) pode ser explicitamente ajustado em um modo de hibernação sob recepção de uma instrução de hibernação específica a partir da unidade de controle eletrônico (**ECU 950**); benéficamente, as instruções específicas incluem o código de identificação (**ID**) do módulo (400) que é para assumir um tal estado de hibernação; similarmente, o módulo (400) pode ser explicitamente instruído para assumir um estado funcional ativo, a saber, estado de não hibernação, por recepção de uma instrução de despertar específica a partir da unidade de controle eletrônico (**ECU 950**). Ainda alternativamente, ou adicionalmente, todos os módulos (400) incluídos sobre as rodas (10) do veículo podem ser ajustados para um estado de hibernação, ou ajustados para um estado funcional ativo, por uma instrução explícita geral transmitida em modo sem fio a partir da unidade de controle eletrônico (**ECU 950**); a instrução explícita geral é benéficamente enviada pela unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) em resposta para o motorista do veículo dando partida ou desligando um motor de combustão ou um motor de tração elétrico do veículo. Um tal motor de tração elétrico é relevante quando o veículo possui um trem de tração híbrido ou um trem de tração elétrico proporcionado com energia elétrica a partir de células de combustível.

Quando processamento de dados considerável é desempenhado dentro do módulo (400) de maneira a distribuir carga de computação em torno do veículo, por exemplo, processamento de sinal envolvendo aplicação de uma Transformação Rápida de Fourier [*Fast Fourie Transform - (FFT)*] ou algoritmo de processamento de sinal similar, o módulo (400) é operável para receber um sinal de sincronização para sua determinada roda associada (10) derivado a partir do anteriormente mencionado codificador de sensor angular **ABS (118)** e seus circuitos associados com a determinada roda (10). Um tal sinal de sincronização é

beneficamente proporcionado a partir da anteriormente mencionada unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) do veículo operando para proporcionar uma comunicação de dados de cubo de roda (**20**) para o veículo. Levando-se em conta as
5 rodas (**10**) do veículo potencialmente revolucionando em taxas mutuamente diferentes, por exemplo, quando o veículo está girando (voltando) ou devido para ligeira diferença em diâmetros exteriores dos pneus (**30**), cada roda (**10**) e seus módulos associados (**400**) necessitam ser individualmente
10 sincronizados levando-se em consideração seus codificadores de sensor angular **ABS** associados (**118**).

Processamento de dados desempenhado pelo processador de computador (**710**) tem beneficamente capacidade de reduzir um volume de dados a ser comunicado por intermédio da
15 interface sem fio (**730**) para a unidade de controle eletrônico (**ECU**). Tal processamento de dados local é de benefício em que é primariamente a interface sem fio (**730**) que consome a maior parte da energia a partir da bateria (**700**) quando o módulo (**400**) está em operação. Fluxo de
20 dados pode ser adicionalmente reduzido no módulo (**400**) pelo processador de dados (**710**) transmitindo periodicamente em um começo de valores de dados efetivos de quadros de tempo de sinais de sensor seguidos por mudanças de representação de dados nos valores de dados durante cada quadro de tempo.
25 Outras abordagens para obtenção de compressão de dados podem também opcionalmente ser empregadas para reduzir consumo de energia na interface sem fio (**730**). Beneficamente, o módulo (**400**) é operável para transmitir dado de sinal de acelerômetro e dado de pressão (**P**) em uma
30 taxa de amostragem máxima em uma faixa de 50 amostras/segundo até 200 amostras/segundo para cada eixo geométrico de acelerômetro e/ou o sensor de pressão (**760**) levando em consideração critérios de amostragem Nyquist. Uma taxa inferior de até 1 amostra por segundo para

temperatura **(T)** é opcionalmente empregada levando-se em conta a temperatura **(T)** mudando menos rapidamente em comparação com a aceleração **(A)** e a pressão **(P)**.

O módulo **(400)** é também benéficamente operável para
5 permitir atualizações (*updates*) de *software* a serem baixadas (*downloaded*) a partir do módulo de controle eletrônico **(ECU)** para o módulo **(400)**, por exemplo, por intermédio de sua interface sem fio **(730)**, para atualização (*upgrading*) ou modificação de sua operação, por exemplo, em
10 resposta para padronizações ou políticas (vigilâncias) de segurança corrigidas adotadas por um operador do veículo. Tais atualizações (*updates*) de *software* também possibilitam novos e aperfeiçoados algoritmos de processamento de dados a serem mais tarde empregados, a saber, atualizações
15 (*upgrades*) de *software*.

Como elucidado precedentemente, o módulo **(400)** é programado para possuir um código de identificação **(ID)** associado com o mesmo que é utilizável pela anteriormente referida unidade de controle eletrônico **(ECU)** para
20 distinção do módulo **(400)** a partir de outros módulos similares **(400)** sobre o veículo, e também a partir de tipos similares de módulos **(400)** sobre outros veículos com passagem esporadicamente em proximidade íntima, por exemplo, sobre uma pista (faixa) adjacente durante tração
25 em rodovia (auto-estrada). A unidade de controle eletrônico **(ECU)** é operável para utilizar o código de identificação **(ID)** para identificar a partir de qual porção do veículo dado transportado por intermédio do módulo **(400)** é derivado. Tal identificação irá ser descrita em maiores
30 detalhes posteriormente.

O processador de computador **(710)** em combinação com sua interface sem fio **(730)** é também operável para opcionalmente proporcionar uma função de rede de comunicação. Benéficamente, o processador de computador

(710) tem uma interface diretamente por fio de maneira que um primeiro módulo (400) montado na localização (L1) sobre a roda (10) tem capacidade de ser diretamente acoplado por uma conexão (link) de comunicação por fio ou fibra ótica através da alimentação de ponta a ponta (310) como representado na Figura 7 para um segundo módulo (400) montado na posição (L2) sobre o aro (90) dentro do volume (120) como representado na Figura 15a. O processador (730) do primeiro módulo (400) localizado na localização (L1) é por intermédio disso operável para:

- (a) processo de sinais gerados por seu arranjo de sensores (750) e transporte dos sinais processados como dados processados para sua interface sem fio (730) do primeiro módulo (400) para comunicação para a unidade de controle eletrônico (ECU); e bem como
- (b) recepção de saída de sinais processados a partir do segundo módulo na posição (L2) para transporte por intermédio do primeiro módulo (400) e sua interface sem fio (730) para a unidade de controle eletrônico (ECU).

Alternativamente, sinais de dados a partir do segundo módulo (400) na localização (L2) podem ser:

- (a) comunicados por intermédio da interface sem fio (730) do segundo módulo na localização (L2) para a interface sem fio (730) do primeiro módulo na localização (L1); e então
- (b) os sinais de dados podem ser revezados por intermédio da interface sem fio (730) e seu processador de computador associado (710) do primeiro módulo (400) para a unidade de controle eletrônico (ECU).

Uma tal conexão (link) de comunicação é também susceptível de ser utilizada em reverso para

transportamento de sinais de sincronização **ABS** anteriormente mencionados por intermédio do primeiro módulo (400) na localização (L1) para o segundo módulo (400) na localização (L2) como representado na **Figura 15b**.

5 De uma maneira similar, o segundo módulo (400) na localização (L2) tem capacidade para funcionar como um relé de rede para um terceiro módulo (400) montado na localização (L3). Beneficamente, o segundo módulo (400) na localização (L2) é acoplado por fio ou fibra ótica por
10 intermédio da alimentação de ponta a ponta (310) para o primeiro módulo (400) na localização (L1), e o terceiro módulo (400) na localização (L3) é acoplado sem fio para o segundo módulo (400) na localização (L2) como representado na **Figura 15c**. Por uma tal configuração da **Figura 15c**,
15 problemas com a malha (210) e o aro (90) funcionando como uma peneira (jaula) de *Faraday* são evitados. Comunicação sem fio entre o terceiro módulo (400) na localização (L3) para o segundo módulo (400) na localização (L2) é benéfica em vista de um número de vezes potencialmente grande em que
20 o terceiro módulo (400) na localização (L3) se movimenta levando-se em consideração o segundo módulo (400) na localização (L2) em resposta para flexão da parede (230) do pneu (30) na medida em que a roda (10) rotaciona em operação; conexões por fios ou diretas similares conectando
25 os módulos nas localizações (L2) e (L3) não deveriam somente ser propensos para ruptura devido a efeitos de endurecimento em trabalho, mas deveria também ser impraticável atar uma vez que o pneu já tenha sido instalado em cima do cubo de roda (20) levando-se em conta
30 o volume (120) então sendo inacessível para o usuário.

Em uma configuração alternativa, o terceiro módulo (400) na localização (L3), *mutatis mutandis* para o módulo (400) na localização (L4), é eletricamente acoplado para a malha (210) do pneu (30) que é utilizado como uma antena de

rádio de retalho altamente efetiva para comunicação sem fio para a unidade de controle eletrônico (**ECU**). Em uma tal configuração, o terceiro módulo (**400**) na localização (**L3**) tem capacidade para funcionar como um nóduo de relé sem fio para comunicação de dados a partir do segundo módulo (**400**) montado na localização (**L2**) sobre o aro (**90**). Uma tal configuração é ilustrada na **Figura 15d**.

Outras configurações de rede para os módulos (**400**) nas localizações (**L1**), (**L2**), (**L3**) e (**L4**) são também conceptíveis. Por exemplo, os módulos (**400**) são opcionalmente operáveis para todos se comunicarem diretamente sem fio por intermédio de suas interfaces sem fio (**730**) diretamente com a unidade de controle eletrônico (**ECU**) como representado na **Figura 15e**. Alternativamente ainda, os módulos (**400**) são dinamicamente re-configuráveis dependendo da resistência de sinal sem fio recebido na unidade de controle eletrônico (**ECU**), por exemplo, entre vários modos de rede como elucidado precedentemente com referência para a **Figura 15a** e até a **Figura 15e**. Tal flexibilidade para re-configurar uma rede de comunicação proporcionada pelos módulos (**400**) é benéfica quando rodas (**10**) são permutadas em torno ou mudadas sobre o veículo. Tal adaptabilidade irá ser descrita em maiores detalhes posteriormente.

Beneficamente, o primeiro módulo, o segundo módulo, o terceiro módulo e o quarto módulo (**400**) montados nas localizações (**L1**), (**L2**), (**L3**) e (**L4**), respectivamente, são cada um proporcionados com seus códigos de identificação de definição única (**ID**), os módulos (**400**) que são operáveis para se empregar quando em comunicação com a unidade de controle eletrônico (**ECU**) para distinção de seus dados a partir daqueles de outros módulos (**400**). Além do mais, tais códigos de identificação (**ID**) são benéficos quando a unidade de controle eletrônico (**ECU**) envia sinais de

sincronização derivados a partir dos codificadores de sensor **ABS (118)**, por exemplo, em uma situação onde processamento de dados considerável é desempenhado localmente nos módulos **(400)** para reduzir uma quantidade de dados a serem comunicados por intermédio de suas interfaces sem fio **(730)** para a unidade de controle eletrônico **(ECU)** em operação.

Precedentemente, componentes tais como a roda **(10)** e seus associados um ou mais módulos **(400)** e sua unidade de controle eletrônico **(ECU)** montados sobre o veículo foram descritos. Estes componentes formam uma parte de um sistema de monitoramento de roda e de pneu que irá agora ser elucidado em maiores detalhes com referência para a **Figura 16**.

Na **Figura 16**, é mostrado em uma vista plana o veículo anteriormente mencionado indicado geralmente por **(900)**. O veículo **(900)** é dirigido em operação pelo anteriormente referido motorista simbolizado por **(910)** na **Figura 16**. Além do mais, o veículo **(900)** compreende uma unidade de trator dianteira **(920)** incluindo um motor de combustão **(930)** operável para proporcionar força motriz para um par de rodas dianteiras de dirigibilidade **(10)** beneficemente implementadas de uma maneira substancialmente como representada na **Figura 4**. O motor de combustão **(930)** é pelo menos um de: um motor de combustão de cilindro contemporâneo, um motor de combustão com *turbocharger*, um motor híbrido elétrico em série ou em paralelo, um motor de turbina a gás, um sistema de célula de combustível proporcionando energia elétrica para tração de motor elétrico associado. O veículo **(900)** também compreende uma unidade de *trailer* **(940)** possuindo dois conjuntos de rodas traseiras duplas **(10)** como mostrado; as rodas traseiras duplas **(10)** são beneficemente implementadas de uma maneira como representada na **Figura 5** e são também opcionalmente de

dirigibilidade de uma maneira similar para as rodas dianteiras (10) da unidade de trator dianteira (920). Outras configurações de rodas (10) para o veículo (900) são possíveis e a **Figura 16** é meramente um exemplo para
5 descrição da presente invenção. O veículo (900) é adicionalmente proporcionado com a anteriormente mencionada unidade de controle eletrônico (**ECU**) simbolizada por (950); a unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) inclui um processador de computador juntamente com memória de dados e
10 uma ou mais interfaces sem fio e interfaces elétricas, o processador de computador sendo operável para executar um ou mais produtos de *software* incluindo código de *software* executável. A unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) é acoplada em comunicação com um console (915) operado pelo
15 motorista (910). Opcionalmente, a unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) também é acoplada em comunicação com o motor de combustão (930) para desempenho de gerenciamento de motor e funções de monitoramento, por exemplo, deliberadamente limitando uma velocidade, ou recomendação
20 para o motorista de uma velocidade adequada, na qual o motorista (910) tem capacidade para dirigir o veículo (900) em um evento em que a unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) faz detecção de um problema, ou problema em potencial, com uma ou mais rodas (10) do veículo (900). Além do mais,
25 a unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) é também de maneira sem fio acoplada para um ou mais módulos (400) montados sobre uma ou mais das rodas (10) do veículo (900) como elucidado precedentemente.

A unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) inclui uma
30 antena (960) para transmissão e recepção de sinais sem fio como simbolizado por (970) para possibilitar que o veículo (900) venha a se comunicar com outras facilidades, por exemplo, um centro de controle (1000) de uma empresa organizando logísticas para uma frota de tais veículos

(900), ou para uma facilidade de serviço (1010) com o que as rodas (10) e seus pneus (30) do veículo (900) podem ser consertados ou substituídos como representado na **Figura 16**. Beneficamente, a unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) é operável para monitorar operação das rodas (10) do veículo (900) e automaticamente informar o centro de controle (1000) de uma necessidade de informar para o motorista (910) para dirigir o veículo (900) para a facilidade de serviço (1010) para conserto de suas rodas (10) e pneus associados (30), por exemplo, como parte de um agendamento de entrega planejado para o veículo (900), por intermédio disso provocando menos interrupção para um serviço proporcionado pela empresa para seus clientes. Uma visita para a facilidade de serviço (1010) é opcionalmente invocada em resposta para se condições climáticas ou tempo, por exemplo, em conexão com intercâmbio de pneus de verão (30) para pneus de inverno (30) na Europa Setentrional e América do Norte.

Opcionalmente, a unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) é também acoplada de maneira sem fio para um sistema de posicionamento global **GPS (1020)** para determinação em operação de uma posição espacial do veículo (900) sobre a superfície da Terra. O sistema de **GPS (1020)** é, por exemplo, aquele gerenciado por autoridades Norte Americanas ou por um equivalente sistema de posicionamento Europeu Galileu. Ainda alternativamente, ou adicionalmente, o sistema **GPS (1020)** é fundamentado sobre um telefone móvel, a saber, rede de celular, sistema conhecido como **GPRS** ou similar. Em operação, a unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) é operável para determinar com o que o veículo (900) é localizado e transporte desta informação posicional para o centro de controle (1000) de maneira que o centro de controle (1000) é avisado da posição do veículo (900). Além do mais, como elucidado precedentemente, em um evento em

que a unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) detecta por intermédio de um ou mais dos módulos (**400**) que uma ou mais de suas rodas (**10**) estão defeituosas ou necessitando de manutenção, ou estão potencialmente provavelmente se tornando defeituosas ou necessitando de manutenção, o centro de controle (**1000**) pode direcionar o veículo (**900**) para um centro de serviço geograficamente adequado conveniente (**1010**). Opcionalmente, o centro de controle (**1000**) é também operável para dispor, fundamentado sobre conhecimento da posição do veículo (**900**), que o trator (**920**) venha a ser desacoplado a partir de seu *trailer* (**940**) em uma localização geográfica adequada de maneira que um trator alternativo pode ser rapidamente acoplado para o *trailer* (**940**) para rebocar o *trailer* (**940**) e seus conteúdos adicionalmente prontamente para sua destinação, por exemplo, para um cliente; o trator (**920**) pode então ser consertado sem interrupção de entregas críticas em tempo no *trailer* (**940**) para o cliente. Além do mais, o centro de serviço (**1010**) pode também ser alertado adiantadamente, tanto diretamente a partir do veículo (**900**) ou quanto indiretamente por intermédio do centro de controle (**1010**) ou por ambos, levando-se em consideração chegada do veículo (**900**) juntamente com uma indicação de um provável problema com uma ou mais rodas (**10**) do veículo (**900**). Tal notificação de problemas levando-se em consideração o veículo (**900**) para o centro de controle (**1000**) e opcionalmente para o centro de serviço (**1010**) é susceptível de ocorrência automaticamente sem que o motorista (**910**) tenha a necessidade de interpretar mensagens e ativamente informar um ou mais do centro de controle (**1000**), do centro de serviço (**1010**) ou do cliente. Um aperfeiçoamento de serviço para o cliente é por intermédio disso susceptível de ser conseguido.

De maneira a que o veículo (**900**) não devesse ser

imobilizado em um evento em que sua unidade de controle eletrônico (950) venha à detecção de um problema com uma ou mais das rodas (10) do veículo (900), ou mau funcionamento de um ou mais de seus módulos (400), a unidade de controle eletrônico (ECU 950) é operável para gerar várias mensagens de alerta. Em um evento de mau funcionamento de um ou mais dos módulos (400), a unidade de controle eletrônico (ECU 950) é operável para enviar um alerta para pelo menos um do centro de controle (1000) e do motorista (910) de tal mau funcionamento, mas continua a monitorar outras rodas (10) cujos módulos (400) estão continuando a funcionar corretamente. Tal declinação elegante em funcionalidade de monitoramento dos módulos (400) montados sobre uma ou mais das rodas (10) é susceptível para aperfeiçoar robustez operacional do veículo (900), a saber, falha de um ou mais dos módulos (400) não imobiliza o veículo (900). É uma decisão então do motorista (910) e/ou do centro de controle (1000) se ou não continuar dirigindo o veículo (900) em vista de um ou mais de seus módulos (400) se tornando não operacionais. Uma causa potencial de um ou mais dos módulos (400) falhando é exaustão de baterias (700) nos mesmos, ou substituição de um pneu (30), por exemplo.

2. MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DE LOCALIZAÇÕES DE MÓDULOS CONFORME DEFINIDOS PARA A PRESENTE INVENÇÃO

Levando-se em consideração para a presente invenção, a descrição precedentemente descreve os vários aparelhos e módulos com os quais a presente invenção é susceptível para ser implementada. Entretanto, a presente invenção é relacionada com métodos de identificação de localizações de módulos de rodas incluídos em rodas e/ou de seus pneus associados; por exemplo, para um método de identificação de localizações de módulos de roda operáveis para monitorar características de rodas e/ou de seus pneus associados e

transportamento de informação indicativa destas características anteriormente mencionadas por intermédio de uma conexão (*link*) de comunicação para uma unidade de controle eletrônico (*ECU*) e/ou sistema de controle, por exemplo, para um mostrador (*display*) de usuário. Além do mais, a presente invenção também se refere a módulos de roda para utilização em implementação dos métodos anteriormente mencionados; várias implementações destes módulos de roda foram descritas precedentemente e são também descritas nos parágrafos a seguir.

Irá ser apreciado, a partir da **Figura 16**, que o veículo (**900**) possui muitas rodas (**10**), a saber **dez** rodas, para o exemplo descrito precedentemente. Quando cada roda (**10**) é proporcionada com **três** módulos (**400**) em suas localizações (**L1**), (**L2**) e (**L3**), o veículo (**900**) é potencialmente equipado com **trinta** de tais módulos (**400**); se mais do que um módulo (**400**) é incluído em cada uma das localizações (**L1**), (**L2**), (**L3**) ou (**L4**), por exemplo, um módulo (**400**) em $\theta = 0^\circ$ e um outro em $\theta = 180^\circ$ para a localização (**L2**) em uma disposição radial, existem potencialmente até mesmo mais do que **trinta** de tais módulos (**400**) presentes. Na prática, determinadas das rodas (**10**) são beneficemente proporcionadas com menos do que **três** módulos (**400**) de maneira que um total em torno de **cinco** até **vinte** módulos (**400**), por exemplo, **dez** módulos (**400**), são convenientemente empregados de modo geral para o veículo (**400**), por exemplo. Um problema aparece em programação da unidade de controle eletrônico (*ECU*) (**950**) para reconhecer em qual roda os respectivos módulos (**400**) são posicionados no veículo (**900**).

É potencialmente extremamente trabalhoso, e potencialmente suscetível se dar entrada de dados errados, para o motorista (**910**), ou pessoa da outra forma responsável pelo veículo (**900**), para possuir uma lista dos

códigos de identificação (**ID**) dos módulos (**400**) juntamente com suas posições no veículo (**900**) e manualmente se dar entrada, por exemplo, por digitação sobre um teclado de computador, de tal informação para a unidade de controle eletrônico (**ECU**) (**950**). Por consequência, surge uma necessidade para automaticamente localizar, a saber para "calibrar", o veículo (**900**) levando-se em consideração a disposição espacial de seus módulos (**400**), a saber informar a unidade de controle eletrônico (**ECU**) (**950**) levando-se em consideração a disposição espacial de seus módulos (**400**). Tal "calibragem" é importante para proporcionar o motorista (**910**), o centro de controle (**1000**) e/ou o serviço de controle (**1010**) com informação correta acerca de qual roda (**10**) do veículo (**900**) está potencialmente defeituosa, ou necessitando de atenção, por exemplo, carregando com ar comprimido para aumentar a pressão (**P**) ou necessitando de uma substituição do pneu (**30**). Determinados tipos de defeitos de desequilíbrio ou defeitos de parede de pneu (**230**) não podem ser verificados por mera inspeção visual casual de uma roda (**10**) e de seus pneus (**30**).

Referindo-se para a **Figura 9**, aceleração tangencial é simbolizada por (**A_x**), aceleração radial é simbolizada por (**A_y**), e aceleração lateral é simbolizada por (**A_z**). Referindo-se a seguir para a **Figura 17a**, é representada uma primeira concretização de um método de "calibragem" do veículo (**900**) por provocar que o veículo (**900**) venha a desempenhar um giro (volta) de mão direita de raio (**R**) em torno de um centro de rotação por (**W**). A primeira concretização é relacionada com a aceleração lateral (**A_z**); ver a **Figura 9** para uma definição espacial apropriada da aceleração por (**A_z**). O método de "calibragem" repousa sobre uma característica de que rodas da lateral esquerda (**10a1**, **10b1**, **10c1**) sobre um exterior do giro de mão direita experimentam uma maior força centrífuga manifestada como a

aceleração (A_z) como sensoriada pelos módulos (400) montados associados com estas rodas da lateral esquerda (10al, 10bl, 10cl) em comparação com rodas da lateral direita (10ar, 10br, 10cr) sobre um interior do giro. Além
5 do mais, as rodas dianteiras (10al, 10ar) experimentam um aumento em aceleração temporariamente antes que as rodas do meio (10bl, 10br) e especialmente antes que as rodas traseiras (10cl, 10rl).

Nesta concretização, o motorista (910) dá entrada para
10 a unidade de controle eletrônico (ECU) (950), por exemplo, por pressionamento de um interruptor, chave ou botão adequado sobre o console (915), que o motorista (910) está desejoso para invocar o método em concordância com a primeira concretização da presente invenção de
15 identificação de localizações dos módulos (400) sobre o veículo (900), a saber "calibragem" do veículo (900). O motorista (910) então traciona o veículo (900) para uma distância curta em uma direção reta de maneira que a aceleração lateral (A_z) das rodas (10) é substancialmente
20 **zero**. O motorista (910) então gira um volante de direção do veículo (900) no console (915) para articular as rodas dianteiras (10al, 10ar) para provocar que o veículo (900) venha a executar o giro de mão direita anteriormente mencionado a partir das posições (Q1) até (Q5) e então gira
25 o volante de direção colocando retas (endireitando) as rodas dianteiras (10al, 10ar) para provocar que o veículo (900) venha a continuar adicionalmente em uma trajetória reta depois da posição (Q5). Durante o giro de mão direita, os módulos (400) são operáveis para mensurar as acelerações
30 laterais (A_z) a partir de suas rodas (10) e comunicar por modo sem fio correspondente dado amostrado para a unidade de controle eletrônico (ECU) (950) que armazena o dado de amostra em sua memória; o dado de amostra é comunicado juntamente com os códigos de identificação (ID) dos módulos

(400) proporcionando o dado amostrado. Quando o giro tiver sido completado, por exemplo, depois de um período de tempo definido depois que o motorista (910) inicialmente pressionou o interruptor sobre o console (915) ou em resposta para o motorista (910) re-pressionando o interruptor sobre o console (915), a unidade de controle eletrônico (ECU) (950) vem a terminar sua coleta de dados de amostra e então prossegue para analisar os dados de amostra armazenados em sua memória. Por comparação de magnitudes relativas das acelerações (A_z) e também posições onde elas cada uma possuem uma magnitude máxima, a unidade de controle eletrônico (ECU) (950) tem capacidade para identificar onde os módulos (400) proporcionando os dados de amostra estão localizados no veículo (900). A **Figura 17b** é uma ilustração gráfica de sinais de aceleração (A_z) para as rodas (10al), (10ar), (10bl), (10br), (10cl) e (10cr) como simbolizado pelas curvas (1500), (1510), (1520), (1530), (1540) e (1550), respectivamente. Beneficamente, o motorista (910) dá entrada de informação para a unidade de controle eletrônico (ECU) (950) indicativa de se o motorista (910) está intencionado implementar o método em concordância com a primeira concretização da presente invenção levando-se em consideração um giro de mão direita ou um giro de mão esquerda. Alternativamente, informação levando-se em consideração uma direção é retornada durante calibragem podendo ser automaticamente derivada a partir de um sensor de ângulo de direção associado com um volante de direção do veículo (900); tal informação de direção de dirigibilidade sendo proporcionada para a unidade de controle eletrônico (ECU) (950).

Por conta dos módulos (400) montados na terceira localização (L3) proporcionando um pulso de aceleração a cada giro como representado na **Figura 10**, este método de "calibragem" não é otimizado para estabelecimento de

localizações de módulos (400) na localização (L3) sobre as rodas (10), mas é satisfatório para identificação de localizações dos módulos (400) montados em localizações (L1) e (L2).

5 Alternativamente, uma segunda concretização da presente invenção se refere a um método de "calibragem" do veículo (900) que envolve monitoramento de pressão instantânea (P) como sensoriada pelos módulos (400) para cada uma de suas respectivas rodas (10). Quando o veículo
10 (900) é tracionado de maneira a executar um giro de mão direita, alternativamente um giro de mão esquerda, as rodas (10) sobre um exterior de uma trajetória encurvada seguida pelo veículo (900) quando executando o giro irão momentaneamente possuir um alto grau de elevação de suas
15 pressões em comparação com as rodas (10) sobre um interior da trajetória encurvada. Tal mudança de pressão é especialmente pertinente para as rodas dianteiras (10al, 10ar). Pares de rodas seguintes também irão ser caracterizados pelo fato de que as rodas (10) sobre um
20 exterior de uma trajetória encurvada seguida pelo veículo (900) quando executando o giro irão momentaneamente possuir um grau mais alto de elevação de suas pressões em comparação com as rodas (10) sobre um interior da trajetória encurvada, entretanto, com menos diferença do
25 que aquela que aparece nas rodas dianteiras. Adicionalmente, especialmente para eixos de rodas traseiros não dirigíveis, a mudança em pressão irá ser atrasada e irá ocorrer em uma taxa mais baixa em comparação com a mudança em pressão ocorrendo no eixo de rodas dianteiro.

30 A **Figura 10a** mostra exemplos de como a pressão é mudada quando um veículo faz um giro. Primeiramente quando o veículo é provocado a tracionar em linha reta à frente, geralmente um nível de pressão idêntico (P1), é gerado a partir de cada um dos sensores nos módulos,

respectivamente. Na medida em que, em concordância com a presente invenção, a identificação de cada localização de módulos irá ser dependente de análise da mudança de pressão para cada módulo, não é necessário que o nível de pressão para cada sensor quando tracionando em linha reta à frente
 5 seja igual. Neste exemplo, isto é assumido para simplificação de uma ilustração de como o método em concordância com a presente invenção opera. No evento em que as pressões detectadas pelo respectivo módulo de sensor
 10 **(400)** são diferentes, os níveis de pressão podem ser normalizados, ou alternativamente, o nível ou a mudança de pressão para cada sensor podem ser monitorados.

No tempo **(t1)**, o veículo começa a virar (fazer um giro), que é primeiro observado por um aumento de pressão na roda dianteira exterior, e uma correspondente diminuição de pressão na roda dianteira interior. Aqui é assumido que um giro de mão direita é feito gerando uma diminuição de pressão na roda dianteira direita **(10ar)** e um aumento de pressão na roda dianteira esquerda **(10al)**. No evento em que
 20 o veículo possui eixos de rodas traseiros fixados, existe um atraso em tempo para **(t2)** até que o veículo começa a virar (fazer um giro) em torno do primeiro eixo de rodas traseiro possuindo um jogo de rodas mediano **(10bl, 10br)**. A mudança em pressão irá também ocorrer em uma taxa mais baixa, **(dP/dt)**, em comparação com a mudança de pressão das rodas dianteiras. Finalmente, em tempo **(t3)**, o veículo começa a virar (fazer um giro) em torno do segundo eixo de rodas traseiro possuindo um jogo traseiro de rodas **(10cl, 10cr)**. A mudança em pressão irá também ocorrer em uma taxa
 30 mais baixa, **(dP/dt)**, em comparação com a mudança de pressão das rodas dianteiras. A taxa de mudança em pressão no segundo eixo de rodas pode ser da mesma magnitude como para o primeiro eixo de rodas traseiro.

Por identificação da ordem na qual as pressões são

mudadas e por observação de quais sinais de pressão se tornam mais baixos e quais sinais de pressão se tornam mais altos quando adentrando uma curva, as posições de respectivo módulo de sensor podem ser determinadas.

5 Na **Figura 10b**, os sinais de pressão a partir dos módulos de sensor **(400)** são mostrados durante uma entrada e saída de uma curva, que está a partir de uma fase onde o veículo começa a virar (fazer um giro) depois de ter se propagado em linha reta à frente até uma fase onde o

10 veículo começa a tracionar em linha reta à frente depois de sair de uma curva. Deveria ser observado que as rodas dianteiras **(10ar, 10al)** primeiro adentram a curva com um correspondente declive de mudança de pressão, e que o primeiro eixo de rodas traseiro e o segundo eixo de rodas

15 traseiro com as rodas **(10br), (10bl), (10cl)** e **(10cr)**, respectivamente, seguem em seqüência em uma taxa mais baixa de mudança. Quando saindo da curva, o nível de pressão nas rodas dianteiras **(10ar, 10al)** irá mudar primeiro e em uma taxa alta. Novamente, o primeiro eixo de rodas traseiro e o

20 segundo eixo de rodas traseiro com as rodas **(10br), (10bl), (10cl)** e **(10cr)**, respectivamente, irão seguir em seqüência em uma taxa mais baixa de mudança. Portanto, independentemente de se a mudança em pressão na entrada ou saída da curva é estudada, a regulagem de tempo de quando a

25 mudança em pressão ocorrer, indica em qual eixo de rodas a roda, e por consequência, o sensor está localizado.

No evento em que um eixo de rodas traseiro dirigível é utilizado em combinação com um eixo de rodas dianteiro dirigível, a regulagem de tempo de mudança em pressão no

30 eixo de rodas dianteiro dirigível e no eixo de rodas traseiro dirigível pode ser simultânea. A taxa na qual a pressão muda irá ser mais baixar no eixo de rodas traseiro para veículos normais possuindo eixo de rodas dianteiro dirigível e eixo de rodas traseiro dirigível.

Quando operando o veículo e um método em concordância com a segunda concretização sendo desempenhado, o seguinte procedimento pode ser utilizado:

O motorista (910) dá entrada para a unidade de controle eletrônico (ECU) (950), por exemplo, por pressionamento de um interruptor, chave ou botão adequado sobre o console (915), de que o motorista (910) está desejoso para invocar a "calibragem" em concordância com a segunda concretização de identificação de localizações dos módulos (400) sobre o veículo (900), a saber "calibragem" do veículo (900). O motorista (910) então traciona (dirige) o veículo (900) por uma curta distância em uma direção em linha reta de maneira que o nível de pressão em cada pneu ($P_1, \dots, P_N$) venha a ser registrado. O motorista (900) então gira um volante de direção do veículo (900) no console (915) para articular as rodas dianteiras (10al, 10ar) para provocar que o veículo (900) venha a executar o giro de mão direita anteriormente mencionado a partir das posições (Q1) até (Q5) e então gira o volante de direção colocando em linha reta (endireitando) as rodas dianteiras (10al, 10ar) para provocar que o veículo (900) venha a continuar adicionalmente em uma trajetória em linha reta depois da posição (Q5). Durante o giro de mão direita, os módulos (400) são operáveis para mensurar a pressão em suas rodas (10) e comunicar por modo sem fio correspondente dado amostrado para a unidade de controle eletrônico (ECU) (950) que armazena o dado de amostra em sua memória; o dado de amostra é comunicado juntamente com os códigos de identificação (ID) dos módulos (400) proporcionando o dado amostrado. Quando o giro tiver sido completado, por exemplo, depois de um período de tempo definido depois que o motorista (910) tenha inicialmente pressionado o interruptor sobre o console (915) ou em resposta para o motorista (910) re-pressionando o interruptor sobre o

console **(915)**, a unidade de controle eletrônico **(ECU)** **(950)** termina sua coleta de dado de amostra e então prossegue para analisar o dado de amostra armazenado em sua memória. Por comparação de diferenças de pressão relativas a partir dos níveis de pressão iniciais e também posições onde cada uma delas inicia a se desviar a partir dos valores iniciais por mais do que um valor de ajuste, a unidade de controle eletrônico **(ECU)** **(950)** tem capacidade para identificar onde os módulos **(400)** proporcionando o dado de amostra estão localizados no veículo **(900)**. Beneficamente, o motorista **(910)** dá entrada de informação para a unidade de controle eletrônico **(ECU)** **(950)** indicativa de se o motorista **(910)** está intencionando implementar o método em concordância com a primeira concretização da presente invenção levando-se em consideração um giro de mão direita ou um giro de mão esquerda. Alternativamente, informação levando-se em consideração uma direção é retornada durante calibragem podendo ser automaticamente derivada a partir de um sensor de ângulo de direção associado com um volante de direção do veículo **(900)**; tal informação de direção de dirigibilidade é proporcionada para a unidade de controle eletrônico **(ECU)** **(950)**.

Em uma terceira concretização da presente invenção, o parâmetro físico é uma velocidade angular derivada a partir de um sinal gerado por referidos um ou mais módulos **(400)**. Nesta concretização da presente invenção, o método inclui as etapas de:

(b) direção (tração) de referido veículo **(900)** em torno de uma trajetória encurvada como sensoriada por uma disposição de sensoriamento de dirigibilidade (direção, manobra) e registro de uma direção de dirigibilidade de referido veículo **(900)** juntamente com um registro temporal de referida velocidade angular determinada a partir

de um sinal gerado por referidos um ou mais módulos **(400)** juntamente com seus correspondentes códigos de identificação **(ID)**; e

- (c) aplicação de uma análise para referida direção de dirigibilidade e referido registro temporal levando-se em conta tempo **(t)** para identificar localizações com o que referidos um ou mais módulos **(400)** são localizados sobre referida pelo menos uma roda **(10)** de referido veículo **(900)**, referida análise utilizando uma característica que a velocidade angular de uma roda localizada sobre um exterior de referida trajetória encurvada irá experimentar magnitude maior durante a trajetória encurvada em comparação com a magnitude da velocidade angular de uma roda localizada sobre um interior de referida trajetória encurvada, e de que a velocidade angular de uma roda localizada em direção de uma região dianteira de referido veículo **(900)** experimenta um aumento em magnitude temporariamente antes de uma e/ou em uma taxa mais alta do que uma roda localizada em direção de uma região traseira de referido veículo **(900)** para uma direção à frente de deslocamento de veículo **(900)** durante execução de referida trajetória encurvada.

Preferivelmente, o sensor pode ser um acelerômetro que gera componentes de sinal de aceleração na direção tangencial e/ou na direção radial **(A_x , A_y)** derivadas a partir de referidos um ou mais módulos **(400)**.

Na terceira concretização da presente invenção, uma mensuração da velocidade angular de cada roda é derivada a partir de um sinal de sensor a partir dos módulos. Preferivelmente, o sinal de sensor pode ser um componente

de sinal de aceleração a partir de um acelerômetro que tem capacidade de produção de um sinal representando a aceleração na direção tangencial. Devido para a influência da gravidade, o componente de sinal de sensor irá ser
 5 representado por um sinal possuindo a seguinte característica:

$$\mathbf{A_x} = \mathbf{A_0} + \mathbf{A_1 \sin (\omega t + \varphi)};$$

10 - onde $(\mathbf{A_0})$, $(\mathbf{A_1})$ e (φ) são constantes e (ω) é a velocidade angular da roda.

Uma vez o veículo começa a virar (fazer um giro), as rodas sobre o exterior na curva irão seguir uma rota mais longa do que as rodas sobre o interior em uma curva, o que
 15 possibilita que um computador venha a separar os sinais a partir dos módulos localizados sobre a lateral esquerda e a lateral direita do veículo quando a direção da curva é conhecida. Adicionalmente, como foi explanado anteriormente em relação para a primeira concretização da presente
 20 invenção, quando adentrando uma curva, o eixo de rodas dianteiro irá começar a virar primeiro seguido pelas rodas sobre o eixo de rodas mediano (se um estiver presente) e o pelas rodas sobre o eixo de rodas traseiro.

Na **Figura 10c** a posição angular das rodas como uma
 25 função de tempo é mostrada. Primeiramente, todas as rodas se deslocam em velocidades iguais. No tempo **(t1)** uma primeira separação é feita pelo primeiro eixo de rodas mais externo, que se desloca em uma velocidade angular que é mais alta do que a de todas as outras rodas devido para o
 30 fato de que ele segue uma rota mais longa. O sinal gerado por um módulo localizado na roda dianteira mais externa irá, por consequência, ser caracterizado por uma velocidade angular (ω_{ar}) que é maior em magnitude do que os sinais a partir dos outros módulos. Alguns momentos mais tarde, no

tempo (t_2), o primeiro eixo de rodas mais interno irá começar a rotacionar em uma velocidade angular mais baixa (ω_{at}) do que as outras rodas. Assim que o segundo eixo de rodas começar a virar (fazer um giro), separação entre as velocidades angulares da roda esquerda e da roda direita montadas sobre o eixo de rodas mediano (se um estiver presente) irá ser seguida em tempo por separação das velocidades angulares da roda esquerda e da roda direita do eixo de rodas traseiro de uma maneira similar. Deveria ser observado que sobre saída da curva, é o eixo de rodas dianteiro que primeiramente assume uma velocidade angular comum para a roda direita e a roda esquerda, seguido por aquela do eixo de rodas mediano (se um estiver presente) e do eixo de rodas traseiro. Finalmente, todas as rodas irão assumir uma velocidade angular comum caracterizada pela velocidade do veículo.

A velocidade angular caracterizando cada sinal proporcionado a partir dos módulos (400), pode ser determinada de qualquer maneira convencional, por exemplo, por estimativa do tempo entre passagem do nível médio determinado pela constante (A_0).

Quando operando o veículo e um método em concordância com a terceira concretização da presente invenção for desempenhado, o seguinte procedimento pode ser utilizado:

O motorista (910) dá entrada para a unidade de controle eletrônico (ECU) (950), por exemplo, por pressionamento um interruptor, chave ou botão adequado sobre o console (915), de que o motorista (910) está desejoso para invocar a "calibragem" em concordância com a segunda concretização de identificação de localizações dos módulos (400) sobre o veículo (900), a saber "calibragem" do veículo (900). O motorista (910) então traciona (dirige) o veículo (900) por uma curta distância em uma direção em linha reta de maneira que a velocidade angular para cada

pneu ($\omega_1, \dots, \omega_N$) venha a ser registrada. O motorista (900) então vira um volante de direção do veículo (900) no console (915) para articular as rodas dianteiras (10a1, 10ar) para provocar que o veículo (900) venha a executar o

5 giro de mão direita anteriormente mencionado a partir das posições (Q1) até (Q5) e então vira o volante de direção colocando em linha reta (endireitando) as rodas dianteiras (10a1, 10ar) para provocar que o veículo (900) venha a

10 continuar adicionalmente em uma trajetória em linha reta depois da posição (Q5). Durante o giro de mão direita, os módulos (400) são operáveis para mensurar a aceleração tangencial em suas rodas (10) e comunicar por modo sem fio correspondente dado amostrado para a unidade de controle eletrônico (ECU) (950) que armazena o dado de amostra em

15 sua memória; o dado de amostra é comunicado juntamente com os códigos de identificação (ID) dos módulos (400) proporcionando o dado amostrado. Quando o giro for completado, por exemplo, depois de um período de tempo definido depois que o motorista (910) tenha inicialmente

20 pressionado o interruptor sobre o console (915) ou em resposta para o motorista (910) re-pressionando o interruptor sobre o console (915), a unidade de controle eletrônico (ECU) (950) termina sua coleta de dado de amostra e então prossegue para analisar o dado de amostra

25 armazenado em sua memória. Por comparação de diferenças relativas em uma velocidade angular para cada roda a partir das velocidades angulares iniciais e também posições onde cada uma delas começa a se desviar a partir dos valores iniciais, a unidade de controle eletrônico (ECU) (950) tem

30 capacidade para identificar onde os módulos (400) proporcionando o dado de amostra estão localizados no veículo (900). Beneficamente, o motorista (910) dá entrada de informação para a unidade de controle eletrônico (ECU) (950) indicativa de se o motorista (910) está intencionando

implementar o método em concordância com a primeira concretização da presente invenção levando-se em consideração um giro de mão direita ou um giro de mão esquerda. Alternativamente, informação levando-se em
5 consideração uma direção é retornada durante calibragem podendo ser automaticamente derivada a partir de um sensor de ângulo de direção associado com um volante de direção do veículo **(900)**; tal informação de direção de dirigibilidade é proporcionada para a unidade de controle eletrônico **(ECU)**
10 **(950)**.

Os métodos de "calibragem" do veículo **(900)** em concordância com a primeira concretização, a segunda concretização e a terceira concretização da presente invenção são susceptíveis de serem adicionalmente
15 aperfeiçoados por adoção de um seguinte método de "calibragem" geral:

(a) o motorista **(910)** ativa a unidade de controle eletrônico **(ECU)** **(950)** para enviar uma mensagem por modo sem fio para todas as suas rodas **(10)** e
20 seus módulos associados **(400)** para identificar a si mesmas; uma tal mensagem é beneficemente, por exemplo, enviada pela unidade de controle eletrônico **(ECU)** **(950)** a cada tempo que o veículo **(900)** é ativado no caso em que rodas **(10)** do
25 veículo **(900)** tenham sido modificadas enquanto o veículo **(900)** tenha estado estacionário em um estado desativado. Os módulos **(400)** respondem por declaração de suas existências e seus correspondentes códigos de identificação **(ID)**. A
30 unidade de controle eletrônico **(ECU)** **(950)** prossegue para armazenar uma lista ou registro similar dos códigos de identificação **(ID)** em sua memória de dados;

(b) o motorista **(910)** então traciona o veículo **(900)**

através de uma superfície de estrada suave (uniforme) substancialmente desprovida de características topográficas; os módulos (400) montados na localização (L3), similar na localização (L4), sobre as rodas (10) irão determinar geração para sinais de aceleração de pulsação (A_z) de uma maneira como representada na **Figura 10**, enquanto que os módulos (400) nas localizações (L1) e (L2) irão essencialmente proporcionar sinais de aceleração não pulsantes, desconsiderando-se efeitos gravitacionais (g). A unidade de controle eletrônico (ECU) (950) por intermédio disso identifica na lista ou registro dos códigos de identificação (ID) quais módulos (400) estão montados nas localizações (L3) ou (L4) sobre suas respectivas rodas (10);

(c) o motorista (910) então executa um ou mais dos métodos em concordância com a primeira concretização, a segunda concretização e a terceira concretização da presente invenção que claramente identificam onde os módulos (400) montados nas localizações (L1) e (L2) sobre suas respectivas rodas (10) estão dispostos no veículo (900); e

(d) a unidade de controle eletrônico (ECU) (950) então monitora os sinais de pulso, de uma maneira como representada na **Figura 10**, a partir dos módulos (400) montados nas localizações (L3) ou (L4) sobre as rodas (10) e correlaciona o número de pulsos como representado na **Figura 10** para um determinado período de tempo de deslocamento do veículo (900) com um número de revoluções das rodas (10) como determinado pelos codificadores de sensor ABS (118). Por conta de ligeira

diferença mútua entre as rodas (10), por exemplo, diâmetro externo efetivo, determinadas das rodas (10) irão ter executado mais voltas (giros) do que outras, possibilitando a correlação para determinar quais módulos (400) na localização (L3) correspondem para quais das rodas (10).

Etapas do método de "calibragem" geral e dos métodos de "calibragem" do veículo anteriormente mencionados em concordância com a presente invenção podem ser combinadas em várias diferentes combinações para detecção mais confiável de onde os módulos (400) estão localizados sobre as rodas (10) do veículo (900). Tais métodos são susceptíveis para simplificar operação do veículo (900) e evitação de erro em comparação com o primeiro método de "calibragem" do veículo (900) por ativação magnética.

3. APLICAÇÃO DE MONITORAMENTO DE RODA E DE PNEU CONFORME DEFINIDO PARA A PRESENTE INVENÇÃO PARA PROPÓSITOS DE MANUTENÇÃO DE VEÍCULO

Referindo-se para a **Figura 18**, uma situação operacional potencial encontrada por uma empresa simbolizada por (2000) operando uma frota dos veículos (900) a partir de seu centro de controle (1000) com diversos centros de serviço (1010a, 1010b, 1010c) e coleções de rodas (10) em reserva nos centros (1010a, 1010b, 1010c) e/ou depósitos (2010a, 2010b) é a de que as rodas (10) montadas sobre os veículos (900) e as rodas (10) em armazenamento nos centros de serviço (1010) e/ou nos depósitos (2010) potencialmente possuem configurações mutuamente diferentes de módulos (400) montados em cima dos mesmos como representado por vários modelos sombreados transversais empregados na **Figura 18**. Além do mais, determinados dos módulos (400) podem também ser configurados com diferentes combinações de sensores; por

exemplo, alguns módulos (400) irão incluir sensores de pressão (760) e sensores de temperatura (765), enquanto que outros módulos (400) irão incluir acelerômetros (770) e sensores de temperatura (765), e ainda outros módulos (400) 5 irão incluir um complemento total de sensores de pressão (760), sensores de temperatura (765) e acelerômetros (770). Os acelerômetros (770) são potencialmente acelerômetros de um, dois ou três eixos geométricos. Além do mais, como um aspecto de vigilância, a empresa (2000) pode ser desejosa 10 para possuir determinadas configurações definidas de módulos (400) sobre rodas dianteiras (10a) de seus veículos (900) e outras configurações definidas de módulos (400) sobre rodas traseiras (10b, 10c) de seus veículos (900). Além do mais, uma configuração de módulos (400) sobre 15 qualquer determinado veículo (900) é potencialmente dinamicamente alterada na medida em que as rodas (10) são removidas a partir dos veículos (900), e instaladas em cima dos veículos (900), como parte de um agendamento de manutenção adotado pela empresa. Adicionalmente, 20 determinados módulos (400) podem potencialmente ocasionalmente falhar devido para suas baterias (700) se tornando exaustas. Em vista de tal potencial diversidade como representada por diferentes configurações para as rodas (10) na **Figura 18**, nenhum dos **seis** métodos 25 anteriormente referidos de "calibragem" dos veículos (900) irá ser otimizado em todas as circunstâncias. De maneira a solucionar uma tal situação complexa, os aparelhos anteriormente mencionados (600, 680, 690) são beneficamente implementados de uma maneira dinamicamente alterável em 30 resposta para diferentes configurações de módulos (400) sendo disponíveis como determinado por um ou mais dos métodos anteriormente mencionados de "calibragem" dos veículos (900), ou em resposta para funcionalidade declarada como comunicada a partir dos módulos (400) para a

unidade de controle eletrônico (**ECU**) (**950**).

Beneficamente, quando os módulos (**400**) respondem para a mensagem enviada anteriormente mencionada a partir da unidade de controle eletrônico (**ECU**) (**950**) para os módulos

5 (**400**) em um determinado veículo (**900**) para identificar a si mesmos, por exemplo, na etapa (**a**) do método de "calibragem" geral, os módulos (**400**) respondem não somente por declaração de seus códigos de identificação (**ID**), mas também uma descrição de suas funcionalidades, a saber, uma

10 indicação de suas configurações individuais de sensores incluídos nos mesmos, e opcionalmente suas capacidades para executar processamento de dado local nos mesmos. Por exemplo, determinados módulos (**400**) são operáveis para responder com seus códigos de identificação (**ID**) juntamente

15 com informação de que cada um deles possui somente um sensor de pressão (**760**) e um sensor de temperatura (**765**), enquanto que outros módulos (**400**) são operáveis para responder com seus códigos de identificação (**ID**) juntamente com informação de que cada um deles possui somente um

20 acelerômetro (**770**) de eixo geométrico (**x**) e de eixo geométrico (**y**) juntamente com um sensor de temperatura (**765**), e assim por diante para inclusão na lista ou registro anteriormente mencionados mantidos na unidade de controle eletrônico (**ECU**) (**950**). A unidade de controle

25 eletrônico (**ECU**) (**950**) tem por intermédio disso capacidade para dinamicamente selecionar um método o mais adequado de "calibragem" do veículo (**900**) e informar ao motorista (**910**) sobre o console (**915**) em concordância com isso. Pelo fato da unidade de controle eletrônico (**ECU**) (**950**) ser alertada

30 da funcionalidade de suas rodas (**10**), ela tem capacidade para transportar tal informação para o centro de controle (**1000**) para utilização em direcionamento de agendamentos de manutenção para o veículo (**900**), por exemplo, enviando o veículo (**900**) para um centro de serviço (**1010**) que possui

uma equivalente roda de substituição adequada (10).

A empresa (2000), conseqüentemente, beneficemente implementa em seus veículos (900) um método de monitoramento de roda geral incluindo as etapas como se
5 seguem:

(a) estabelecimento de comunicação com um ou mais de seus veículos (900);

(b) recepção de informação em resposta a partir dos módulos de controle eletrônico (ECU) (950) dos um
10 ou mais veículos (900) levando-se em consideração configurações do módulo (400) sobre suas rodas (10) e operando estado (*status*) das uma ou mais rodas (10), por exemplo, se as rodas (10) desenvolveram desequilíbrio ou estão frouxas;

(c) determinação para um ou mais dos veículos (900)
15 de se uma ou mais de suas rodas (10) estão em necessidade de manutenção ou substituição;

(d) identificação de um ou mais centros de serviço (1010) possuindo uma ou mais rodas de
20 substituição adequadas para os um ou mais veículos (900) na etapa (c) tendo sido descobertas requerendo substituição, ou possuindo facilidades para desempenho de manutenção sobre os um ou mais veículos (900) na etapa (c) tendo
25 sido descobertos requerendo manutenção; e

(e) direcionamento dos um ou mais veículos (900) tendo sido descobertos requerer manutenção ou substituição de suas uma ou mais rodas (10) para um dos um ou mais centros de serviço (1010) para
30 desempenho de manutenção ou substituição de roda (10) sobre os um ou mais veículos (900).

O método de monitoramento de roda geral descrito anteriormente é susceptível para ser implementado automaticamente por intermédio de supervisão fundamentada

em computador a partir do centro de controle (1000) e/ou a partir de um ou mais dos centros de serviço (1010). Quando implementando o método, os centros de serviço (1010) e/ou os depósitos (2020) são operáveis para comunicar seus inventários de rodas (10) de uma maneira dinâmica. Além do mais, o centro de controle (1010) é também operável para manter dinamicamente um registro de estado (*status*) operacional de seus veículos (900) pelo menos se levando em consideração suas rodas (10) fornecidas com um ou mais módulos (400) conforme definidos para a presente invenção.

A adoção do método de monitoramento de roda geral é benéfica em que segurança e confiabilidade são aperfeiçoadas que potencialmente podem trazer benefícios *premium* de segurança para a empresa (2000), e bem como potencialmente reforço da qualidade de seus serviços para seus clientes.

4. AUTO-ALINHAMENTO DE MÓDULOS EMPREGÁVEIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA PRESENTE INVENÇÃO

Como irá ser evidenciado a partir do precedentemente descrito, o módulo (400) é empregado quando implementando a presente invenção em várias configurações. Quando o módulo (400) inclui o acelerômetro (770) como representado na **Figura 14**, o módulo (400) pode ser considerado como sendo uma forma de unidade de navegação inercial [*inercial navigation unit - (INU)*]. Além do mais, é elucidado precedentemente que sinais de processamento correspondendo para acelerações radial, tangencial e transversal, a saber, (A_y), (A_x) e (A_z) como representado na **Figura 9**, e resolução das mesmas para fornecer a aceleração vertical (A_v) como representado na **Figura 11** e na **Figura 13** foram descobertos serem altamente benéficos para derivação de uma indicação de desequilíbrio da roda (10), um tipo de desequilíbrio da roda (10), se ou não a roda (10) está oscilando fora do

plano, se ou não a roda (10) está frouxa sobre seus prendedores, e bem como monitoramento de características de flexão das paredes (230) do pneu (30). Entretanto, de uma maneira similar para unidades de navegação inercial (INU) para dirigibilidade de veículos tais como foguetes, helicópteros, aeronaves e assim por diante, é convencionalmente descoberto ser importante que as unidades de navegação inercial (INUs) sejam montadas em alinhamento angular preciso com vários eixos geométricos de referência destes veículos. Entretanto, consecução de tal alinhamento angular preciso requer exatidão e precisão que é potencialmente consumidora de tempo e dispendiosa de conseguir. De uma maneira similar, conforme definida para a presente invenção, é altamente desejável que os um ou mais módulos (400) sejam montáveis para a roda (10), por exemplo, em uma das localizações (L1) até (L4), sem um alto grau de precisão e exatidão de montagem sendo necessário. Por implementação da presente invenção tal que o módulo (400) pode ser montado de maneira que requer que sua orientação venha a ser precisamente assegurada, tempo e custos associados com fornecimento da roda (10) com um ou mais dos módulos (400) podem ser reduzidos. Tal implementação da presente invenção irá agora ser elucidada com referência para concretizações exemplificativas da presente invenção.

Para uma determinada roda (10) corretamente montada para seu eixo de rodas (110), é benéfico se referir para:

- (a) uma direção lateral como sendo o eixo ortogonal (z) paralelo para o eixo geométrico (B-B);
- (b) uma direção radial a partir do eixo geométrico (B-B), e por consequência, a partir do eixo de rodas (110), como sendo o eixo ortogonal (y); e
- (c) um eixo geométrico tangencial em uma determinada posição sobre a roda (10) como sendo o eixo

ortogonal ($\mathbf{x}$);

- como ilustrado na **Figura 19**.

O eixo ortogonal ($\mathbf{z}$) e eixo ortogonal ($\mathbf{y}$) são pertinentes nas localizações (**L1**) até (**L4**). O eixo ortogonal ($\mathbf{x}$) é dependente de um raio ($\mathbf{r}$) em que o ponto está a partir do eixo geométrico (**B-B**). A **Figura 19** corresponde para a **Figura 9** para o ângulo de inclinação (ϕ) sendo substancialmente **zero**. Como elucidado precedentemente, a aceleração ($\mathbf{A}_z$) é especialmente útil, como representado na **Figura 10**, para monitoramento de características de flexão do pneu (**30**) e bem como detecção de se ou não a roda (**10**) está em um ângulo de oscilação relativamente para seu eixo de rodas (**110**). Além do mais, a aceleração vertical ($\mathbf{A}_v$) resolvida a partir de componentes de aceleração ($\mathbf{A}_x$) e ($\mathbf{A}_y$) mensurados em um determinado módulo (**400**) é benéfica para monitoramento de desequilíbrio na roda (**10**) e também um tipo de desequilíbrio envolvido. Entretanto, como mostrado na **Figura 19**, o módulo (**400**) é potencialmente montado em uma posição angularmente desalinhada sobre a roda (**10**) tal que seus eixos ortogonais locais simbolizados por ($\mathbf{x}'$), ($\mathbf{y}'$), ($\mathbf{z}'$) não se alinham com eixos ortogonais verdadeiros ($\mathbf{x}$, $\mathbf{y}$, $\mathbf{z}$) requeridos para geração de sinais de aceleração ($\mathbf{A}_x$, $\mathbf{A}_y$, $\mathbf{A}_z$) altamente úteis.

Acelerações ($\mathbf{A}_x'$, $\mathbf{A}_y'$, $\mathbf{A}_z'$) correspondem para mensurações de acelerações ao longo dos eixos ortogonais locais ($\mathbf{x}'$, $\mathbf{y}'$, $\mathbf{z}'$), respectivamente. É conceptível resolver as acelerações ($\mathbf{A}_x'$, $\mathbf{A}_y'$, $\mathbf{A}_z'$) levando-se em conta os eixos ortogonais verdadeiros ($\mathbf{x}$, $\mathbf{y}$, $\mathbf{z}$) como proporcionados por um mapeamento de matriz como definido pela Equação 10 (**Eq. 10**):

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & \sin \beta \\ 0 & -\sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{pmatrix} \quad \text{Eq. 10}$$

- em que os ângulos (α) e (β) são ângulos de resolução de mapeamento dos eixos ortogonais $(\mathbf{x}', \mathbf{y}', \mathbf{z}')$ em cima dos eixos ortogonais verdadeiros $(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z})$.

Uma condição especial aparece quando a roda (10) rotaciona em uma velocidade angular constante (ω) , por exemplo, como determinável pela unidade de controle eletrônico (ECU 950) a partir do sinal gerado a partir de codificadores de sensor ABS (118), e o veículo (900) está tracionando em linha reta à frente e não está virando (fazendo um giro), por exemplo, como determinado a partir de um sensor angular acoplado para o volante de direção no console (915), e um plano da roda (10) é ortogonal para o eixo geométrico (B-B) e, portanto, para o eixo de rodas (110) em que:

- (a) a aceleração lateral (A_z) é substancialmente zero como definido pela Equação 11 (Eq. 11);
- (b) a aceleração tangencial (A_x) é substancialmente zero quando integrada sobre uma mudança (2π) completa no ângulo de rotação (θ) da roda (10).

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} A_z = 0 \quad \text{Eq. 11}$$

- em que (θ_1) e (θ_2) são limites de integração inferiores e superiores correspondendo para primeiro e segundo ângulos de rotação angular (θ) da roda (10).

$$\int_{\gamma}^{\gamma+2n\pi} A_x = 0$$

Eq. 12

- em que (γ) é um ângulo de desvio e (n) é um número inteiro tal que $(n) = 1, 2, 3, \dots$.

Valores adequados para os ângulos (α) e (β) são susceptíveis de serem computados de uma maneira iterativa de maneira que a Equação 11 e a Equação 12 podem ser substancialmente conseguidas, ou pelo menos em uma condição minimizada levando-se em consideração os ângulos (α) e (β) que é susceptível de ser conseguida. Por exemplo, ruído de superfície de estrada espúrio presente nas acelerações (A_x', A_y', A_z') potencialmente requer uma condição mínima a ser pesquisada na medida para se ter a melhor aproximação para satisfação da Equação 11 e da Equação 12.

Valores otimizados para os ângulos (α) e (β) podem tanto ser descobertos a partir de uma solução explícita para a Equação 10, a Equação 11 e a Equação 12, ou quanto iterativamente por re-computação por várias combinações dos ângulos (α) e (β) para uma amostra de sinais representativos das acelerações (A_x', A_y', A_z') até que uma aproximação a mais próxima para a Equação 11 e para a Equação 12 venha a ser conseguida.

Computação dos ângulos (α) e (β) é beneficemente desempenhada na unidade de controle eletrônico (**ECU 950**).

Alternativamente, computação distribuída desempenhada no módulo (**400**) pode também ser empregada para computação dos ângulos (α) e (β) . Uma vez que os ângulos (α) e (β) tiverem sido computados para uma condição minimizada ou uma condição **zero** como determinada na Equação 11 e na Equação 12, aplicação destes ângulos (α) e (β) conforme definidos para a Equação 10 para se obter as acelerações (A_x, A_y, A_z)

para monitoramento de operação da roda (10), por exemplo, como representado na **Figura 11** e na **Figura 13**, é susceptível de ser implementada na unidade de controle eletrônico **ECU (950)** ou no módulo (400), ou distribuída
 5 entre tanto a unidade de controle eletrônico **ECU (950)** e quanto o processador de computador (710) do módulo (400) para espalhar (dispersar) carga computacional.

As Equações 10 até 12 são um exemplo de acelerações de auto-resolução sensoriadas pelo acelerômetro (770) do
 10 módulo (400) para gerar correspondentes sinais de aceleração adequados para processamento como representado na **Figura 11** e na **Figura 13** com a descrição associada precedentemente. Embora auto-resolução para um acelerômetro de três eixos geométricos (770) seja descrita, tal auto-
 15 resolução aproximada pode ser também empregada quando o acelerômetro (770) é um acelerômetro de dois eixos geométricos, por exemplo, de uma forma simplificada. Auto-resolução é também susceptível para ser referenciada como auto-alinhamento.

Auto-resolução, por exemplo, como descrita nas Equações 10 até 12, é de benefício em que um ou mais módulos (400) montados em uma ou mais localizações (L1) até (L4) não necessitam ser montados em cima da roda (10) conforme definido para alinhamento angular altamente
 20 preciso, por intermédio disso simplificando montagem dos um ou mais módulos (400) para a roda (10) e potencialmente reduzindo montagem e custos de montagem.

Quando auto-resolução conforme definida para as Equações 10 até 12 é empregada no aparelho (600), é
 30 utilizado um correspondente aparelho como indicado geralmente por (2200) na **Figura 20** em que um determinador de auto-resolução é simbolizado por (2210). O aparelho (2200) inclui pelo menos um módulo (400) cujo acelerômetro (770) é operável para gerar os sinais de aceleração (A_x' ,

A_y' , A_z') que são primeiramente auto-resolvidos no
 determinador de auto-resolução (2210) para gerar
 correspondentes dados de aceleração resolvidos para as
 acelerações (A_x , A_y , A_z). As acelerações resolvidas (A_x , A_y ,
 5 A_z) são então adicionalmente resolvidas no determinador de
 resolução (620) levando-se em consideração o ângulo de
 rotação (θ) da roda (10) como sensoriado pelo codificador
 de sensor ABS (118) para gerar correspondente dado de sinal
 de aceleração vertical (A_v) e também dado de sinal de
 10 aceleração (A_z). Os dados de sinal de acelerações (A_v , A_z)
 são então submetidos para análise de harmônico no
 analisador de harmônicos (630) para gerar correspondentes
 séries de coeficientes de harmônicos [$Q_v(m)$] e [$Q_z(m)$],
 respectivamente, em relação à frequência angular (ω) de
 15 rotação da roda (10). Os coeficientes de harmônicos [$Q_v(m)$]
 e [$Q_z(m)$] são então opcionalmente submetidos para
 escalonamento de harmônico no escalonador (640) para gerar
 correspondentes coeficientes de harmônicos escalonados
 [$y_v(m) \cdot Q_v(m)$] e [$y_z(m) \cdot Q_z(m)$] que são então submetidos para
 20 análise em termos de magnitude absoluta e magnitude
 relativa para determinar se ou não:

- (a) a roda (10) está desequilibrada;
- (b) um tipo de desequilíbrio presente na roda (10);
- (c) a roda (10) está oscilante em relação para o eixo
 25 de rodas (110);
- (d) a roda (10) está frouxa e balançando em torno
 sobre seus prendedores;
- (e) o pneu (30) possui defeitos em suas
 características de flexão, por exemplo, sua malha
 30 (210) se tornou danificada;
- (f) o pneu (30) está insuficientemente inflado;
- (g) o pneu (30) está excessivamente inflado;
- (h) o pneu (30) está oval ou possui uma ordem mais
 alta de distorção de lóbulo;

- (i) existe um desequilíbrio de massa na roda (10);
- (j) mancais de roda associados com o eixo de rodas (110) estão vibrando ou chocalhando de uma maneira inesperada indicativa de uma falha, ou

5 - para menção de uns poucos tipos de alternativa de análise que são executáveis utilizando o aparelho (2200).

Quando escalamento de harmônico no escalonador (640) é opcionalmente não requerido, seus valores de escalonamento são benéficamente ajustados para um valor uniforme, por exemplo, valor de unidade $[y_v(m) = 1]$, $[y_z(m) = 1]$, ou o escalonador (640) é simplesmente contornado (*bypassed*). Além do mais, para o aparelho (2200), um ou mais módulos (400) podem ser opcionalmente montados em uma ou mais

10 localizações (L1), (L2) e (L3). O aparelho (2200) é susceptível de ser implementado em *hardware*, em *software* executável sobre *hardware* de computação, ou uma combinação de tal *hardware* ou *software*. Além do mais, o aparelho (2200) é susceptível de ser implementado substancialmente

15 na unidade de controle eletrônico (ECU 950), sobre o módulo (400), ou tanto sobre o módulo (400) e quanto sobre a unidade de controle eletrônico (ECU 950) em combinação. O *software* é opcionalmente suprido como um ou mais produtos de *software* em um ou mais suportes de dados. Além do mais,

20 o *software* é opcionalmente dinamicamente reconfigurável dependendo potencialmente de mudança de configurações de um ou mais módulos (400) incluídos sobre a roda (10).

O aparelho (2200) ilustrado na **Figura 20** é susceptível de ser modificado de uma maneira parecida com o aparelho (690) ilustrado na **Figura 13**, a saber, concorrentemente ou

30 alternadamente sendo operável para harmonicamente analisar um sinal amostrado representativo da pressão (P) no volume (120) do pneu (30).

O determinador de auto-resolução (2210) requer

calibragem de maneira a determinar seus ângulos de correção (α) e (β) como elucidado precedentemente. Tal calibração é benéficamente implementada como parte dos métodos anteriormente referidos de "calibragem" dos módulos (400), a saber, possibilitando a unidade de controle eletrônico (ECU 950) para identificar quais dos módulos (400) com os quais é requerido se comunicar sobre o veículo (900), em que os módulos (400) são montados em várias localizações sobre as rodas (10) do veículo (900), com características de operação potencialmente mutuamente diferentes dos módulos (400); como elucidado precedentemente, uma situação potencialmente aparece em operação onde determinadas rodas (10) do veículo (900) são proporcionadas com um mais compreensível conjunto de módulos (400) em comparação com outras rodas do veículo (900), de uma maneira de mudança potencialmente temporariamente dinamicamente. Auto-resolução no determinador de auto-resolução (2210) possui um efeito levando-se em consideração o módulo (400) montado na localização (L3) para efetivamente ajustar o ângulo de desvio (ϕ_0) na Equação 6 (Eq. 6) para substancialmente um valor nulo, a saber, (ϕ_0) = 0, e por intermédio disso potencialmente simplificar processamento de sinal associado em operação para monitoramento de características de flexão do pneu (30).

25

5. APLICAÇÕES DA PRESENTE INVENÇÃO

Embora utilização da presente invenção em relação para veículos comerciais pesados seja descrita precedentemente, irá ser apreciado que a presente invenção é também aplicável para outros tipos de veículo, por exemplo, sobre rodas de aeronave, sobre rodas de automóveis, sobre rodas de motocicletas e de bicicletas, sobre equipamento de construção pesado, sobre as bobinas de turbinas de bobina de eletricidade para identificar potenciais problemas

30

estruturais, e assim por diante.

Expressões tais como "possui", "é", "inclui", "compreende", "consiste de", "incorpora" são para serem construídas para incluir componentes ou itens adicionais
5 que não são especificamente definidos; a saber, tais termos são para serem construídos de uma maneira não exclusiva. Além do mais, referência para o singular é também para ser construída para também incluir o plural. Adicionalmente, numerais e outros símbolos incluídos dentro de parênteses
10 nas **reivindicações de patente** acompanhantes posteriormente não são para serem construídos para influenciar escopo de **reivindicação de patente** interpretado, mas meramente auxiliam em compreensão da presente invenção quando estudando as **reivindicações de patente** subsequente.

15

6. MODIFICAÇÕES OTIMIZADAS PARA A PRESENTE INVENÇÃO

Modificações para concretizações da presente invenção descritas precedentemente são susceptíveis de serem implementadas sem se afastar a partir do escopo da presente
20 invenção como definido pelas **reivindicações de patente** anexadas subsequente.

Por exemplo, utilização do codificador de sensor **ABS (118)** para sensoriamento de rotação das rodas **(10)** foi descrita precedentemente. Entretanto, adicionalmente ou
25 alternativamente, uma mensuração da orientação angular (θ) da roda **(10)** pode também ser computada, como elucidado precedentemente, sobre um fundamento da força gravitacional (g) atuando sobre o acelerômetro **(770)** do módulo **(400)**. A força gravitacional (g) é manifestada em operação nos
30 componentes de aceleração (A_x, A_y) e é superposta sobre qualquer aceleração experimentada na roda **(10)** devido para a aceleração ou a desaceleração geral do veículo **(900)**. Levando-se em conta uma escala de tempo típica na qual flutuações cíclicas da força gravitacional (g) como

observadas nos componentes de aceleração (A_x , A_y) sendo geralmente mais rápidas do que efeitos devidos para tal aceleração ou desaceleração geral, é conceptível filtrar ou compensar para tais componentes nos componentes de
 5 aceleração (A_x , A_y) como um peso do veículo (900) e então uma saída de força motriz a partir da máquina ou do motor (930) do veículo (900) pode ser estimada ou mensurada. Quando a orientação angular (θ) da roda (10) é derivada a partir dos componentes de aceleração (A_x , A_y), em adição
 10 para o ou como uma alternativa para o sensor de codificador **ABS** (118), tal derivação não pressupõe a utilização de auto-alinhamento anteriormente mencionado dos eixos ortogonais (x' , y' , z') do módulo (400) para os eixos verdadeiros (x , y , z) da roda (10) representativos de eixos
 15 laterais e tangenciais ortogonais, respectivamente, ver a **Figura 9**. Tal derivação da orientação angular (θ) possibilita que a presente invenção venha a ser, por exemplo, aplicada para veículos que não são equipados com frenagem **ABS** ou parcialmente equipados com frenagem **ABS**
 20 sobre somente determinadas de suas rodas. Além do mais, tal derivação possibilita que a presente invenção venha a ser re-projetada em determinadas situações para veículos mais velhos que não são proporcionados com frenagem **ABS**.

Flexão da parede lateral (230) do pneu (30) é também
 25 susceptível de ser sensoriada por um primeiro módulo (400) montado na localização (L3) se movimentando levando-se em consideração um segundo módulo (400) montado na localização (L2) em proximidade espacial íntima para o primeiro módulo (400). Em operação, flexão da parede lateral (230) provoca
 30 que uma distância espacial relativa entre o primeiro módulo (400) e segundo módulo (400) venha a variar correspondentemente.

Em uma primeira configuração, o primeiro módulo (400) é proporcionado com uma fonte de radiação, e o segundo

módulo (400) é operável para monitorar a magnitude de uma porção da radiação recebida no mesmo e transportar um correspondente sinal em modo sem fio para a unidade de controle eletrônico (ECU 950). O sinal é representativo de uma mudança de separação espacial entre o primeiro módulo (400) e o segundo módulo (400) como uma função de suas rodas (10) rotacionando.

Em uma segunda configuração, o segundo módulo (400) é proporcionado com uma fonte de radiação, e o primeiro módulo (400) é operável para monitorar uma magnitude de uma porção da radiação recebida no mesmo e transportar um correspondente sinal em modo sem fio, por exemplo, utilizando a malha (210) do pneu (30) como uma antena de retalho sem fio, para a unidade de controle eletrônico (ECU 950). O sinal é representativo de uma mudança de separação espacial entre o primeiro módulo (400) e o segundo módulo (400) como uma função de suas rodas (10) rotacionando.

A radiação pode ser pelo menos uma de: um campo magnético substancialmente constante gerado por um magneto permanente, um campo magnético alternado, radiação ultra-sônica, radiação sem fio, radiação de pulso óptico, radiação capacitiva eletrostaticamente acoplada para mencionar uns poucos exemplos. Radiação ultra-sônica é benéficamente gerada e recebida utilizando transdutores piezelétricos.

A presente invenção não deveria ser considerada como sendo limitada para as concretizações exemplificativas descritas anteriormente, e deverá ser observado por aqueles especializados no estado da técnica que um número de variações e de modificações é conceptível dentro do escopo de proteção e conceito inventivo da presente invenção como estabelecidos pelas reivindicações de patente posteriormente.

REIVINDICAÇÕES

1. Um método de identificação de localizações de um ou mais módulos (400) de um aparelho (1) implementado em um veículo (900) para monitoramento de operação de pelo menos uma roda (10) do veículo (900), referido aparelho (1) incluindo um ou mais módulos de sensor (400) operativamente montados para revolucionar com referida pelo menos uma roda (10), referidos um ou mais módulos (400) sendo operativamente acoplados em comunicação com uma disposição de processamento (710, ECU 950) de referido veículo (900), referidos um ou mais módulos (400) sendo operáveis para determinar pelo menos um parâmetro físico de referida roda (10) e para gerar pelo menos um correspondente sinal de sensor para referida disposição de processamento (950), referida disposição de processamento (70, ECU 950) sendo operável para processar referido pelo menos um sinal de sensor para computar informação indicativa de operação de referida pelo menos uma roda (10); **caracterizado pelo fato** de que referido método inclui etapas de:

- (a) comunicação com um ou mais módulos (400) de referido aparelho (1) para recepção de seus códigos de identificação (ID) em uma disposição de processamento (950) de referido aparelho (1), referidos um ou mais módulos (400) sendo montados sobre pelo menos uma roda (10) de referido veículo (900);
- (b) direção (tração) de referido veículo (900) em torno de uma trajetória encurvada como sensoriada por uma disposição de sensoriamento de dirigibilidade (direção, manobra) e registro de uma direção de dirigibilidade de referido veículo (900) juntamente com um registro temporal de referido parâmetro físico determinado por

referidos um ou mais módulos (400) juntamente com seus correspondentes códigos de identificação (ID), referido parâmetro físico pertencendo para um ou mais pneus (30) de referida pelo menos uma

- 5 e
- (c) aplicação de uma análise para referida direção de dirigibilidade e referido registro temporal levando-se em conta tempo (t) para identificar onde referidos um ou mais módulos (400) são
- 10 localizados sobre referida pelo menos uma roda (10) de referido veículo (900), referida análise utilizando uma característica de que pneus (30) sobre uma lateral externa de referida trajetória encurvada irão experimentar diferentes valores em
- 15 referido registro temporal de referido parâmetro físico do que pneus (30) sobre uma lateral interna de referida trajetória encurvada, e de que pneus (30) em direção de uma região dianteira de referido veículo (900) experimentam uma
- 20 mudança no registro temporal de referido parâmetro físico antes de, e/ou em, uma taxa mais alta do que pneus (30) em direção de uma região traseira de referido veículo (900) para uma
- 25 direção à frente de deslocamento de referido veículo (900).

2. Um método de acordo com a reivindicação 1, em que referido parâmetro físico é o de acelerações laterais (A_z) mensuradas por referidos um ou mais módulos (400), **caracterizado pelo fato** de que as etapas de método (b) e

30 (c) são como se segue:

- (b) direção (tração) de referido veículo (900) em torno de uma trajetória encurvada como sensoriada por referida disposição de sensoriamento de dirigibilidade e registro de direção de

dirigibilidade de referido veículo (900) juntamente com um registro temporal de acelerações laterais (A_z) mensuradas por referidos um ou mais módulos (400) juntamente com seus correspondentes códigos de identificação (ID); e

(c) aplicação de uma análise para referida direção de dirigibilidade e referido registro temporal levando-se em conta tempo (t) para identificar localizações com o que referidos um ou mais módulos (400) são localizados sobre referida pelo menos uma roda (10) de referido veículo (900), referida análise utilizando uma característica de que acelerômetros localizados sobre uma lateral externa de referida trajetória encurvada irão experimentar acelerações laterais maiores durante a trajetória encurvada em comparação com uma trajetória reta do que acelerômetros localizados sobre uma lateral interna de referida trajetória encurvada, e de que acelerômetros localizados em direção de uma região dianteira de referido veículo (900) experimentam um aumento em aceleração lateral temporariamente antes de acelerômetros localizados em direção de uma região traseira de referido veículo (900) para uma direção de deslocamento de referido veículo (900) à frente durante execução de referida trajetória encurvada.

3. Um método de acordo com a reivindicação 1, em que referido parâmetro físico é uma pressão mensurada no interior de cada roda, **caracterizado pelo fato** de que as etapas de método (b) e (c) são como se segue:

(b) direção (tração) do veículo em torno de uma trajetória encurvada como sensoriada por referida

disposição de sensoriamento de dirigibilidade e registro de direção de dirigibilidade do veículo juntamente com um registro temporal de pressões mensuradas pelos referidos um ou mais módulos (400) juntamente com seus correspondentes códigos de identificação (**ID**), a pressão pertencendo para um ou mais pneus (30) da pelo menos uma roda (10); e

(c) aplicação de uma análise para referida direção de dirigibilidade e referido registro temporal levando-se em conta tempo (**t**) para identificar localizações com o que referidos um ou mais módulos (400) são localizados sobre referida pelo menos uma roda (10) de referido veículo (900), referida análise utilizando uma característica de que pneus (30) sobre uma lateral externa da trajetória encurvada irão experimentar maiores aumentos de pressões do que pneus (30) sobre uma lateral interna da trajetória encurvada, e de que pneus (30) em direção de uma região dianteira do veículo (900) experimentam um aumento em pressão antes dos pneus (30) em direção de uma região traseira do veículo (900) para uma direção à frente de deslocamento de veículo (900).

4. Um método de acordo com a reivindicação 1, em que referido parâmetro físico é uma velocidade angular derivada a partir de um sinal gerado por referidos um ou mais módulos (400), **caracterizado pelo fato** de que as etapas de método (b) e (c) são como se segue:

(b) direção (tração) de referido veículo (900) em torno de uma trajetória encurvada como sensoriada por referida disposição de sensoriamento de dirigibilidade e registro de direção de dirigibilidade de referido veículo (900)

juntamente com um registro temporal de referida velocidade angular determinado a partir de um sinal gerado por referidos um ou mais módulos (400) juntamente com seus correspondentes códigos de identificação (**ID**); e

(c) aplicação de uma análise para referida direção de dirigibilidade e referido registro temporal levando-se em conta tempo (**t**) para identificar localizações com o que referidos um ou mais módulos (400) são localizados sobre referida pelo menos uma roda (10) de referido veículo (900), referida análise utilizando uma característica de que a velocidade angular de uma roda (10) localizada sobre uma lateral externa de referida trajetória encurvada irá experimentar magnitude mais alta durante a trajetória encurvada em comparação com a magnitude da velocidade angular de uma roda (10) localizada sobre uma lateral interna de referida trajetória encurvada, e de que a velocidade angular de uma roda (10) localizada em direção de uma região dianteira de referido veículo (900) experimenta um aumento em magnitude temporariamente antes de, e/ou em, uma taxa mais alta do que uma roda (10) localizada em direção de uma região traseira de referido veículo (900) para uma direção à frente de deslocamento de veículo (900) durante execução de referida trajetória encurvada.

5. Um método de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato** de que referido sinal gerado pelo módulo são componentes de sinal de aceleração na direção tangencial e/ou radial (**A_x**, **A_y**) derivados a partir de referidos um ou mais módulos (400).

6. Um método de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 até 5, caracterizado pelo fato de que referidos um ou mais módulos (400) incluem um sensor de temperatura (765) para sensoriamento de uma temperatura (T_{mod}) nos mesmos, referidos um ou mais módulos (400) sendo operáveis para comunicar um sinal indicativo de referida temperatura (T_{mod}) para referida disposição de processamento (710, ECU 950) para utilização em computação de referida informação indicativa de operação de referida pelo menos uma roda (10).

7. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 até 6, caracterizado pelo fato de que referidos um ou mais módulos (400) incluem pelo menos um de:

(a) um sensor de pressão (760) operável para sensorizar uma pressão (P) existente dentro de um pneu (30) de referida pelo menos uma roda (10), referidos um ou mais módulos (400) sendo operáveis para comunicar um sinal indicativo de referida pressão (P) para referida disposição de processamento (710, ECU 950) para utilização em computação de referida informação indicativa de operação de referida pelo menos uma roda (10);

(b) um sensor de padrão de esforço (780) para mensuração de flexão de referido pneu (30) de referida pelo menos uma roda (10), referido módulo (400) sendo operável para comunicar um sinal indicativo de referida flexão para referida disposição de processamento (710, ECU 950) para utilização em computação de referida informação indicativa de operação de referida pelo menos uma roda (10);

(c) um acelerômetro (770) para mensuração de aceleração (A_x , A_y , A_z) em pelo menos um eixo geométrico em uma localização de montagem (L1,

L2, L3, L4) de referidos um ou mais módulos **(400)** sobre referida pelo menos uma roda **(10)**, referidos um ou mais módulos **(400)** sendo operáveis para comunicar um sinal indicativo de referida aceleração **(A_x, A_y, A_z)** para referida disposição de processamento **(710, ECU 950)** para utilização em computação de referida informação indicativa de operação de referida pelo menos uma roda **(10)**; e

(d) um sensor magnético **(775)** para mensuração de um campo magnético aplicado para referidos um ou mais módulos **(400)** sendo operáveis para comunicar um sinal indicativo de referido campo magnético aplicado para referida disposição de processamento **(710, ECU 950)** para utilização em operação de controle de referido aparelho **(1)**.

8. Um método de acordo com a reivindicação **7**, **caracterizado pelo fato** de que referido acelerômetro **(770)** é um acelerômetro de eixo geométrico múltiplo operável para mensurar componentes de aceleração **(A_x, A_y, A_z)** em pelo menos um de eixo geométrico radial, tangencial e transversal levando-se em conta rotações de referida pelo menos uma roda **(10)**.

9. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referidos um ou mais módulos **(400)** são montados em uma ou mais localizações **(L1, L2, L3, L4)** em referida pelo menos uma roda **(10)**, referida uma ou mais localizações incluindo:

(a) sobre um cubo de roda **(20)** de referida pelo menos uma roda **(10)** substancialmente em um eixo geométrico **(B-B)** de rotação de referida pelo menos uma roda **(10)**;

(b) sobre um cubo de roda **(20)** de referida pelo menos uma roda **(10)** em uma distância radial a partir de

referido eixo geométrico de rotação **(B-B)** de referida pelo menos uma roda **(10)**;

(c) dentro de um pneu **(30)** de referida pelo menos uma roda **(10)** para sensoramento de uma pressão **(P)** dentro de referido pneu **(30)**, referido pelo menos um módulo **(400)** sendo montado para uma superfície periférica **(90)** de um cubo de roda **(20)** de referida pelo menos uma roda **(10)**;

(d) dentro de um pneu **(30)** de referida pelo menos uma roda **(10)** para sensoramento de uma pressão **(P)** dentro de referido pneu **(30)**, referidos um ou mais módulos **(400)** sendo montados para uma superfície de parede lateral interna **(230)** de referido pneu **(30)** para mensuração de características de flexão de referida parede lateral **(230)**; e

(e) sobre uma superfície interna de um aro periférico de referida pelo menos uma roda **(10)** para mensuração de aceleração na mesma.

10. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referidos um ou mais módulos **(400)** incluem pelo menos uma interface sem fio **(730)** para comunicação entre referidos um ou mais módulos **(400)** e referida disposição de processamento **(ECU 950)**, referidos um ou mais módulos **(400)** formando uma rede sem fio em que determinados de referidos um ou mais módulos **(400)** são operáveis para funcionar como um ou mais nódulos de relé (relay) para transporte de troca de sinal entre referida disposição de processamento **(ECU 950)** e outro de referidos um ou mais módulos **(400)**.

11. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referidos um ou mais módulos **(400)** são cada um proporcionados com um correspondente código de

identificação (**ID**) para comunicação para referida disposição de processamento (**ECU 950**) de maneira que referida disposição de processamento (**ECU 950**) tem capacidade de reconhecer a partir de qual módulo (**400**) correspondente dado de sinal foi enviado.

12. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referidos um ou mais módulos (**400**) são radialmente distribuídos em torno de referida pelo menos uma roda (**10**) para sensoramento de operação de referida pelo menos uma roda (**10**) em uma pluralidade de localizações angulares em torno da mesma.

13. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que inclui uma etapa de apresentação de informação para um motorista (**910**) de referido veículo (**900**) em um mostrador (*display*) (**915**) acoplado em comunicação com referida disposição de processamento (**ECU 950**), referida informação indicando pelo menos um de:

- (a) um estado (*status*) de operação de referidos um ou mais módulos (**400**);
- (b) uma condição de referida pelo menos uma roda (**10**);
- (c) uma ou mais falhas ou falhas em potencial associadas com referida pelo menos uma roda (**10**);
- (d) informação levando-se em consideração uma ou mais ações a serem tomadas por um motorista (**910**) de referido veículo (**900**) em um evento de uma ou mais falhas ou falhas em potencial associadas com referida pelo menos uma roda (**10**) sendo identificada; e
- (e) uma indicação de se houve modificação ou não em referida pelo menos uma roda (**10**) de referido veículo (**900**).

14. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que inclui a etapa de provisão de referida disposição de processamento (**ECU 950**) com uma interface sem fio (**960**) para comunicação com uma facilidade de serviço (**1000, 1010, 2000, 2010**) remota a partir de referido veículo (**900**), referida disposição de processamento (**ECU 950**) sendo operável para comunicar informação indicativa de funcionalidade de referida pelo menos uma roda (**10**), referida informação sendo indicativa de uma ou mais falhas ou falhas em potencial associadas com referida pelo menos uma roda (**10**) como computadas a partir de sinais proporcionados a partir de um ou mais módulos (**400**), e para recepção de instruções a partir de referida facilidade de serviço (**1000, 1010, 2000, 2010**) levando-se em consideração ações para solucionar referidas uma ou mais falhas ou falhas em potencial.

15. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referido pelo menos um parâmetro físico inclui pelo menos um de:

- (a) uma pressão (**P**) dentro de um pneu (**30**) de referida pelo menos uma roda (**10**) como mensurada em referidos um ou mais módulos (**400**);
- (b) uma aceleração (A_x , A_y , A_z) como mensurada substancialmente em referidos um ou mais módulos (**400**);

em que referida disposição de processamento (**710, ECU 950**) é operável para aplicar uma análise de harmônicos para sinais correspondendo para referida pressão (**P**) e/ou referida aceleração (A_x , A_y , A_z), referida análise de harmônicos sendo operável para identificar componentes de harmônicos levando-se em conta frequência angular (ω) correspondendo para uma taxa temporal de mudança de

referida orientação angular aceleração (θ) de referida pelo menos uma roda (10).

16. Um método de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado pelo fato** de que referida análise de harmônicos faz aplicação de computação para pelo menos um de:

- (a) magnitudes dos componentes de harmônicos; e
- (b) relações de fase relativas entre os componentes de harmônicos.

17. Um método de acordo com as reivindicações 15, 16 ou 17, **caracterizado pelo fato** de que referida disposição de processamento (710, ECU 950) é operável para desempenhar referida análise de harmônicos de referidos componentes de harmônicos por aplicação:

- (a) de um algoritmo fundamentado em regra para identificação de uma ou mais falhas ou falhas em potencial a partir dos componentes de harmônicos;
- (b) de uma rede neural pré-programada para identificação de uma ou mais falhas ou falhas em potencial quando apresentadas com dado descrevendo referidos componentes de harmônicos; e/ou
- (c) de um filtro de harmônicos para demonstração de uma combinação específica de um ou mais componentes de harmônicos que são indicativos de uma ou mais falhas ou falhas em potencial com referida pelo menos uma roda (10).

18. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referida disposição de processamento (ECU 950) é operável para enviar uma mensagem requerendo que referidos um ou mais módulos (400) venham a responder de volta para referida disposição de processamento (ECU 950) para declaração de seus correspondentes códigos de identificação

(ID) para referida disposição de processamento (ECU 950) para possibilitar que referida disposição de processamento (ECU 950) venha a identificar suas configurações de referidos um ou mais módulos (400), e para identificação de quaisquer mudanças em referidas configurações de referidos um ou mais módulos (400) que venham a ocorrer.

19. Um aparelho de monitoramento de roda (1) implementado em um veículo (900) para monitoramento de operação de pelo menos uma roda (10) do veículo (900), referido aparelho (1) incluindo um ou mais módulos de sensor (400) operativamente montados para revolucionar com referida pelo menos uma roda (10), referidos um ou mais módulos (400) sendo operativamente acoplados em comunicação com uma disposição de processamento (710, ECU 950) de referido veículo (900), referidos um ou mais módulos (400) sendo operáveis para determinar pelo menos um parâmetro físico de referida roda (10) e para gerar pelo menos um correspondente sinal de sensor para referida disposição de processamento (950), referida disposição de processamento (710, ECU 950) sendo operável para processar referido pelo menos um sinal de sensor para computar informação indicativa de operação de referida pelo menos uma roda (10); **caracterizado pelo fato** de que referido aparelho é disposto para:

- (a) possibilitar comunicação entre um ou mais módulos (400) de referido aparelho (1) para recepção de seus códigos de identificação (ID) em uma disposição de processamento (950) de referido aparelho (1), referidos um ou mais módulos (400) sendo montados sobre pelo menos uma roda (10) de referido veículo (900);
- (b) sensorizar, por uma disposição de sensoriamento de dirigibilidade (direção, manobra), tração de referido veículo (900) em torno de uma trajetória

encurvada e registro de uma direção de dirigibilidade de referido veículo **(900)** juntamente com um registro temporal de referido parâmetro físico determinado por referidos um ou mais módulos **(400)** juntamente com seus correspondentes códigos de identificação **(ID)**, referido parâmetro físico pertencendo para um ou mais pneus **(30)** de referida pelo menos uma roda **(10)**; e

(c) aplicação de uma análise para referida direção de dirigibilidade e referido registro temporal levando-se em conta tempo **(t)** para identificar onde referidos um ou mais módulos **(400)** são localizados sobre referida pelo menos uma roda **(10)** de referido veículo **(900)**, referida análise utilizando uma característica de que pneus **(30)** sobre uma lateral externa de referida trajetória encurvada irão experimentar diferentes valores em referido registro temporal de referido parâmetro físico do que pneus **(30)** sobre uma lateral interna de referida trajetória encurvada, e de que pneus **(30)** em direção de uma região dianteira de referido veículo **(900)** experimentam uma mudança no registro temporal de referido parâmetro físico antes de, e/ou em, uma taxa mais alta do que pneus **(30)** em direção de uma região traseira de referido veículo **(900)** para uma direção à frente de deslocamento de referido veículo **(900)**;

operáveis para executar um método conforme definido em qualquer uma das reivindicações precedentes.

20. Um aparelho de monitoramento de roda **(1)** de acordo com a reivindicação **19**, **caracterizado pelo fato** de que referido aparelho de monitoramento de roda **(1)**

adicionalmente é disposto para desempenhar as etapas de método conforme definido em qualquer das reivindicações 2 - 18.

21. Um veículo, **caracterizado pelo fato** de que inclui um aparelho de monitoramento de roda (1) conforme definido nas reivindicações 19 ou 20.

22. Um sistema incluindo um ou mais veículos (900), em que cada veículo (900) inclui um aparelho de monitoramento de roda (1) operável para executar um método conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 até 18, **caracterizado pelo fato** de que referido sistema compreende:

(a) um centro de controle (1000) para coordenação de reparo ou manutenção de referidos um ou mais veículos (900);

(b) uma ou mais facilidades de serviço (1010) operáveis para desempenhar reparo ou reposição (substituição) sobre referidos um ou mais veículos (900);

em que referido sistema é operável para:

(c) possibilitar que cada aparelho de monitoramento de roda (1) venha a monitorar operação de sua uma ou mais rodas associadas (10) e detectar quando um problema ou problema em potencial aparece com a/s mesma/s;

(d) possibilitar que cada aparelho de monitoramento de roda (1) venha a comunicar referido problema ou problema em potencial para referido centro de controle (1000), para referido centro de controle (1000) para identificar uma ou mais facilidades de serviço (1010) que têm capacidade de solucionar referido problema ou problema em potencial; e

(e) possibilitar que referido centro de controle

(1000) venha a comunicar instruções para referidos um ou mais veículos (900) cujo aparelho de monitoramento de roda (1) tenha detectado um problema ou problema em potencial para referidas uma ou mais facilidades de serviço identificadas (1010) para que referido problema ou problema em potencial venha a ser solucionado.

23. Um sistema de acordo com a reivindicação 22, **caracterizado pelo fato** de que referido sistema em (e) anteriormente é operável para informar referidas uma ou mais facilidades de serviço identificadas (1010) adiantadamente à chegada de referidos um ou mais veículos (900) para manutenção ou reparo, de maneira que referidas uma ou mais facilidades de serviço identificadas (1010) são proporcionadas com uma oportunidade para fazer preparação para chegada de referidos um ou mais veículos (900) para manutenção ou reparo.

24. Um sistema de acordo com as reivindicações 22 ou 23, **caracterizado pelo fato** de que referido centro de controle (1000) é operável para organizar referida manutenção ou reparo em referidas uma ou mais facilidades de serviço identificadas (1010) automaticamente sem que um ou mais motoristas (910) de referidos um ou mais veículos (900) tenham necessidade de intervir.

25. Um sistema de acordo com as reivindicações 22, 23 ou 24, **caracterizado pelo fato** de que referidos um ou mais veículos (900) incluem aparelho de sensoriamento de posição global (1020) sobre os mesmos acoplados em comunicação com referido aparelho de monitoramento de roda (1) para possibilitar que referidos um ou mais veículos (900) venham a comunicar suas posições para referido centro de controle (1000), de maneira que referido centro de controle (1000) é operável para identificar uma ou mais facilidades de serviço (1010) as mais adequadamente geograficamente

dispostas para serviço de referidos um ou mais veículos (900).

26. Um método de operação de um sistema incluindo um ou mais veículos (900), em que cada veículo (900) inclui um
5 aparelho de monitoramento de roda (1) operável para implementar um método conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 até 18, **caracterizado pelo fato** de que referido sistema compreende:

10 (a) um centro de controle (1000) para coordenação de reparo ou manutenção de referidos um ou mais veículos (900);

15 (b) uma ou mais facilidades de serviço (1010) operáveis para desempenhar reparo ou reposição (substituição) sobre referidos um ou mais veículos (900);

em que referido método inclui as etapas de:

20 (c) possibilitar que cada aparelho de monitoramento de roda (1) venha a monitorar operação de suas uma ou mais rodas associadas (10) e detectar quando um problema ou problema em potencial aparece com a/s mesma/s;

25 (d) possibilitar que cada aparelho de monitoramento de roda (1) venha a comunicar referido problema ou problema em potencial para referido centro de controle (1000), para referido centro de controle (1000) para identificar uma ou mais facilidades de serviço (1010) que têm capacidade de solucionar referido problema ou problema em potencial; e

30 (e) possibilitar que referido centro de controle (1000) venha a comunicar instruções para referidos um ou mais veículos (900) cujo aparelho de monitoramento de roda (1) tenha detectado um problema ou problema em potencial para referidas

uma ou mais facilidades de serviço identificadas
(1010) para que referido problema ou problema em
potencial venha a ser solucionado.

5 **27.** Um produto de *software* gravado (registrado) sobre
um suporte de dados, **caracterizado pelo fato** de que
referido produto de *software* gravado é executável sobre
hardware de computação para execução de um método conforme
definido em qualquer uma das reivindicações **1 até 18**.

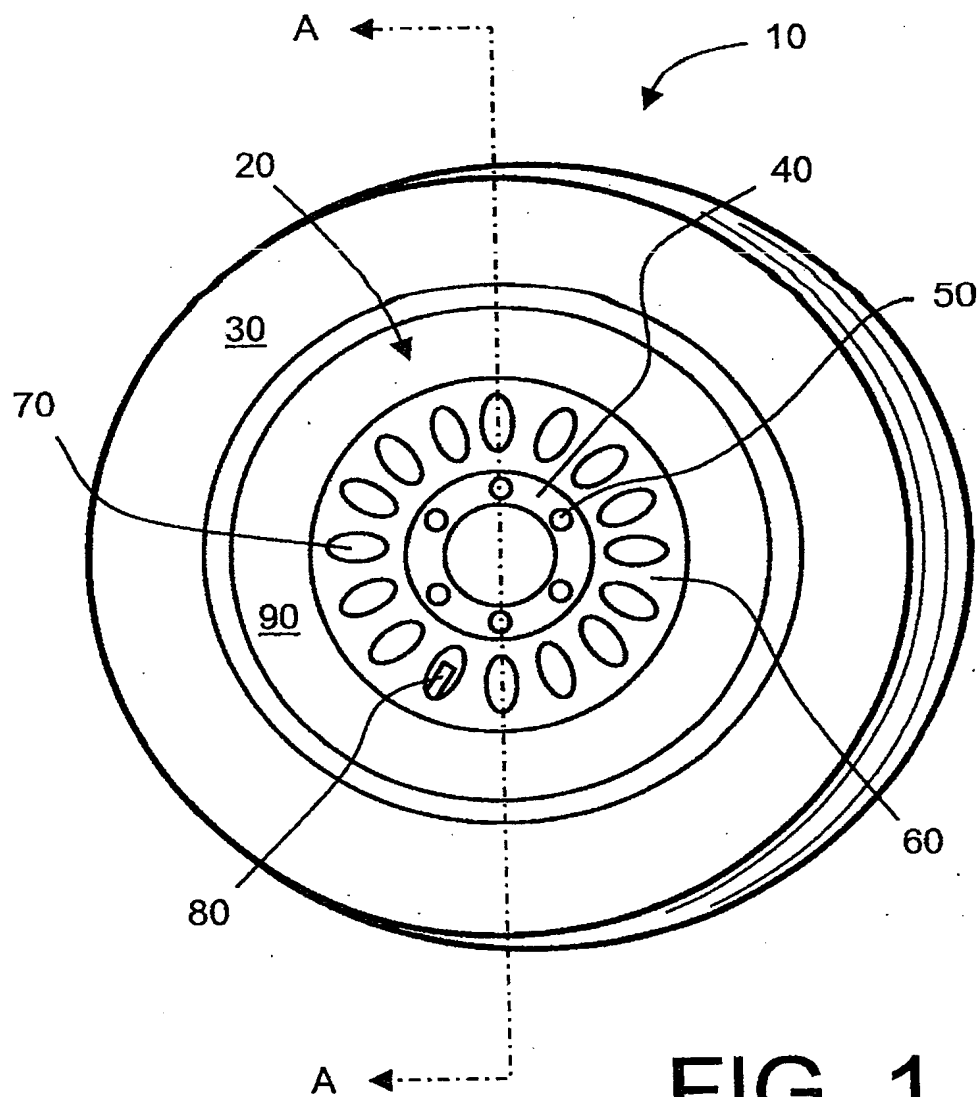


FIG. 1

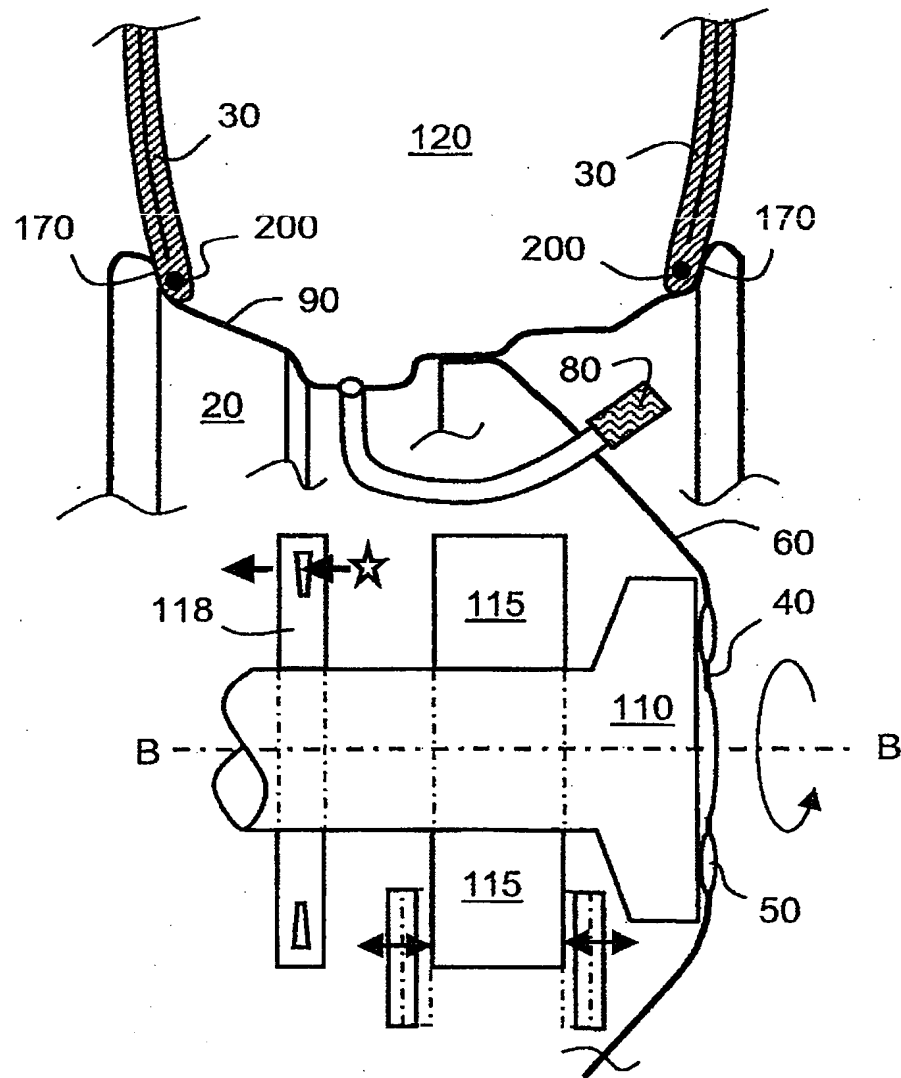


FIG. 2

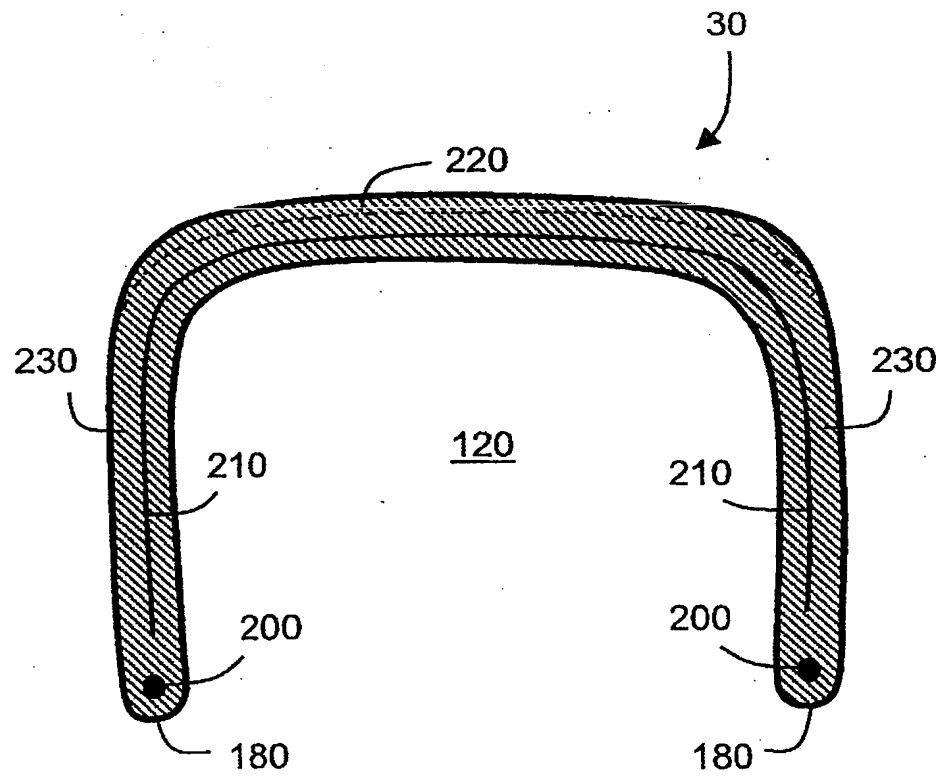


FIG. 3

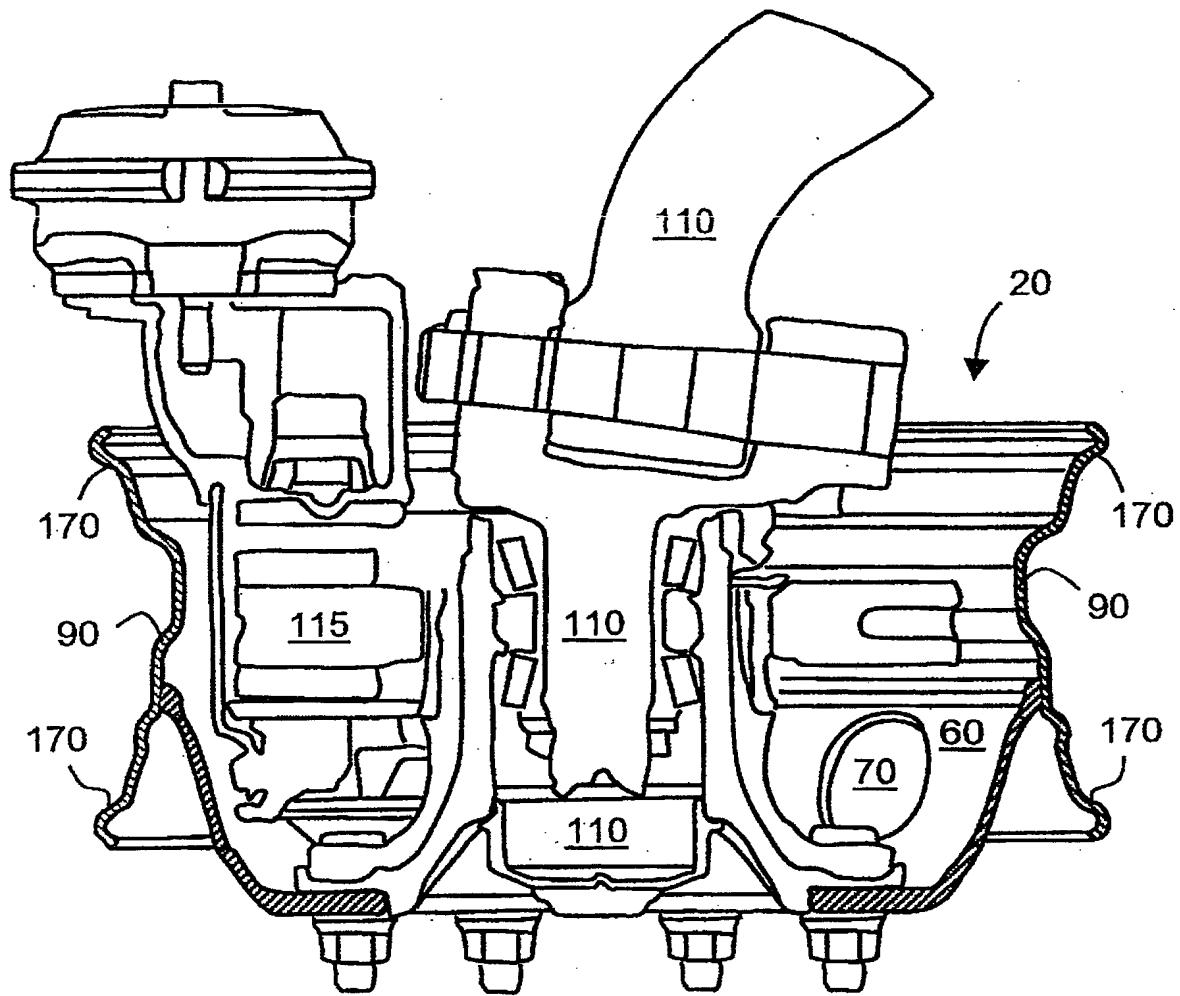


FIG. 4

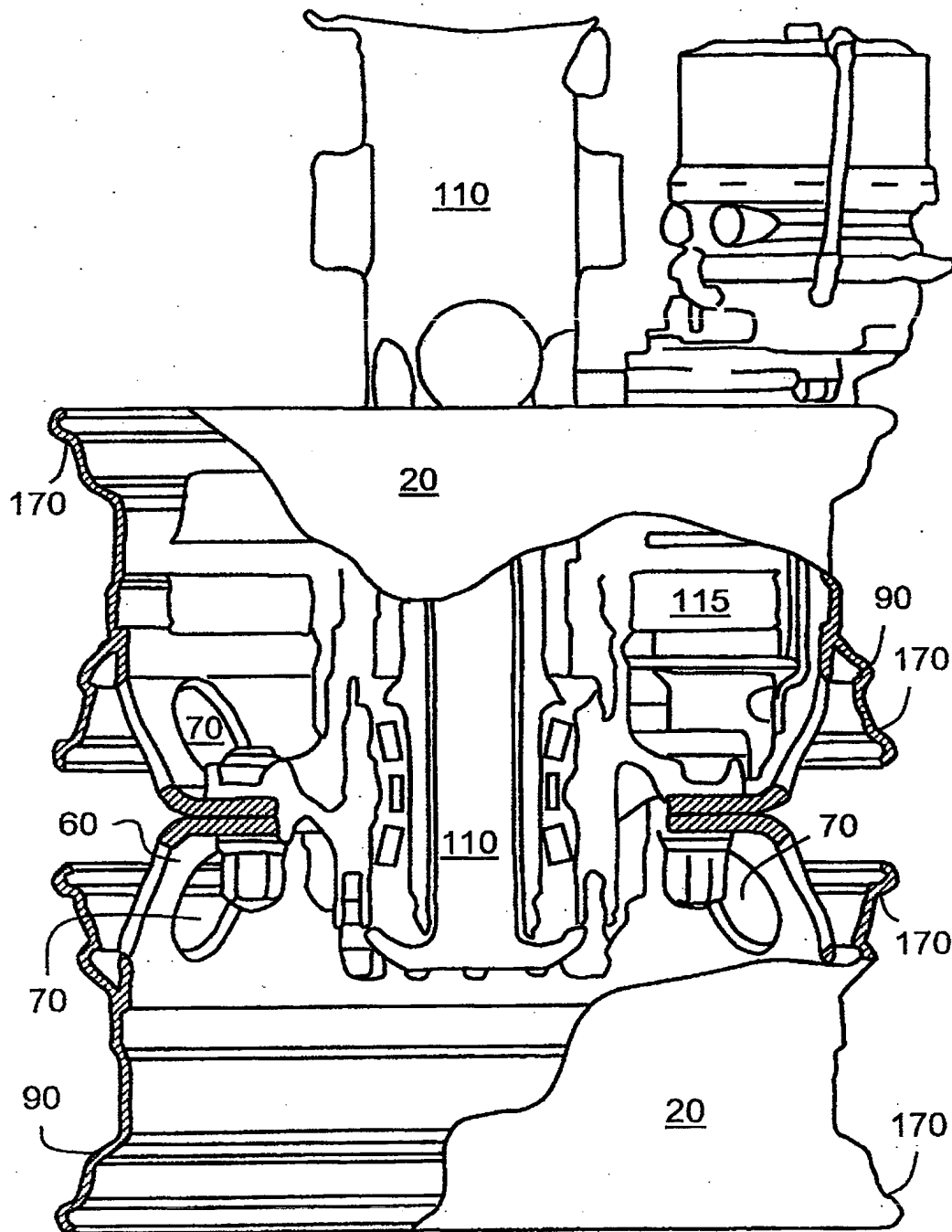


FIG. 5

6/22

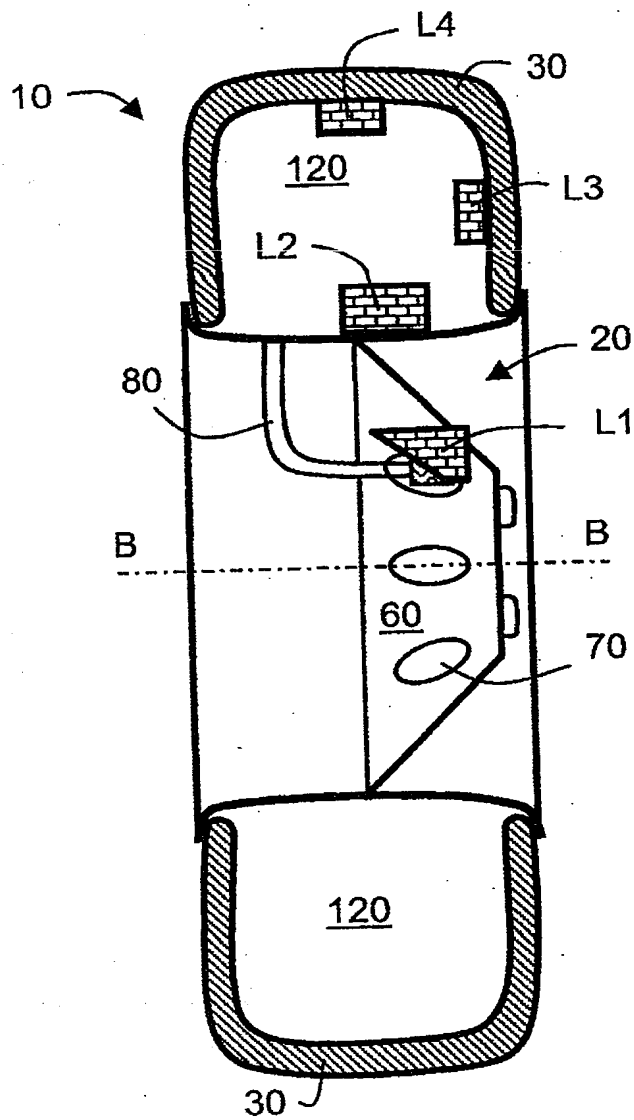


FIG. 6

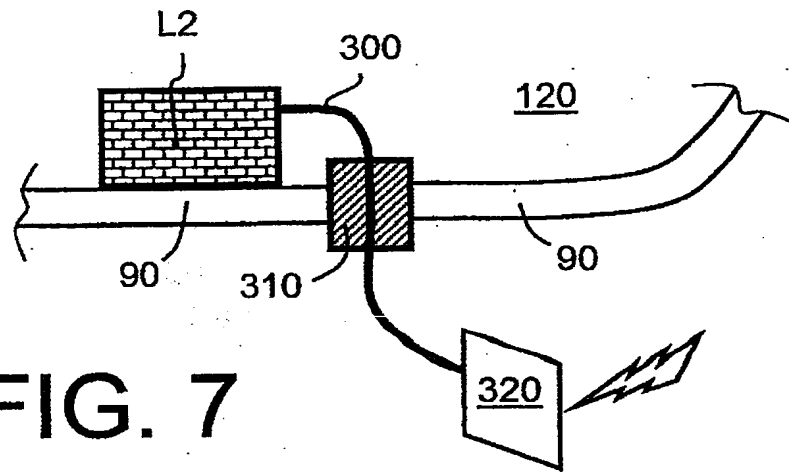


FIG. 7

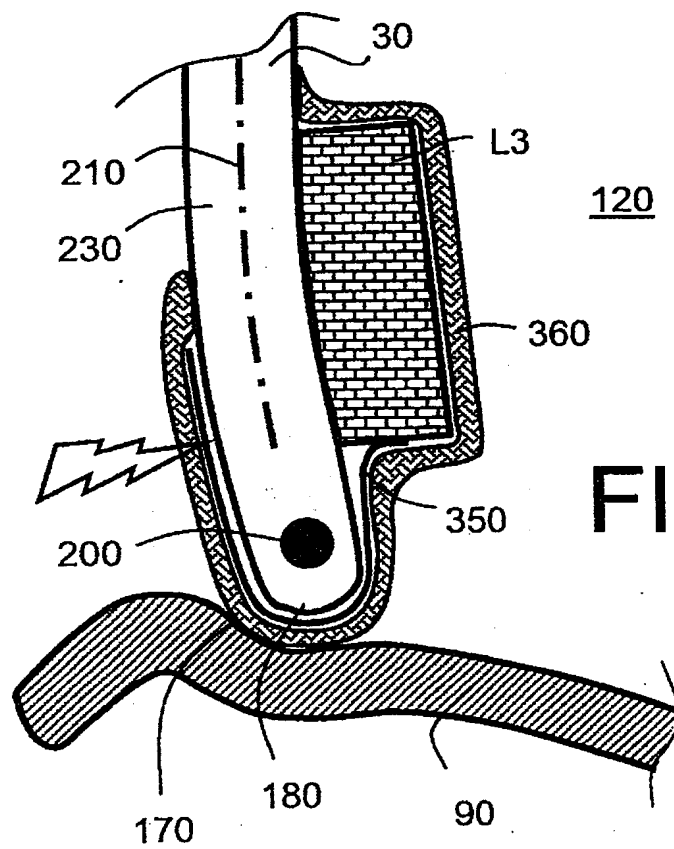


FIG. 8

8/22

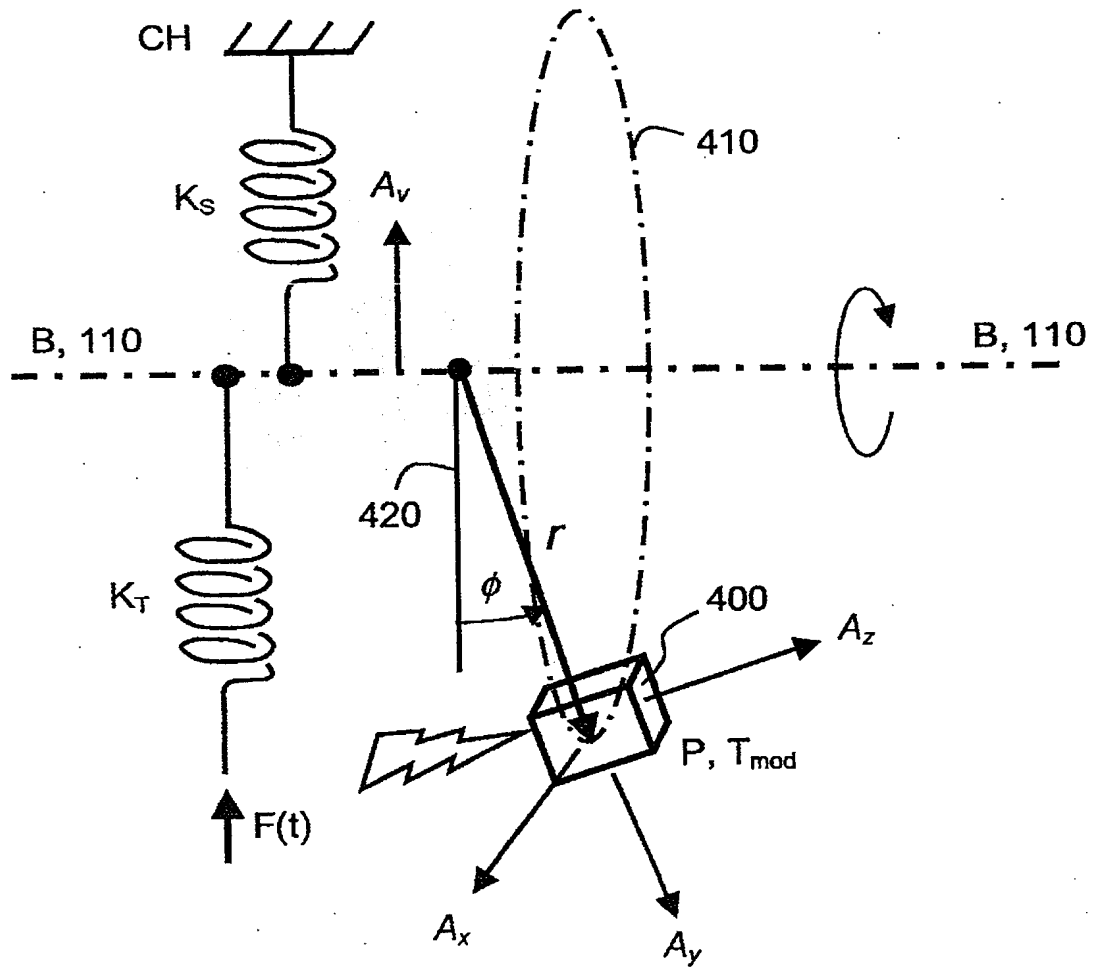


FIG. 9

9/22

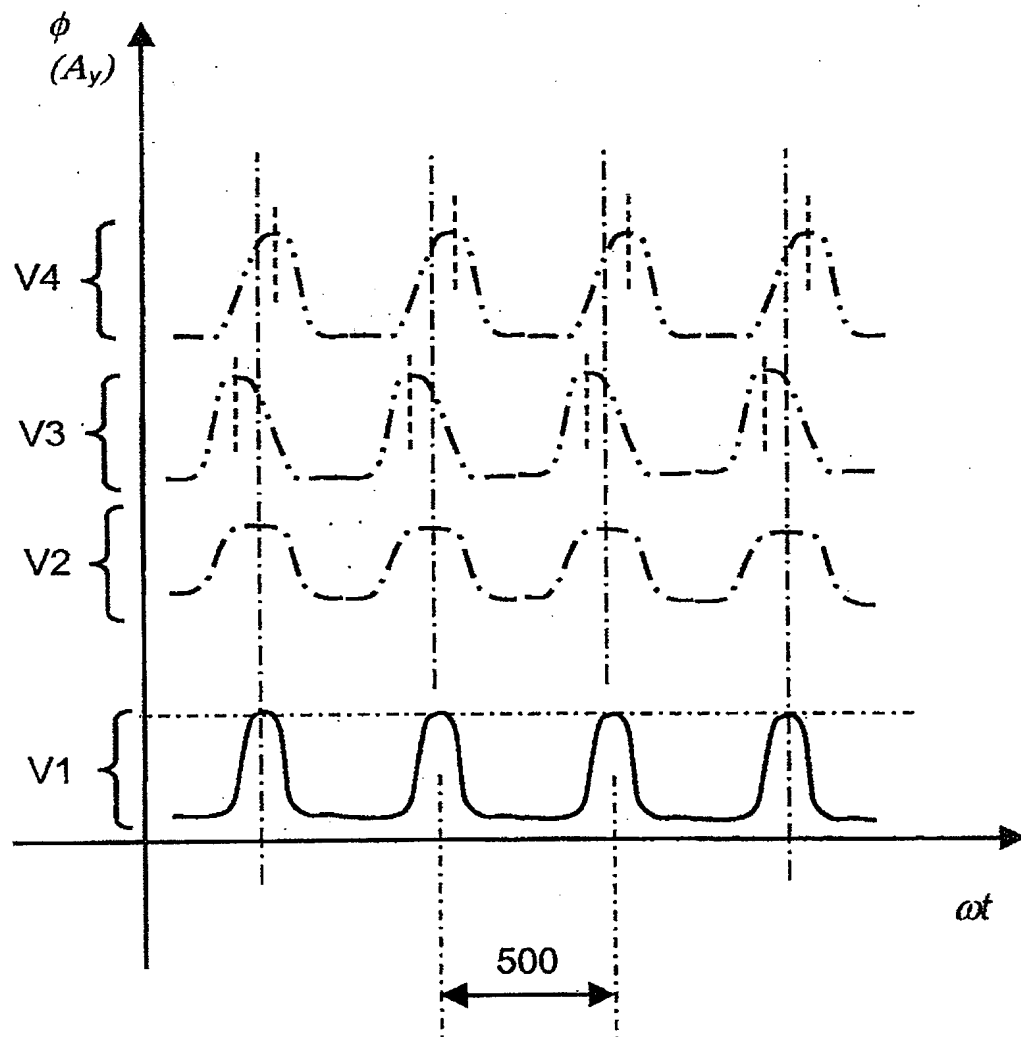


FIG. 10

10/22

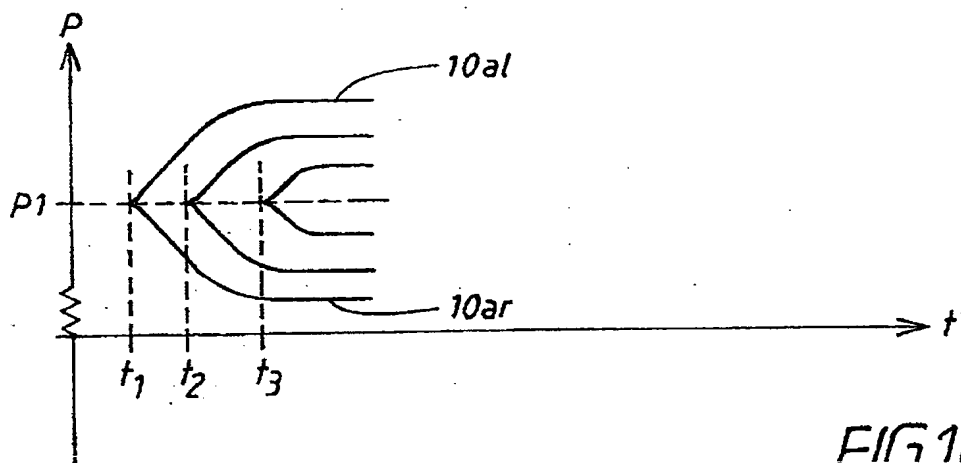


FIG. 10a

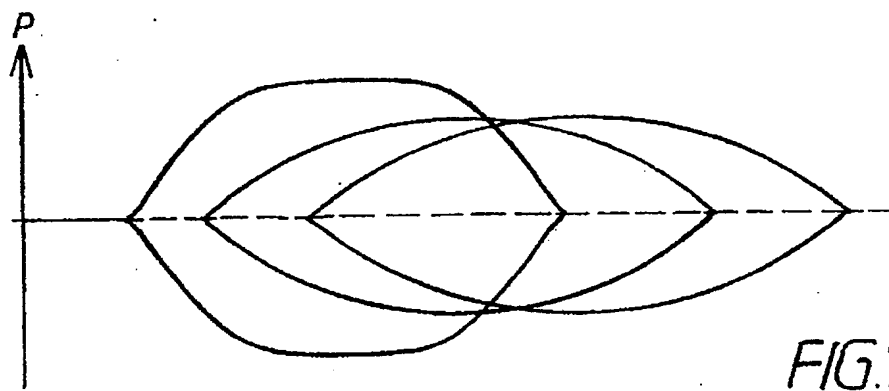


FIG. 10b

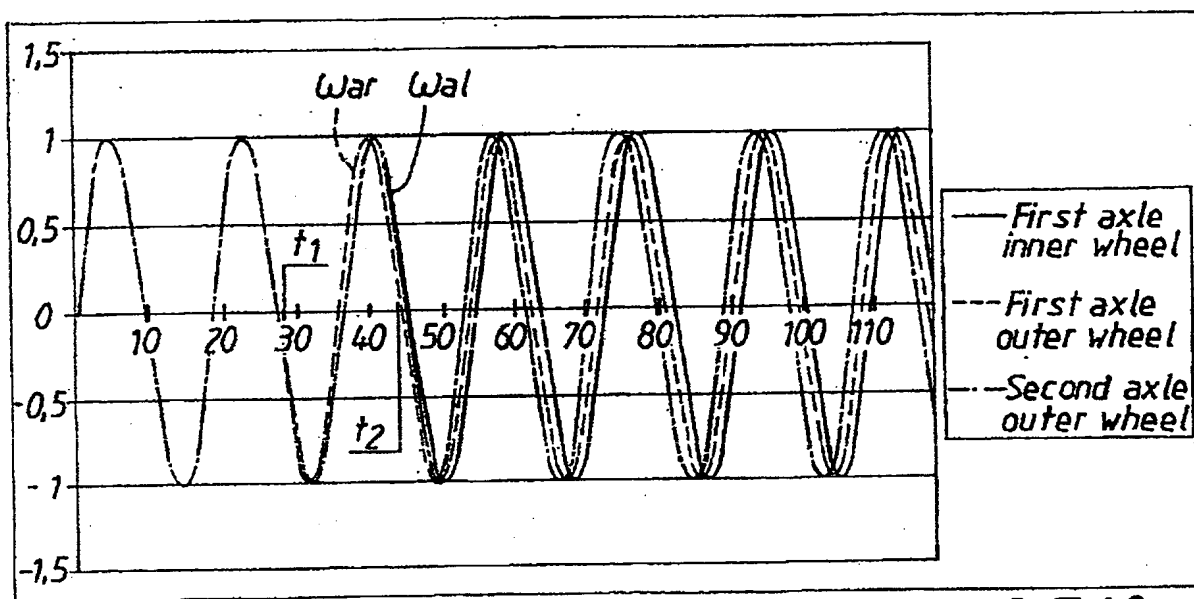
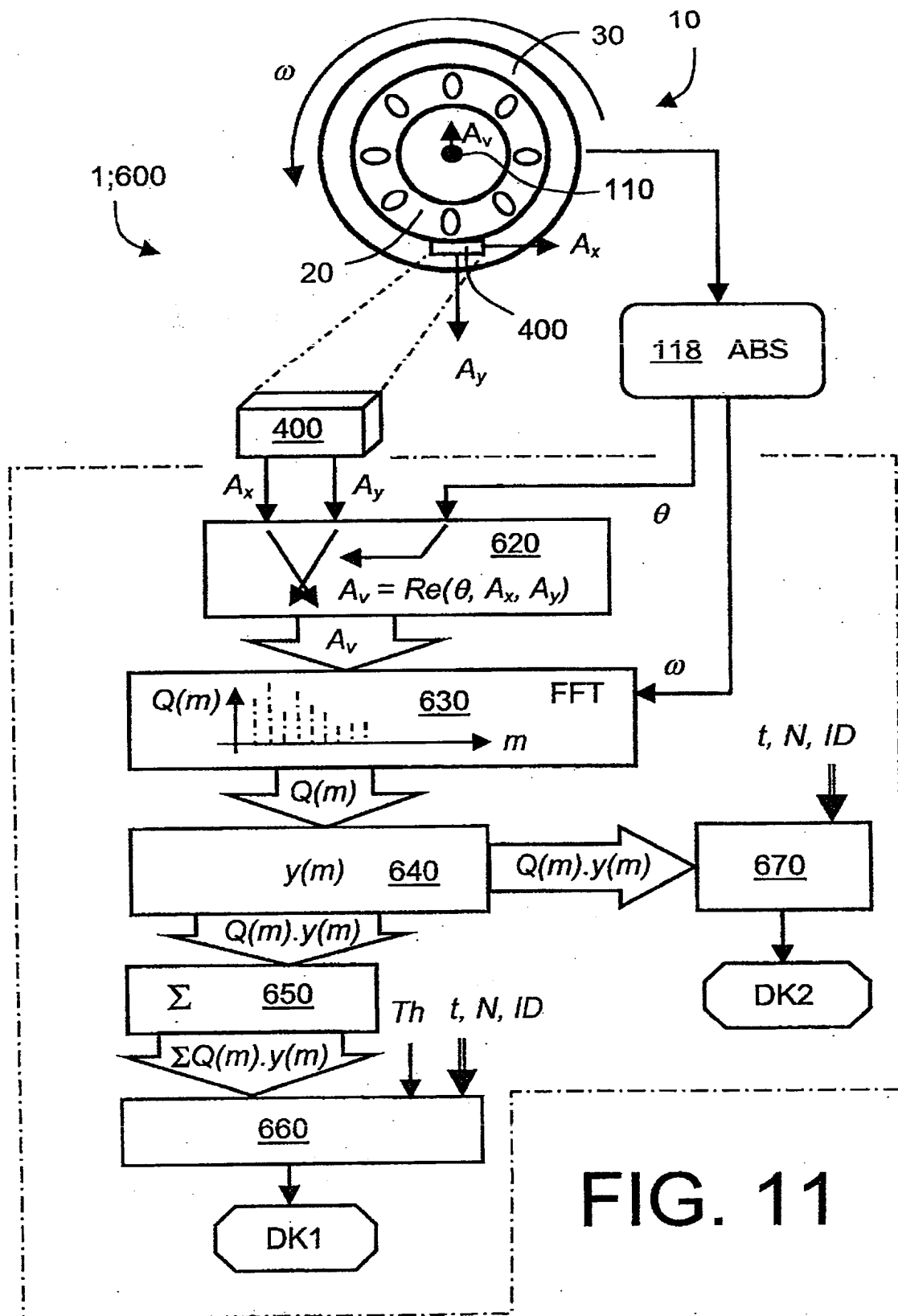


FIG. 10c



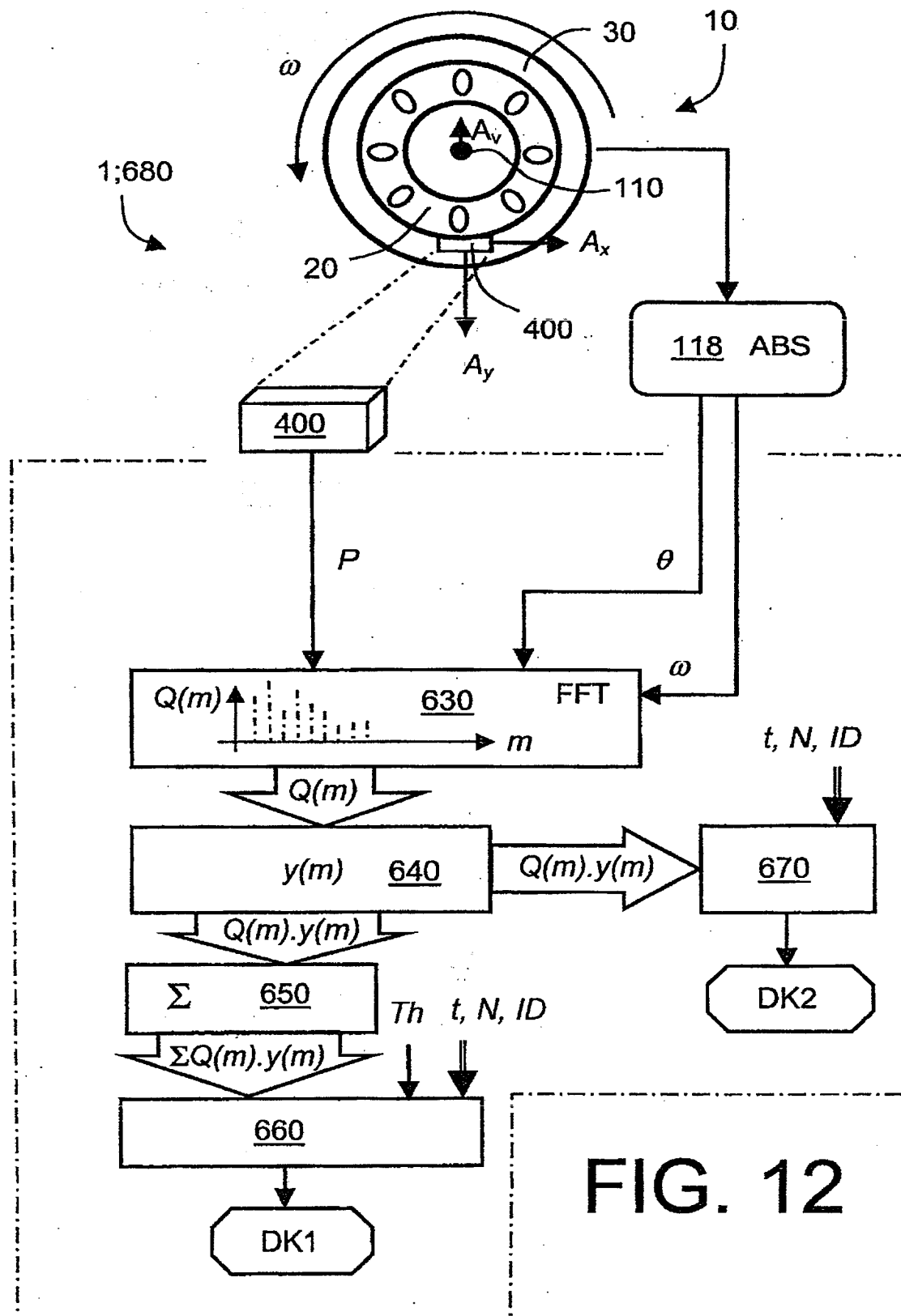
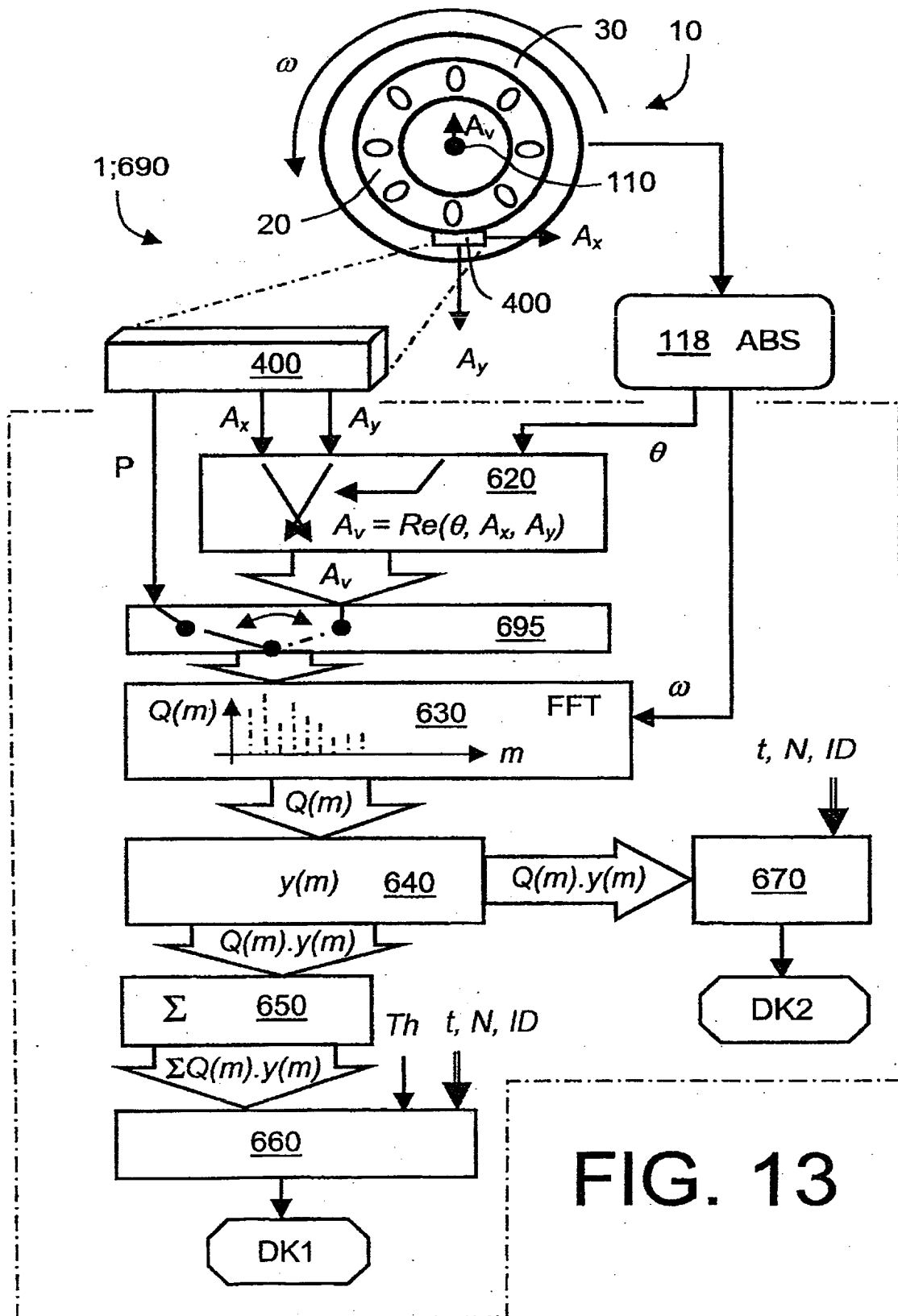


FIG. 12



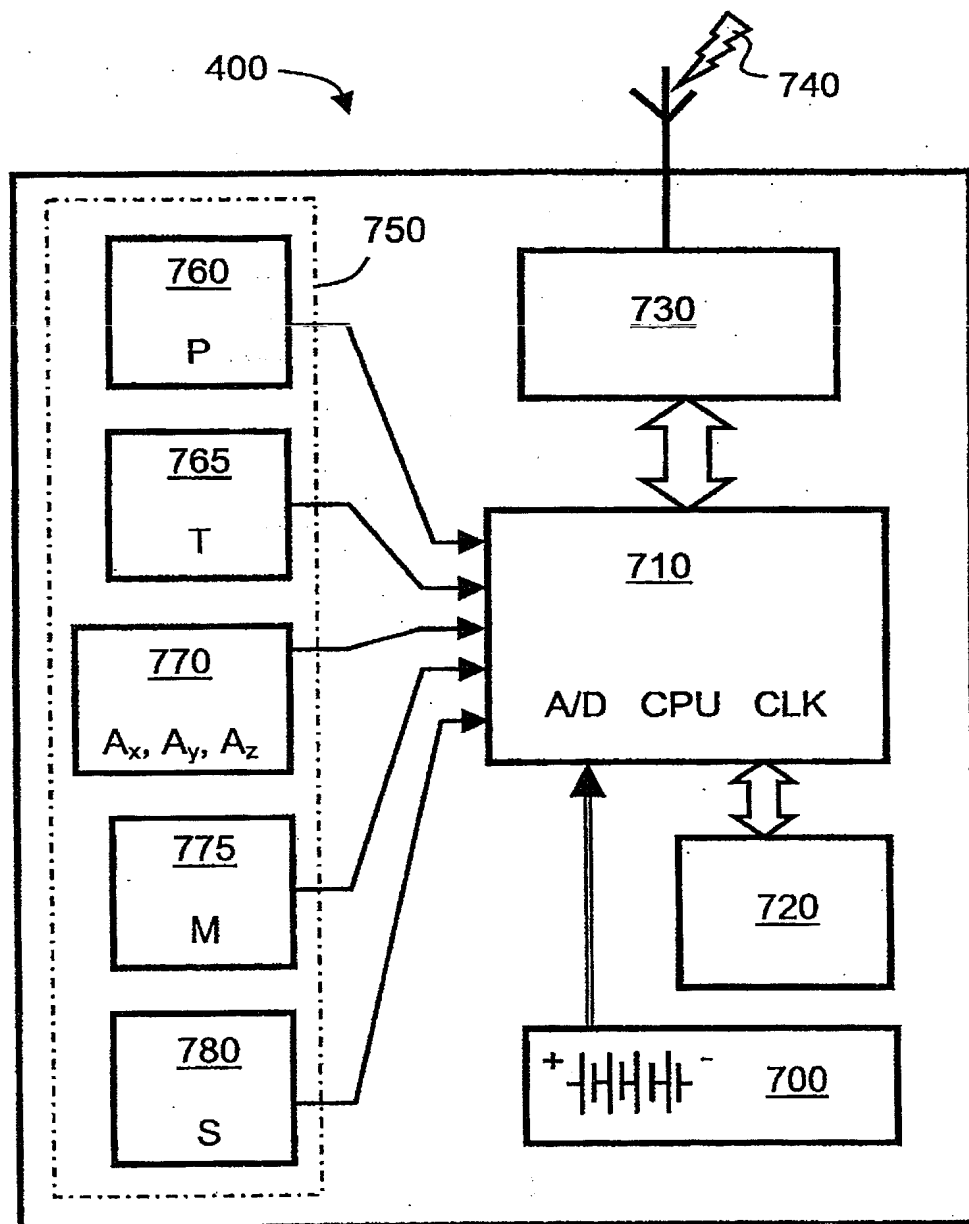
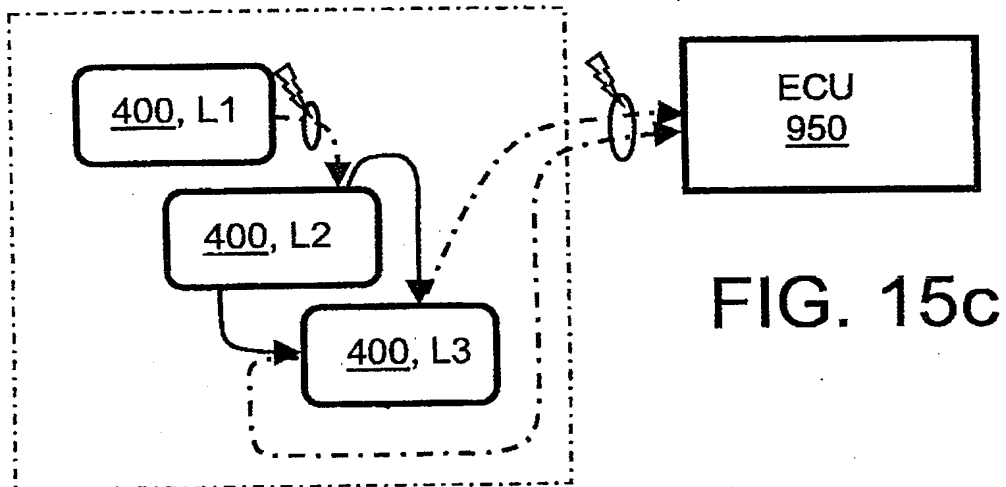
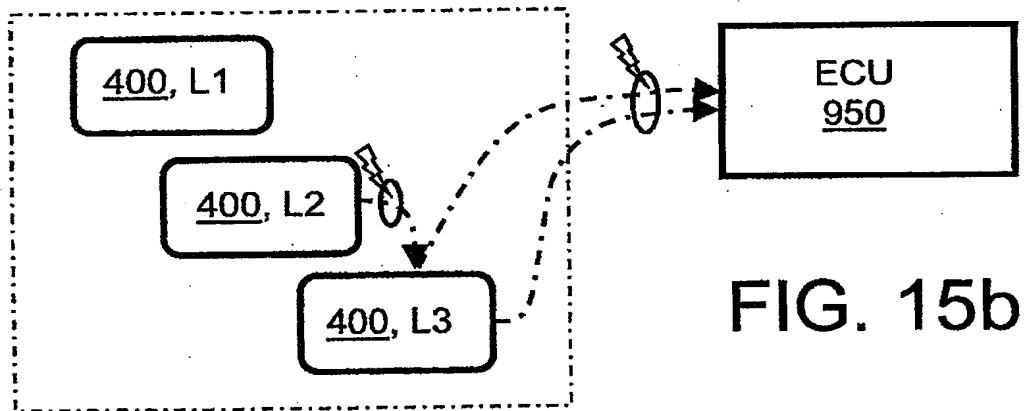
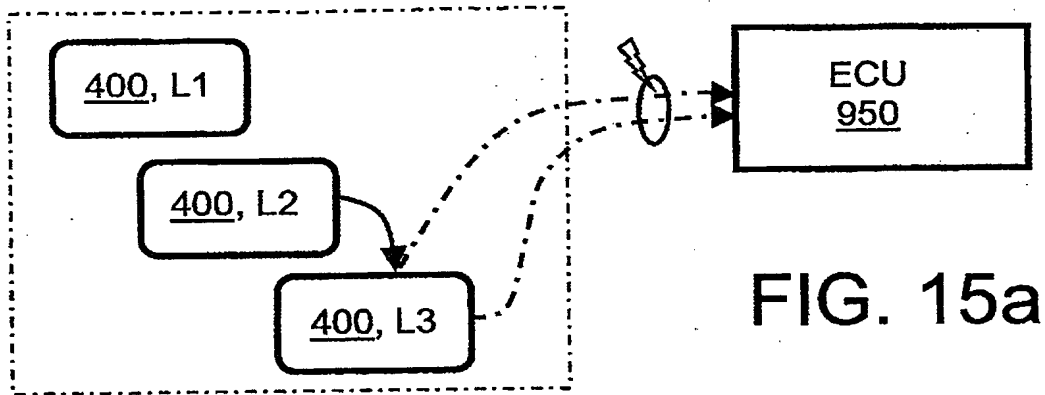
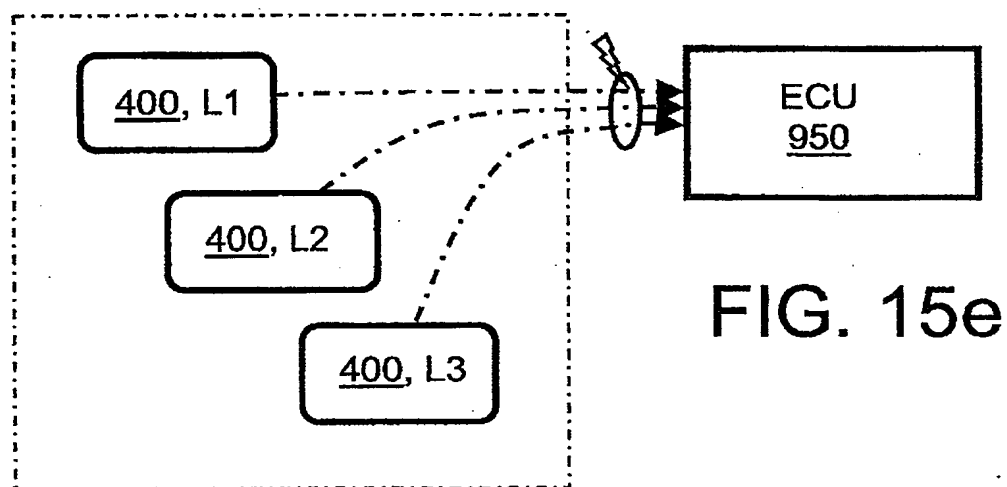
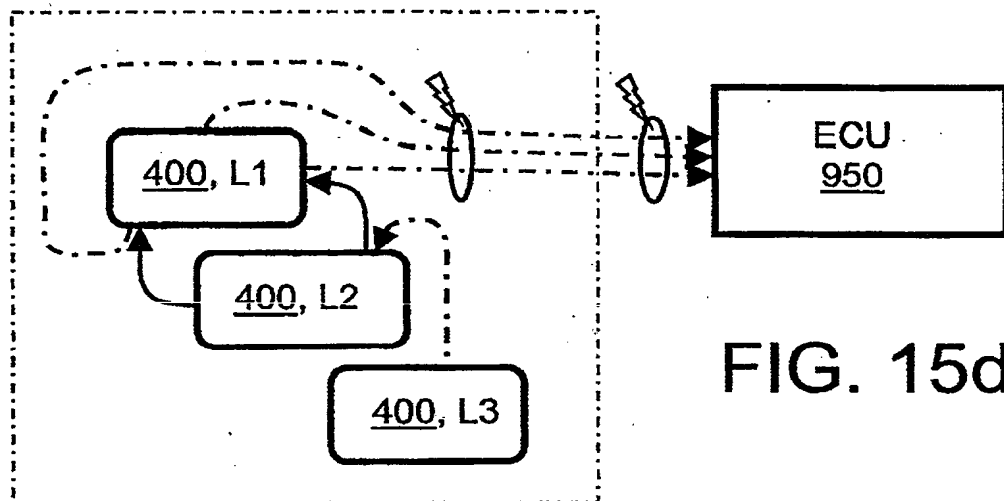


FIG. 14





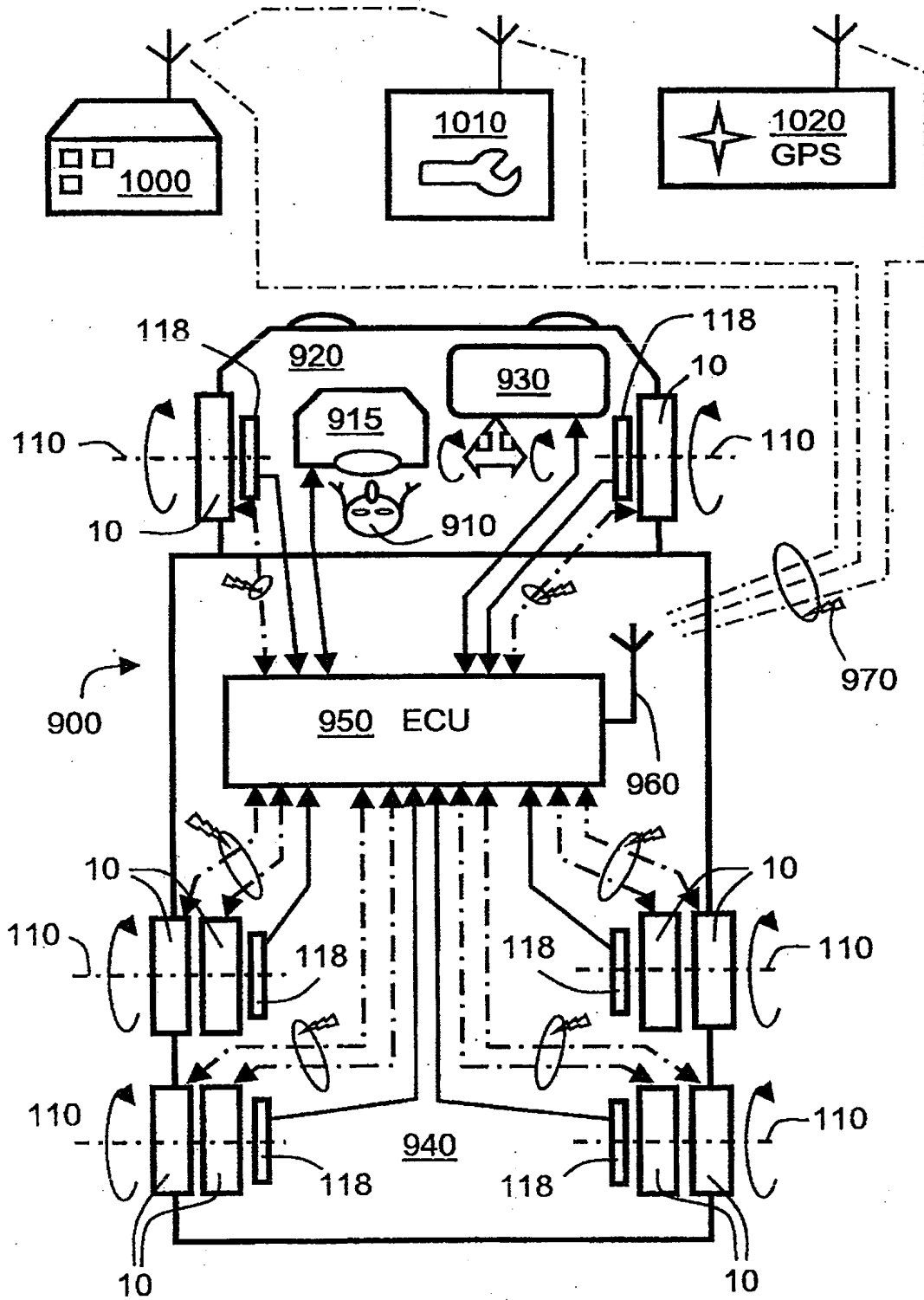
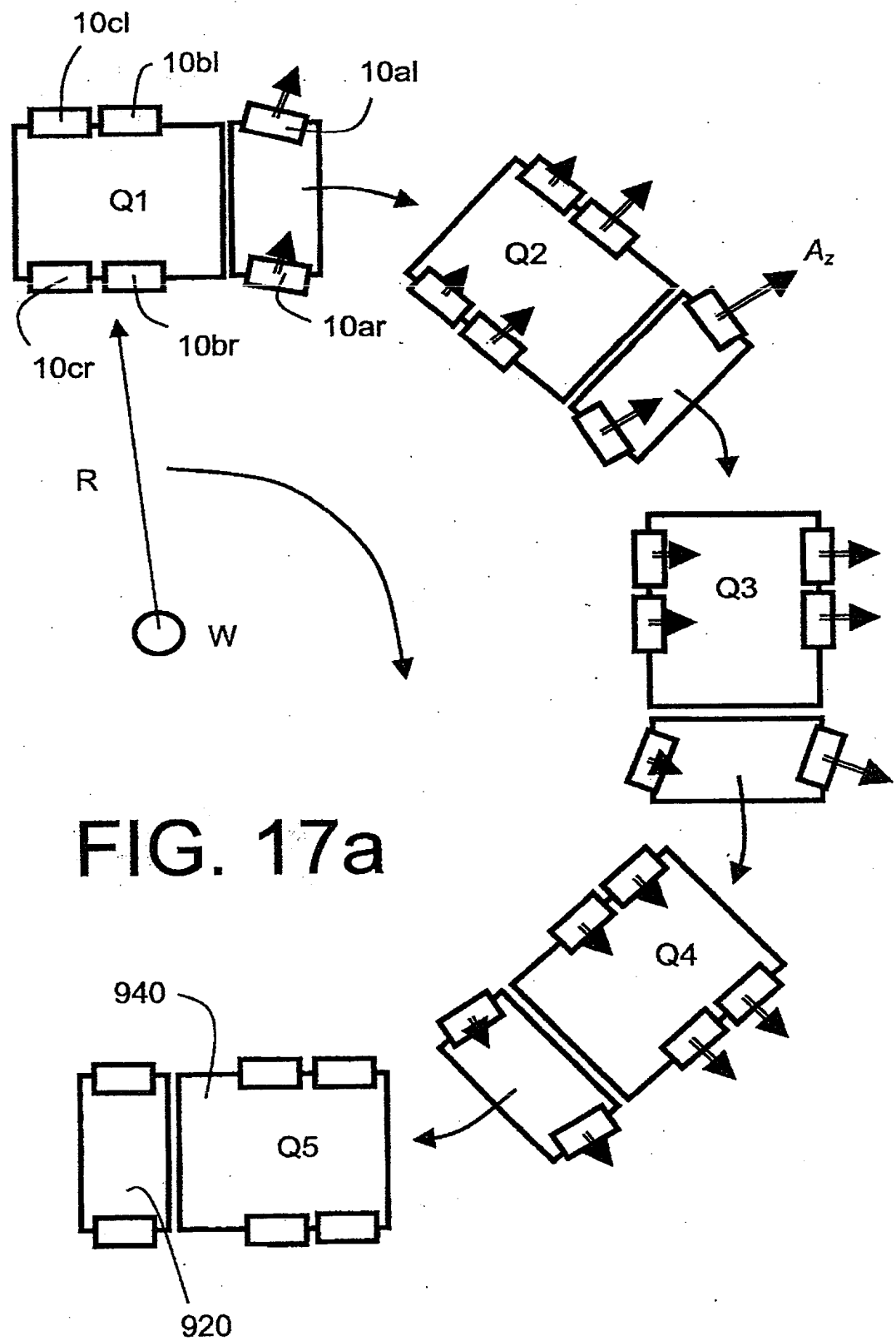


FIG. 16



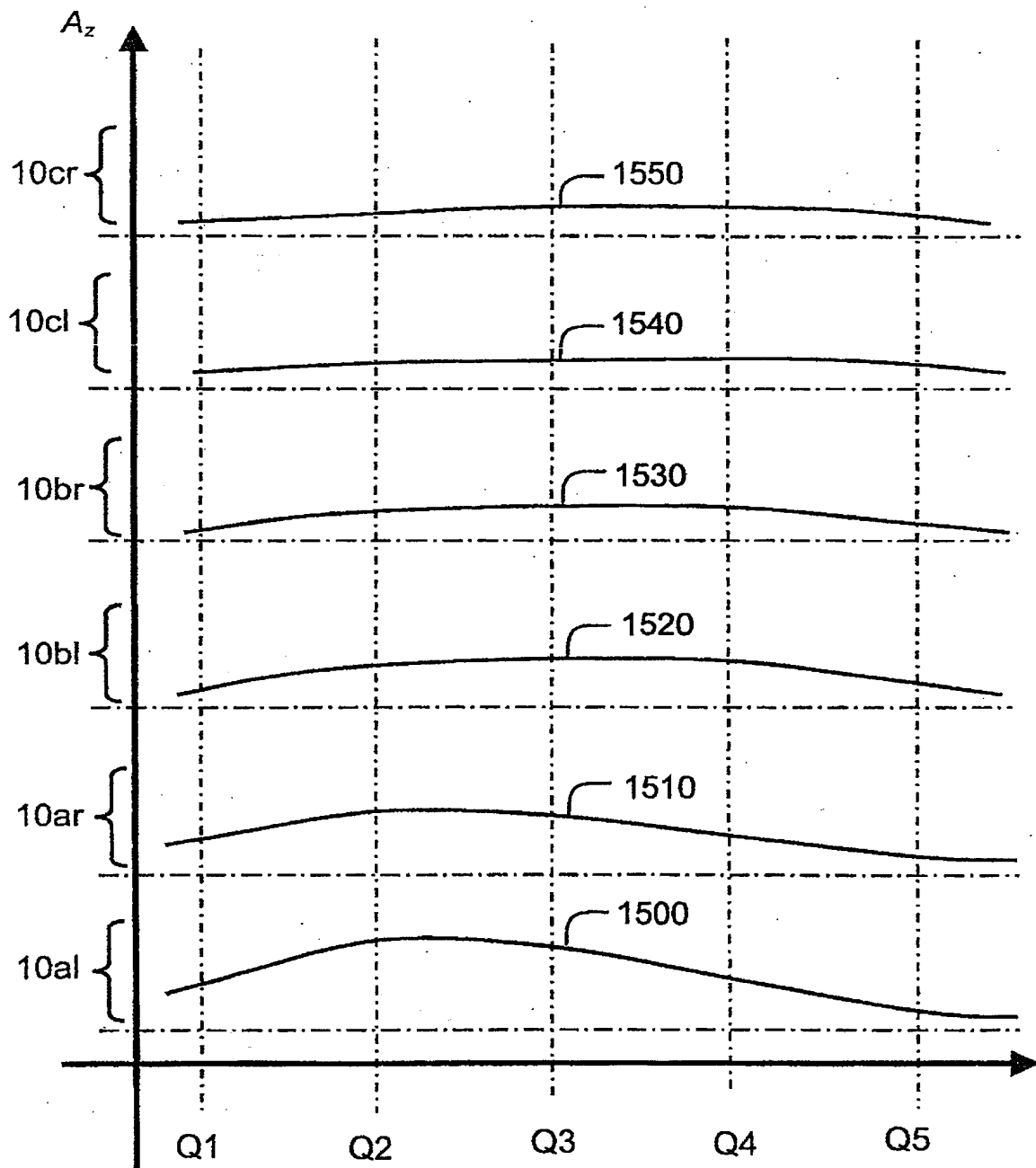


FIG. 17b

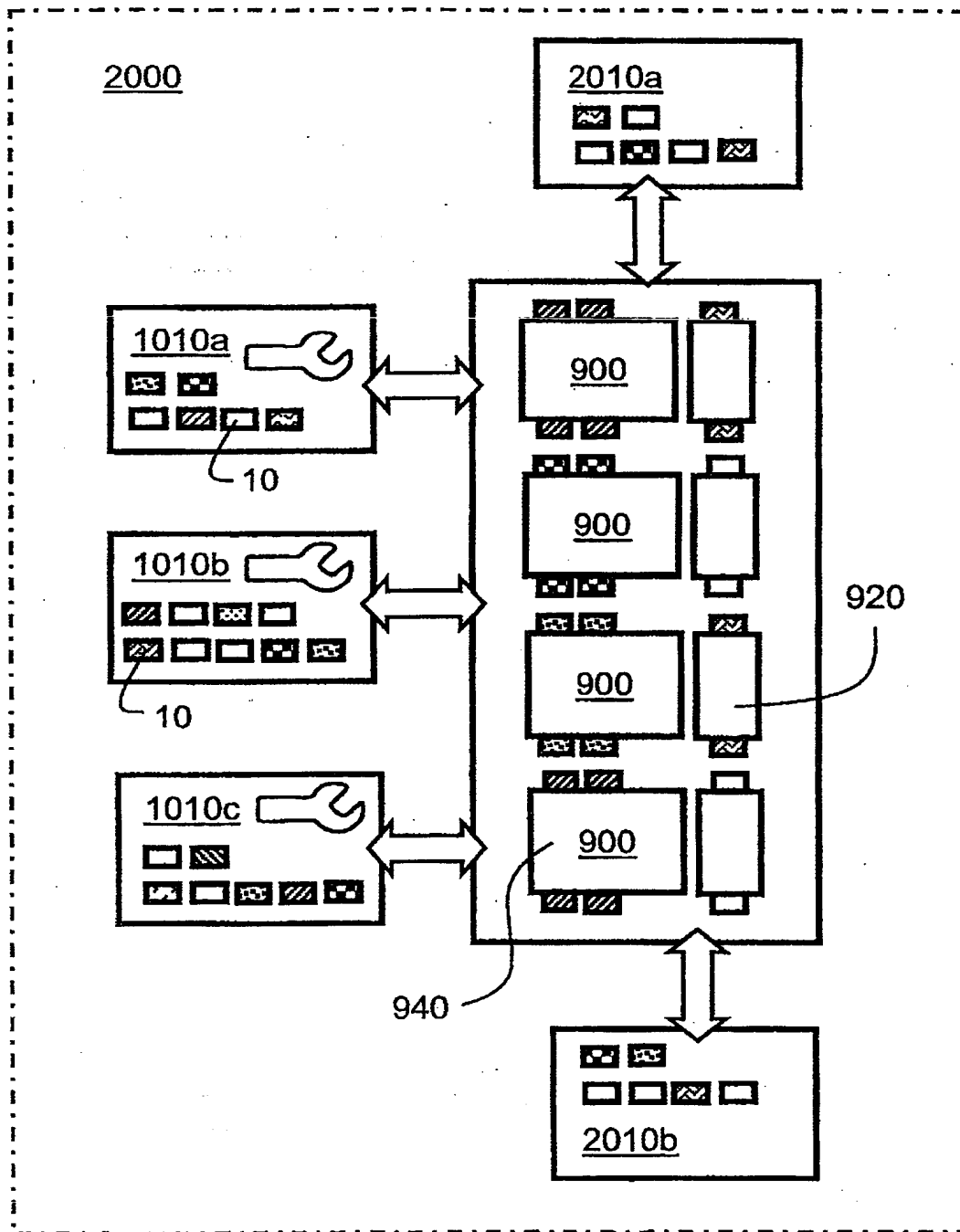


FIG. 18

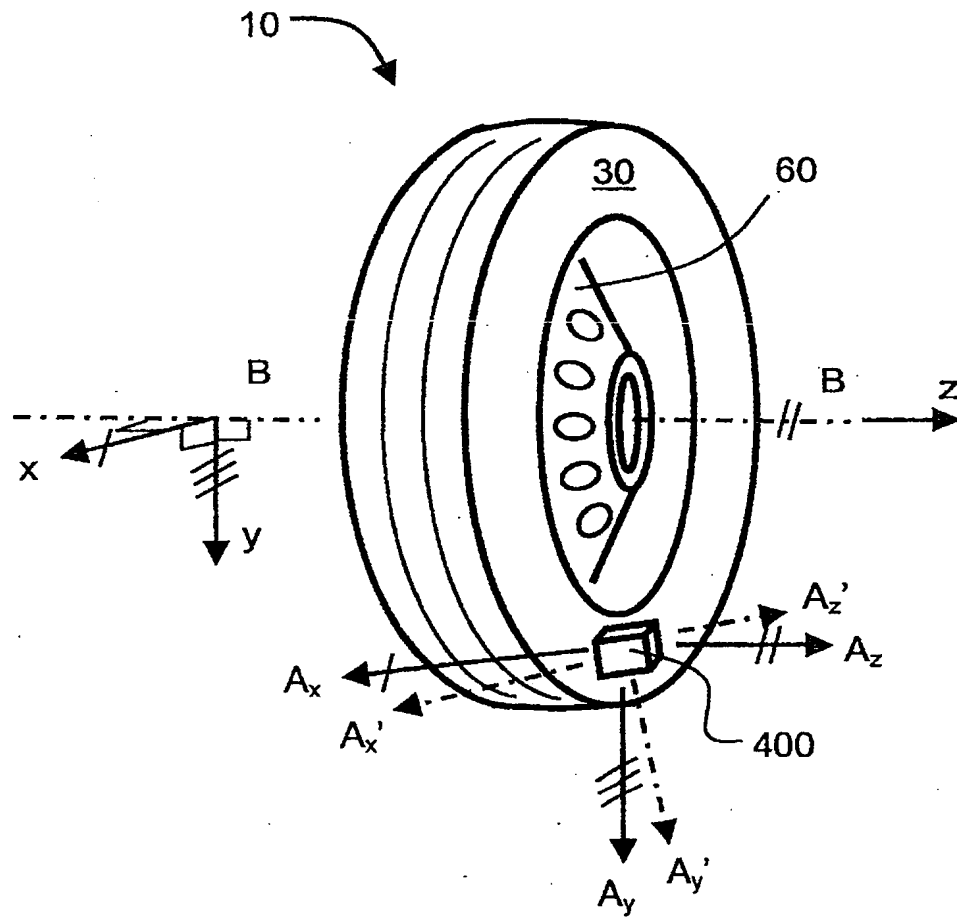


FIG. 19

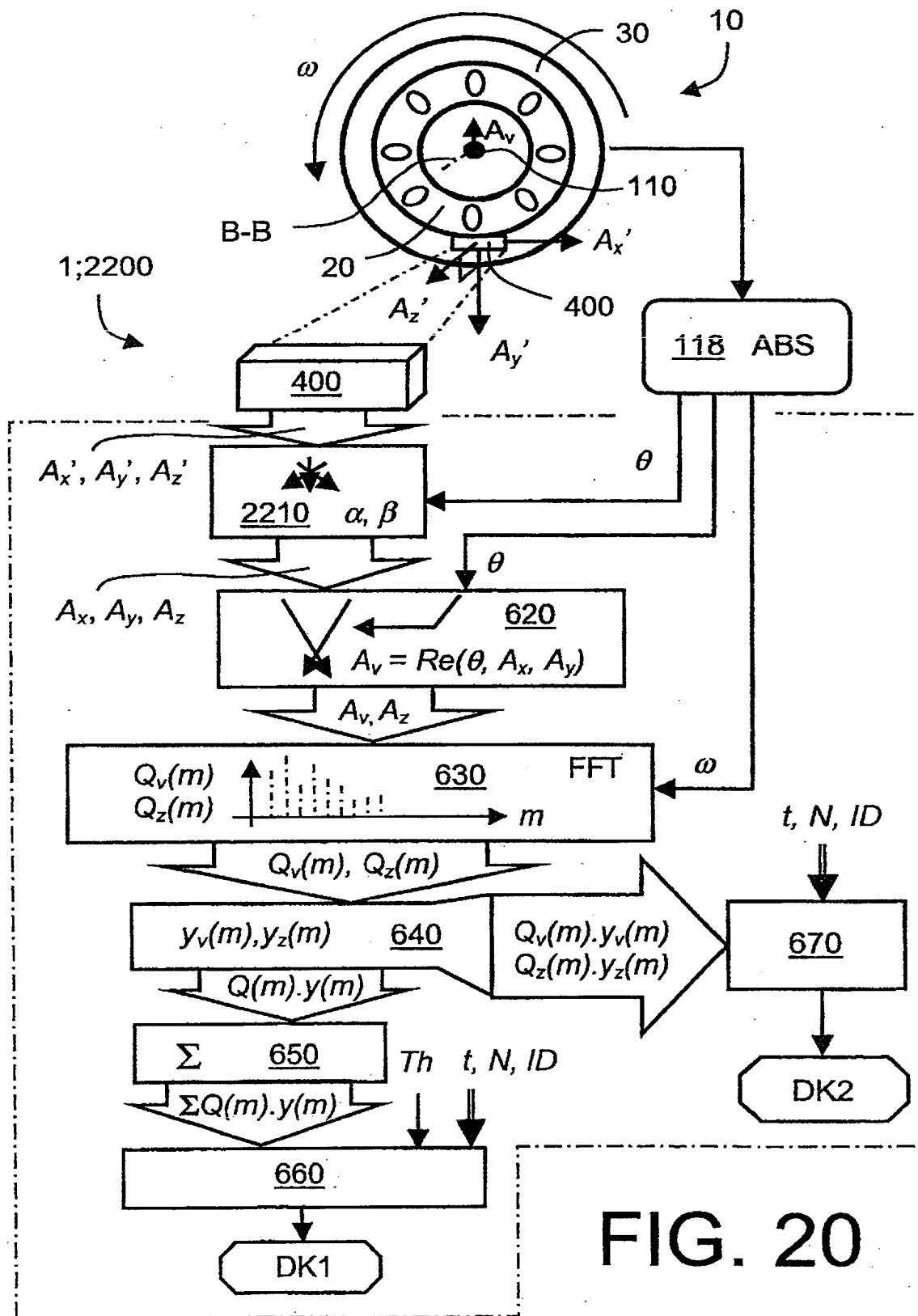


FIG. 20

RESUMO

"MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DE POSIÇÕES DE MÓDULOS DE RODA"

A presente invenção se refere a um método de
5 identificação de localizações de um ou mais módulos (400)
de um aparelho (600, 680, 690, 2200) implementado em um
veículo (900) para monitoramento de operação de pelo menos
uma roda (10) do veículo (900), referido aparelho (600,
10 680, 690, 2200) incluindo um ou mais módulos de sensor
(400) operativamente montados para revolucionar com
referida pelo menos uma roda (10), referidos um ou mais
módulos (400) sendo operativamente acoplados em comunicação
com uma disposição de processamento (710, ECU 950) de
15 referido veículo (900), referidos um ou mais módulos (400)
sendo operáveis para sensorizar pelo menos um parâmetro
físico de referida roda (10) e para gerar pelo menos um
correspondente sinal de sensor para referida disposição de
processamento (950), referida disposição de processamento
(70, ECU 950) sendo operável para processar referido pelo
20 menos um sinal de sensor para computar informação
indicativa de operação de referida pelo menos uma roda
(10).

Em concordância com a presente invenção, referido
método é **caracterizado pelo fato** de que inclui etapas de:

- 25 (a) comunicação com um ou mais módulos (400) de
referido aparelho (600, 680, 690, 2200) para
recepção de seus códigos de identificação (ID) em
uma disposição de processamento (950) de referido
aparelho (600, 680, 690, 2200), referidos um ou
30 mais módulos (400) sendo montados sobre pelo
menos uma roda (10) de referido veículo (900);
- (b) direção (tração) de referido veículo (900) em
torno de uma trajetória encurvada como sensoriada
por uma disposição de sensoriamento de

dirigibilidade (direção, manobra) e registro de uma direção de dirigibilidade de referido veículo (900) juntamente com um registro temporal de referido parâmetro físico mensurado por referidos um ou mais módulos (400) juntamente com seus correspondentes códigos de identificação (ID), referido parâmetro físico pertencendo para um ou mais pneus (30) de referida pelo menos uma roda (10); e

(c) aplicação de uma análise para referida direção de dirigibilidade e referido registro temporal levando-se em conta tempo (t) para identificar onde referidos um ou mais módulos (400) são localizados sobre referida pelo menos uma roda (10) de referido veículo (900), referida análise utilizando uma característica de que pneus (30) sobre uma lateral externa de referida trajetória encurvada irão experimentar diferentes valores de pico em referido registro temporal de referido parâmetro físico do que pneus (30) sobre uma lateral interna de referida trajetória encurvada, e de que pneus (30) em direção de uma região dianteira de referido veículo (900) experimentam uma mudança no registro temporal de referido parâmetro físico antes de, e/ou em, uma taxa mais alta do que pneus (30) em direção de uma região traseira de referido veículo (900) para uma direção à frente de deslocamento de referido veículo (900).