



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

(21) PI 0722237-8 A2



* B R P I 0 7 2 2 2 3 7 A 2 *

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

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

(54) Título: MÓDULO DE MONITORAMENTO DE RODA

(57) Resumo:

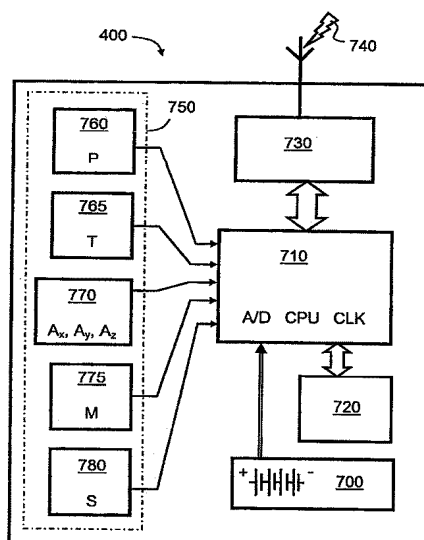
(73) Titular(es): Volvo Lastvagnar AB

(72) Inventor(es): Anders Trygg, Erik Carresjö, Per Hasselberg

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

(86) Pedido Internacional: PCT SE2007001064 de
30/11/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2009/070063de
04/06/2009



"MÓDULO DE MONITORAMENTO DE RODA"

CAMPO TÉCNICO DA PRESENTE INVENÇÃO

A presente invenção se refere a módulos e aparelhos
5 associados operáveis para monitorar características de
rodas e/ou de seus pneus associados; por exemplo, para um
módulo e aparelho associado para monitoramento de
características de rodas e/ou de seus pneus associados e
transportamento de informação indicativa destas
10 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 invenção
15 também diz respeito a métodos de monitoramento de
características de rodas e/ou de seus pneus associados.
Adicionalmente, a presente invenção também se refere a
software e produtos de *software* executáveis sobre *hardware*
de computação para execução destes métodos anteriormente
20 referidos.

PANORAMA DO ESTADO DA TÉCNICA DA PRESENTE INVENÇÃO

Pneus (*tyres*, em inglês britânico; *tyres* em inglês
americano), são componentes críticos em veículos de
25 estrada. Pneus contemporâneos apenas não asseguram adesão
de seus veículos de estrada associados para superfícies de
estrada em condições climáticas variando amplamente, mas
também desempenham funções isolamento de vibração e choque.
Além do mais, durante seu tempo de vida útil de operação,
30 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 robustos contra arraste e objetos impactando em cima dos mesmos. Ainda adicionalmente, pneus sem câmara são requeridos para
5 robustamente (firmemente) agarrar em cima de seus cubos de roda associados até mesmo quando submetidos para estresses consideráveis, por exemplo, durante frenagem de emergência. Em resposta para estes requerimentos anteriormente mencionados para pneus contemporâneos, os pneus são
10 construídos a partir de borracha sintética elástica, borracha natural e/ou materiais plásticos reforçados por malhas de arame de metal, fibra de carbono e similares. Pneus modernos são, conseqüentemente, para serem respeitados como produtos altamente otimizados e avançados.

15 Falha de pneu durante operação pode potencialmente resultar em imobilização de um veículo associado ou até mesmo em acidente. Além do mais, pneus operados em pressões inadequadas podem adversamente influenciar economia de combustível de veículo associado; economia de combustível
20 está se tornando crescentemente pertinente em vista de aumentos em custos de combustível e bem como em vista de geração de dióxido de carbono e seu impacto perceptível sobre mudanças climáticas mundiais.

É conhecido montar sensores em cima de automóveis para
25 monitorar características tais como pressão de pneu e aceleração em um ou mais eixos geométricos ortogonais, e transportar informação representativa destas características por intermédio de conexões de comunicação sem fio para unidades de controle eletrônico (**ECUs**)
30 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 conforme 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.

Um problema técnico aparecendo para operadores de frota de veículos é o de que rodas e pneus de seus veículos são submetidos para eventos de manutenção em vários pontos ao longo do tempo. Por exemplo, existe um requerimento na Europa Setentrional e Canadá para sazonalmente fazer rodízio entre pneus de verão e pneus de inverno; tal rodízio é usualmente conseguido por substituição de rodas mais do que por remoção de pneus a partir de cubos de roda. Entretanto, rodas são removidas a partir de veículos para outros propósitos, por exemplo, para reparo de perfuração (de furo) ou reposição de pneus gastos sobre cubos de roda. Com tais mudanças ocorrendo, é difícil para operadores de frota manter um registro atualizado de condições de pneus sobre seus veículos e processos para os quais as rodas de seus veículos foram submetidas. Proprietários de veículos com pneus defeituosos podem ser submetidos para penalidades a partir de autoridades de estrada, tais penalidades são potencialmente abrandadas quando pode ser mostrado que proprietários de veículo utilizaram todos os esforços para assegurar que seus veículos estão em boas condições de operação. Além do mais, está dentro de um interesse de operadores de frota que rodas e pneus associados de seus veículos estão em boas condições de maneira a evitar uma proporção de tempo em que veículos não estão em utilização e não estão ganhando dinheiro.

Um problema técnico a ser solucionado pela presente invenção é, conseqüentemente, o de proporcionar um aparelho e módulos de monitoramento de roda e pneu mais avançados. Além do mais, a presente invenção busca proporcionar tal aparelho e módulos de monitoramento de roda e pneu de uma maneira mais bem adequada, por exemplo, para os requerimentos de operadores de frota comercial; tais operadores de frota podem, por exemplo, incluir operadores de frota de veículo comercial pesado, operadores de frota

de táxi e empresas de *leasing* e de aluguel de automóveis.

RESUMO DA PRESENTE INVENÇÃO

Um objetivo da presente invenção é o de proporcionar
5 um aparelho e módulo de monitoramento de roda e/ou pneu
aperfeiçoados que têm capacidade de reforço de segurança e
confiabilidade de veículos, e também de detecção de
adulteração de rodas de veículos.

Em concordância com um primeiro aspecto da presente
10 invenção, é proporcionado um módulo como definido na
reivindicação de patente independente 1 posteriormente. É
proporcionado um módulo operável para monitorar pelo menos
uma pressão (**P**) dentro de um pneu de uma roda, referido
módulo sendo operativamente montado para referida roda,
15 referido módulo incluindo:

- a) um sensor de pressão para mensuração de referida
pressão (**P**) e geração de um correspondente sinal
de pressão; e
- b) uma memória de dados associada incluindo um campo
20 de dados contendo dado relevante para o estado
(*status*) funcional do pneu;
 - **caracterizado pelo fato** de que:
 - referido módulo inclui uma *flag* que pode ser
ajustada por um processador de dados para
25 representar "**VÁLIDO**" ou "**INVÁLIDO**" para
simbolização de validade ou invalidade de
referido dado relevante para o estado funcional
do pneu e que referida *flag* é ajustada para ser
mudada a partir de "**VÁLIDO**" para "**INVÁLIDO**"
30 quanto mais cedo referida pressão (**P**) mensurada
por referido sensor de pressão cai abaixo de
referido valor de limiar pré-determinado.

A presente invenção é vantajosa em que o módulo é tem
capacidade de provisão de monitoramento de operação

reforçado da pelo menos uma roda, por intermédio disso reforçando segurança e confiabilidade, por monitoramento de características de roda.

Pela inclusão de uma *flag* que pode ser ajustada por um
5 processador de dados para representar "**VÁLIDO**" ou "**INVÁLIDO**" para simbolização de validade ou invalidade de referido dado relevante para o estado funcional do pneu e que referida *flag* é ajustada para ser mudada a partir de "**VÁLIDO**" para "**INVÁLIDO**" quanto mais cedo referida pressão
10 (**P**) mensurada por referido sensor de pressão cai abaixo de referido valor de limiar pré-determinado. É possível para o operador assegurar que dado relacionado para um pneu específico é válido tanto quanto este dado é atado para uma roda específica sob a condição de que uma perda de pressão
15 excedendo o valor de limiar não tenha ocorrido. Uma perda de pressão excedendo o valor de limiar deveria indicar que o pneu foi removido a partir do aro, que o pneu foi utilizado em pressão bem abaixo da pressão de operação ou que uma perfuração ocorreu. Na medida em que, se qualquer
20 destes eventos tenha ocorrido, dado e pneu pode não ser garantido porque o pneu pode ter sido mudado ou as propriedades do pneu podem ter se deteriorado devido para perfuração ou excessivo desgaste seguindo-se à utilização do pneu em uma pressão inapropriada.

25 Por este monitoramento da pressão e ajustamento de uma *flag* indicando que a pressão foi mantida acima de um nível de pressão intencionado, pode ser assegurado que dado relevante para o estado funcional do pneu é válido. Um sistema embarcado pode, conseqüentemente, ter confiança
30 sobre dado de pneu armazenado na memória associada e, conseqüentemente, adaptar subsistemas do veículo, tais como aplicação de forças de frenagem, por exemplo, para o dado contido na memória associada. No evento de que o dado relacionado para o dado relevante para o estado funcional

do pneu seja classificado como inválido, um sistema embarcado irá adaptar sua função para valores de *default* assumindo uma qualidade de pneu inferior.

De maneira a assegurar que a *flag* não é mudada quanto
5 mais cedo a pressão no pneu é repostada sem verificação de
dado de pneu por inspeção, o processador de dados é
prevenido de mudar referida *flag* a partir de "**INVÁLIDO**"
para "**VÁLIDO**" a menos que um sinal de código de chave seja
recebido externamente a partir do módulo. Entretanto,
10 depois de ter verificado qualidade de pneu por inspeção,
dado de pneu pode ser reajustado (zerado) para estado
"**VÁLIDO**" a partir de estado "**INVÁLIDO**". Isto pode, por
consequência, ser feito por referido processador de dados
sobre recepção de um sinal de código de chave que é
15 recebido externamente a partir do módulo.

Por estas mensurações, a validade de dado relevante
para o estado funcional do pneu pode ser assegurada e é
seguro adaptar subsistemas do veículo para referido dado.

A presente invenção adicionalmente se refere a um
20 método de validação de dado relevante para o estado
funcional de um pneu armazenado em um módulo montado em uma
roda como definido na **reivindicação de patente independente**
19 posteriormente, e um método de detecção de mau uso de
pneus em que um processador de dados é operável para
25 continuamente ou periodicamente atualizar dados armazenados
em um campo de dados contendo dado relevante para o estado
funcional do pneu, método no qual validação do dado
relevante para o estado funcional do pneu é desempenhada
por um método como definido na **reivindicação de patente**
30 **independente 19** posteriormente.

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
5 descritas em maiores detalhes, por intermédio de exemplos
unicamente, com referência para os **Diagramas** mostrados nas
Figuras acompanhantes, em que:

- Figura 1** é uma ilustração de uma roda de um veículo comercial pesado contemporâneo;
- 10 **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**;
- Figura 4** é uma vista de seção transversal de uma
15 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 montagem em pneu em uma localização de aro
30 (**L4**);
- Figura 7** é uma vista de seção transversal esquemática de um pneu 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 película enrolada em torno de uma borda do pneu e exposta sobre uma superfície exterior do pneu;

10 **Figura 9** é um diagrama esquemático ilustrando movimentação espacial de um módulo de 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;

15 **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**;

20 **Figura 10a** representa uma vista esquemática de uma roda na qual um módulo em concordância com a presente invenção é montado;

25 **Figura 10b** representa uma primeira concretização de um módulo em concordância com a presente invenção, onde um processador de dados é incluído no módulo, processador de dados que controla uma memória associada incluída no módulo;

30 **Figura 10c** representa uma segunda concretização da presente invenção, onde o módulo é ajustado para se comunicar com um processador de

dados externo por intermédio de uma conexão sem fio, processador de dados externo que controla uma memória associada incluída no módulo;

5 **Figura 11** é uma primeira concretização de um aparelho de monitoramento de roda e de pneu conforme definido na presente invenção para utilização com a roda da **Figura 1**, o aparelho de monitoramento sendo operável
10 para processar sinais de aceleração;

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

Figura 13 é uma terceira concretização de um aparelho de monitoramento de roda e de pneu conforme definido na presente invenção para utilização com a roda da **Figura 1**; o
20 aparelho de monitoramento sendo operável para processar tanto sinais de 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 sensorizar características de operação da roda (10);
25

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

Figura 16 é uma ilustração esquemática de um sistema de monitoramento de roda conforme definido

na presente invenção para um veículo comercial pesado em conjunção com uma facilidade de controle remota e facilidade de serviço;

5 **Figura 17** 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 sensoramento são
10 angularmente mau alinhados com eixos geométricos transversal, radial e tangencial verdadeiros da roda; e

Figura 18 é uma quarta concretização de um aparelho de monitoramento de roda e de pneu conforme
15 definido na presente invenção para utilização com a roda da **Figura 17**, o aparelho de monitoramento sendo operável para processar sinais de aceleração.

20 **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
25 diferentes problemas com manutenção e segurança de veículo em comparação com proprietários de automóveis particulares para os quais dispositivos de monitoramento de pneu contemporâneos já foram desenvolvidos como elucidado precedentemente. Confiabilidade e segurança para uma
30 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
5 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
10 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
15 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.

Empresas operando frotas de veículos normalmente conseguem a maior eficiência comercial quando seus veículos
20 estão virtualmente todos em utilização gerando rendimento; veículos sofrendo reparo ou permanecendo inoperantes representam um investimento que não gera lucro, e pode até mesmo representar uma depreciação em valor. Uma medida (um expediente) associada com isto é manutenção eficiente de
25 veículos que estão intensivamente em utilização, especialmente levando-se em consideração suas rodas e pneus. A presente invenção é benéfica por possibilitar monitoramento aperfeiçoado e previsão de potenciais problemas com rodas e pneus; veículos de frota podem, por
30 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.

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 acoplada para um aro circular (90). O aro circular (90) é operável 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 substancialmente uma porção superior da roda (10). A roda (10) possui uma forma geral que foi envolvida por muitos anos para substancialmente uma implementação otimizada por razoes que irão agora ser elucidadas. O flange interno (40) é proporcionado com sua configuração 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 eixo geométrico (B-B). Um excesso de orifícios (50) é freqüentemente proporcionado para se ter 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 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 sensoriamento de uma orientação angular 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 pesado de **10 toneladas** a partir de uma velocidade de **80 km/hora** para parada total dentro de 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) associado com o eixo de rodas (110) em uma ordem de **dezenas de quilowatts**. Os orifícios (70) na rede frusto-cônica (60), por consequência, 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 (70) na rede (60) também auxiliam para reduzir um peso sem retrocesso da roda (10) sem influência adversamente de sua resistência mecânica, e bem como proporcionar acesso para a válvula (80). O aro (90) possui vários sulcos formados no

mesmo para reforçar sua 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
5 uma pressão elevada (P) durante operação.

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
10 bordas internas (180) são freqüentemente reforçadas 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
15 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 do pneu (30). Em operação, a porção de rolamento (220) é operável para
20 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
25 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
30 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 (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 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 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 submetidos 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 frouxidão e potencial perda de um ou mais dos parafusos ou prendedores pode resultar em que a roda (10) venha a
5 cambaleiar 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
10 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 periodicamente
15 mantido por ser recarregado com ar comprimido ou outro gás através de sua válvula (80) ou não;

(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,
20 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 pneu duplo como ilustrada na **Figura 5**, freqüentemente empregada em uma traseira de um veículo comercial pesado, é conhecido o fato
25 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
30 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, 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 (15). 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 pressão (**P**), temperatura (**T**), e aceleração instantânea (**A**) durante operação. É adicionalmente também conceptível incluir padrões de resistência de película dentro de ou aglutinada 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
 5 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**
 10 **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 beneficemente montados para a roda (10). Quando diversos sensores são incluídos em
 15 cada categoria de localização, os diversos sensores são beneficemente 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).

20 Em uma localização (L1), prendedores são beneficemente 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
 25 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
 30 roda (20) dependendo do tipo de acelerômetro empregado. Beneficemente, 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 conseqüência, 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 quilowatts, 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 beneficadamente 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 a pressão do pneu (P) anteriormente referida. Além do mais, um ou mais acelerômetros incluídos dentro do segundo módulo para mensuração da aceleração (A) do pneu

(30) 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 de sensor, a menos que o segundo módulo de sensor 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 de sensor 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 por fio para a unidade de controle eletrônico (ECU) ou um sistema de gerenciamento eletrônico anteriormente referidos. Ainda como uma alternativa adicional, o segundo módulo de sensor na localização (L2) pode ser diretamente eletricamente acoplado pelo fio através da alimentação de ponta a ponta (310) ou por conexão de película condutiva para o primeiro módulo de sensor 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 de sensor 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 de sensor na localização (L3) tem capacidade de mensuração da temperatura ($T_{\text{módulo}}$) no mesmo e
15 por intermédio 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 de sensor na localização (L3) são uma modulação complexa de vários componentes de aceleração na medida em que a roda
25 (10) rotaciona em operação e suas paredes laterais (230) flexionam, enquanto que o acelerômetro do primeiro módulo de sensor montado na localização (L1) é operável para gerar sinais de aceleração que incluem uma magnitude relativamente maior de componentes de aceleração linear no
30 mesmo que permitem que o primeiro módulo de sensor 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 terceiro módulo de sensor montado na localização (L3) sofre 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 volume (120) dentro do pneu (30). De maneira a aperfeiçoar comunicação sem fio, o terceiro módulo de sensor 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 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 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 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 de sensor é susceptível de possuir sua antena acoplada eletricamente para a malha (210) do pneu (30) que tem então capacidade de funcionamento como uma antena: o terceiro módulo de sensor 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 de sensor na localização (L2) pode ser operável para funcionar como um nódulo (nó) de relé sem fio para transportamento de sinais a partir do terceiro módulo de sensor por intermédio do segundo módulo de sensor para uma unidade de controle eletrônico (ECU) do veículo; tal comunicação nodal entre módulos de sensor montados em cima da roda (10) irá ser elucidada em maiores detalhes posteriormente e corresponde para os módulos de sensor cooperando para formar uma rede de comunicação.

Um quarto módulo de sensor é opcionalmente incluído em uma localização (L4) sobre um aro interno do pneu (30) como ilustrado na Figura 6. Considerações geralmente similares para o módulo de sensor montado na localização (L3) também pertencem ao módulo de sensor na localização (L4). Entretanto, o módulo de sensor na localização (L4) é exposto para extremo estresse mecânico em utilização.

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

2. MÓDULO MONTADO EM RODA CONFORME DEFINIDO NA PRESENTE INVENÇÃO

Na Figura 9, é mostrado o eixo geométrico de rotação (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 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_r) que é dependente da pressão (P) dentro do pneu (30) e também do projeto mecânico do pneu (30). O primeiro módulo de sensor, segundo módulo de sensor e terceiro módulo de sensor nas
 5 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
 10 (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 módulo (400) é operável para mensurar pelo menos um de:

- (a) uma temperatura ($T_{\text{módulo}}$) no módulo (400);
- 15 (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 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)
 20 corresponde para uma direção radial para a roda (10) quando o ângulo de inclinação (ϕ) é de 0 grau, e o eixo ortogonal (x) corresponde para uma direção tangencial cuja aceleração associada é
 25 fracamente afetada pelo ângulo de inclinação (ϕ) quando próximo de 0 grau.

Beneficamente, o módulo (400) pelo menos mensura a pressão (P). Quando o módulo (400) é montado na localização (L1), ele mensura a pressão (P) do pneu (30) por intermédio
 30 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

resistência pisoelétricos, sensores de umidade, e assim por diante se desejado. É conveniente, para identificação de localização de um ou mais módulos **(400)** sobre um veículo, que o módulo **(400)** seja proporcionado com um sensor magnético, por exemplo, implementado utilizando um interruptor de relé de 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; o módulo **(400)** tem, por intermédio disso, capacidade de fazer sua identidade conhecida quando interrogado por um magneto.

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):

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

- 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)**;
- (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):

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

5 - 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;

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

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

(**λ**) = um desvio angular.

Beneficamente, a roda (**10**) quando montada em seu eixo
15 de rodas (**110**) é proporcionada com o codificador de sensor angular **ABS** anteriormente mencionado (**118**) para mensuração do ângulo posicional (**θ**) da roda (**10**) e da taxa de giro (volta) angular (**ω = dθ/dt**) da roda (**10**). Disparidade da aceleração mensurada (**A_x**) a partir da Equação 1 com
20 mensurações para um tal codificador de sensor angular **ABS** (**118**) é susceptível de ser utilizada para detecção de um ou mais de:

i) detecção de mau funcionamento do codificador de sensor **ABS** (**118**); e

25 ii) deslizamento (derrapagem) do pneu (**30**) relativamente para o cubo de roda (**20**), especialmente pertinente quando sensoriando na localização (**L3**) (embora este deslizamento somente excepcionalmente ocorre usualmente com
30 resultados catastróficos).

Assumindo que um codificador de sensor **ABS** (**118**) está funcionando corretamente, verificação da aceleração (**A_x**) contra mudança em ângulo de giro (**θ**) determinada pelo

codificador de sensor **ABS (118)** pode ser, por exemplo, empregada para dinamicamente confirmar operação correta do módulo **(400)**. Tal confirmação dinâmica de função de módulo correta é uma característica proporcionada pela presente invenção.

O módulo **(400)** tem também capacidade de mensuração de acelerações **(A_y)** e **(A_z)** em substancialmente direções **(y)** e **(z)**, respectivamente, quando o ângulo de inclinação **(φ)** não é **zero**, o que é, por exemplo, pertinente para o terceiro módulo de sensor na localização **(L3)** quando a parede **(230)** do pneu **(30)** flexiona, ou nas localizações **(L1)** e **(L2)** quando o cubo de roda **(20)** está frouxo sobre seus prendedores ou enviesado em relação para o eixo de rodas **(110)**. Sinais de aceleração mensurados são proporcionados aproximadamente como definido na Equação 3 e na Equação 4 (Eq. 3 e Eq. 4).

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

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

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 **(rω²)** 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);
- 5 (b) devido para o cubo de roda (20) se tornar 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;
- 10 - 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):

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

15 em que:

($\phi_{\text{máximo}}$) = um ângulo de mau alinhamento; e
 (μ) = desvio angular levando-se em consideração rotação da roda (10);

- tal que a Equação 3, a Equação 4 e a Equação 5
 20 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 consequência, útil, conforme definido na presente invenção,
 25 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 considerável flexão da parede (230) que tende a dominar em
 30 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

(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 (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)].

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):

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

25

- 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) na mesma para uma

30

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 harmônico;

(i) = um número de índice 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 parede de 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, $\Delta\theta = 2\pi$.

Em um primeiro método de análise conforme definido na presente invenção, características de desempenho esperadas do pneu (30) são computadas e após isso comparadas contra características mensuradas. O primeiro método inclui etapas como se segue:

(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), determinou-se, 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 esperado para ser gerado a partir do acelerômetro incluído no módulo (400) montado na localização (L3);

(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 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 substituído.

Por exemplo, é potencialmente possível identificar degradação da malha (210) antes que falha do pneu (30) venha a ocorrer em operação. Tal simulação beneficemente requer síntese harmônica para ser executada sobre *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).

Em um segundo método de análise conforme definido na presente invenção, dados mensurados representativos da aceleração (A_z) ocorrendo em operação no pneu (30) são amostrados e após isso submetidos para análise harmônica, por exemplo, por aplicação de Transformação Rápida de Fourier [*Fast Fourie Transform (FFT)*] ou tipo similar de transformação, para derivar parâmetros a partir da mesma 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:

- (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 harmônica, por exemplo, por intermédio de um algoritmo de Transformação Rápida de *Fourier* (**FFT**) eficiente, para derivar seu conteúdo harmônico e, portanto, uma série de coeficientes harmônicos; opcionalmente relações de fase entre os harmônicos, como simbolizado por (ϵ_i) na Equação 6 (**Eq. 6**), são também computados para utilização quando fazendo uma comparação; e
- (b) a partir da análise harmônica, 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
- (c) comparação do determinado tipo de pneu (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.

Quando utilizando o segundo método anteriormente referido, em um evento em que o pneu previsto e o pneu efetivo (30) na 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 benéficamente 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. Benéficamente, análise harmônica é também aplicada para um ou mais dos sinais de aceleração (A_x) e (A_y) para adicional confirmação de confiabilidade da análise harmônica 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).

5 Como irá ser elucidado em maiores detalhes posteriormente, monitoramento da pressão (P) quando a roda (10) rotaciona proporciona inesperadamente considerável informação adicional levando-se em consideração desempenho do pneu (30), por exemplo, distorções de lóbulos múltiplos do pneu

10 (30).

Na **Figura 10a** é mostrada uma roda (10) possuindo um cubo de roda (20) no qual um aro (22) para carregar um pneu (30). Um módulo (400) é montado para a roda (10), preferivelmente no aro (22) de uma unidade de cubo de roda.

15 O módulo (400) pode, entretanto, assumir qualquer outra localização como geralmente apresentado na descrição para módulos (400) possuindo características adicionais do que uma memória associada incluindo um campo de dados contendo dado relevante para o estado (*status*) funcional do pneu e

20 uma *flag*, que pode ser ajustada para indicar a validade do dado contido em referido campo de dados.

Na **Figura 10a** uma primeira concretização da presente invenção é mostrada. Um módulo (400) é proporcionado com um sensor de pressão (760) para mensuração da pressão dentro

25 do pneu (30). Um processador de dado (710) recebe o sinal de pressão. O processador de dado (710) é disposto para se comunicar com uma *flag* (722), que pode assumir o estado (*status*) "VÁLIDO" ou "INVÁLIDO" para simbolizar a validade ou invalidade de dado representando o estado funcional do

30 pneu (30) para o qual o módulo (400) é associado. O processador de dados pode vantajosamente ser conectado para uma memória de dados associada (720) disposta no módulo (400) para recuperar informação a partir da memória e armazenar informação na mesma. Um caminho de comunicação

(712) disposto no módulo (400) entre o processador de dados (710) e a memória associada (720) deveria, em consequência disso, ser proporcionado. Alternativamente, comunicação para a memória (720) é feita através de um caminho de comunicação externo (712) entre uma central e a (ECU 950) e a memória pode substituir o caminho de comunicação (712) entre o, internamente no módulo disposto, processador de dados (710) e a memória (720). Naturalmente, a memória pode ser acessível tanto por intermédio de um caminho externo (732) e quanto por intermédio de um caminho interno (712).

A memória (720) inclui um campo de dados (720') contendo dado relevante para o estado funcional do pneu (30). O campo de dados (720') pode conter diferentes tipos de dados tais como, por exemplo, um primeiro sub-campo de dados (720a) contendo informação de curvas de deslizamento (derrapagem) de pneu; um segundo sub-campo de dados (720b) contendo informação de tamanho de pneu; um terceiro sub-campo de dados (720c) contendo informação de idade de pneu; um quarto sub-campo de dados (720d) contendo um registro da distância que o pneu tenha sido utilizado; um quinto sub-campo de dados (720e) contendo registro de amostras de pressão mensurada pelo sensor de pressão; e um sexto sub-campo de dados (720f) contendo registro de amostras da temperatura mensurada por um sensor de temperatura sobre referida roda para monitoramento da temperatura do pneu. Campos de dados adicionais (720g) podem ser adicionados, tais como, por exemplo, informação relacionada para um valor de limiar acima do qual o dado em referido campo de dados (720) contendo dado relevante para o estado funcional do pneu (30) pode ser adicionado, e ou uma identidade (ID) do módulo, que pode ser utilizada pela (ECU 950) para identificar quais módulos de um conjunto de módulos estão tentando se comunicar com a (ECU 950). A memória pode também incluir um campo de dados que representa a *flag*

(722). Alternativamente, a *flag* (722) pode ser disposta para outros componentes de *hardware* tal como, por exemplo, um *switch*.

5 O módulo pode adicionalmente compreender uma fonte de energia (700), que preferivelmente é do tipo descrito em relação para as concretizações adicionais descritas neste relatório descritivo.

10 Uma interface sem fio (730) é disposta para possibilitar que o módulo venha a se comunicar para uma (ECU 950) externamente disposta.

O módulo pode adicionalmente compreender outros recursos de sensores (762), tais como um sensor de temperatura (765), um sensor de padrão de esforço (780), um acelerômetro (770), e/ou um sensor magnético.

15 Em operação a *flag* é inicialmente ajustada para assumir o estado "VÁLIDO" quanto mais cedo o pneu seja montado para o aro e seja preenchido com ar. A *flag* ajustada para ser "VÁLIDO" por transmissão de sinal de código de chave a partir de um gerador de sinal externo,
20 que pode ser controlado pela (ECU 950) ou por um outro processador independente. O sensor de pressão (760) mensura a pressão e o processador de dados (710) monitora a pressão para detectar se a pressão está acima ou está abaixo de um valor de limiar. O valor de limiar é selecionado de maneira
25 que somente níveis de pressão claramente inapropriados que tanto indicam que o pneu foi removido (um nível de pressão absoluta igual à pressão atmosférica) ou quanto que um nível de pressão onde dano da roda é semelhante, que é tanto um nível de pressão indicando uma perfuração ou
30 quanto um nível onde desgaste excessivo do pneu irá ocorrer. Portanto, a *flag* irá permanecer em seu estado "VÁLIDO" até a pressão cai abaixo do valor de limiar, quando a *flag* é ajustada pelo processador de dados (710) para assumir o valor "INVÁLIDO".

Em uma concretização da presente invenção, o campo de dados (720') contendo dado relevante para o estado funcional do pneu inclui um campo de dados (720g) contendo registro de amostras de pressão mensuradas pelo sensor de
5 pressão (760), e que referido processador de dados (760) é operável para ajustar referida *flag* (762) para "INVÁLIDO" quando referido registro de amostras contém pelo menos uma amostra abaixo de referido valor de limiar pré-determinado.

Quando a *flag* (762) tiver assumido o estado "INVÁLIDO"
10 o processador de dados (710) é prevenido de mudar referida *flag* a partir de "INVÁLIDO" para "VÁLIDO" a menos que um sinal de código de chave (KS) seja recebido externamente a partir do módulo. Em uma concretização mostrada da presente invenção, o sinal de código de chave é proporcionado por
15 intermédio da (ECU 950) externa disposta no veículo. Alternativamente, o sinal de código de chave pode ser proporcionado a partir de uma unidade de controle separada. Conseqüentemente, o processador de dados (710) é operável para mudar referida *flag* a partir de "INVÁLIDO" para
20 "VÁLIDO" quando o sinal de código de chave é recebido externamente a partir do módulo.

A concretização mostrada na **Figura 10c** inclui as mesmas características como a concretização mostrada na **Figura 10b**, com a única diferença de que o processador de
25 dados (710) é disposto externamente para o módulo. Uma interface sem fio (730) é disposta para se comunicar com o processador de dados externamente disposto (710), que pode ser separado a partir de uma, ou ser uma, parte integrada de uma disposição centralmente disposta (ECU 950).

30 As concretizações mostradas na **Figura 10a** e na **Figura 10b** podem adicionalmente incluir características de outras concretizações dos módulos evidenciadas a partir da descrição.

Referindo-se para a **Figura 11**, é mostrado um aparelho

de processamento de dados conforme definido na presente invenção, indicado geralmente por (600); o aparelho de processamento de dados (600) é operável para proporcionar monitoramento de roda e de pneu. O aparelho de

5 processamento de dados (600) tem capacidade de ser implementado em pelo menos um dos módulos (400) e na anteriormente referida unidade de controle eletrônico (ECU), dependendo de onde o processamento é susceptível de ser o mais convenientemente e eficientemente executado.

10 Além do mais, o aparelho de processamento de dados (600) é susceptível de ser implementado em pelo menos um de *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

15 computação. O produto de *software* é beneficemente transportado para o aparelho (600) sobre um suporte de 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

20 suporte de dados de leitura por meio óptico e/ou por meio magnético.

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

25 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

30 estrada em cima da qual o pneu (30) contata em operação 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). Entretanto, componentes na aceleração linear direcionada verticalmente (A_v) que se correlacionam com rotação da roda (10), por exemplo, como referenciado por intermédio do sensor de codificador angular **ABS** (118) proporcionando uma indicação do ângulo de rotação (θ) 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 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, um ou mais acelerômetros nos um ou mais módulos (400) mensurando as acelerações (A_x) e (A_y) como representado na **Figura 9** são todas 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 um ou mais módulos (400) e/ou uma unidade de controle eletrônico (**ECU**) em comunicação sem fio dentre estas 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.

Tal resolução angular é executada em operação em um determinador de resolução simbolizado por (620) na **Figura 11**. O determinador de resolução (620) beneficadamente recebe

sua referência angular para o ângulo de rotação (θ) a partir do sensor de codificador angular **ABS** e circuitos associados (118). O determinador de resolução (620) é também benéfico em sendo operável para remover um

5 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-escalamento das constantes (d_1) e (d_2)

10 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.

15 Por desempenho de análise harmônica sobre o sinal representando a aceleração (A_v) levando-se em consideração frequência de rotação angular (ω) da roda (10), por exemplo, um analisador harmônico simbolizado por (630) na **Figura 11**, a severidade do desequilíbrio pode ser

20 determinada; por exemplo, a amplitude de harmônicos [$Q(m)$] em que (m) é um número harmônico no sinal de aceleração (A_v) é benéficamente individualmente escalonada por uma função de escalonamento harmônica [$y(m)$] em um escalonador (640) e após isso somado em total em uma unidade de soma

25 total (650) para computar um valor somado em total (S_{tot}). O valor agregado (S_{tot}) é então comparado em um detector de limiar simbolizado por (660) contra um valor de limiar pré-definido (Th) para determinar se ou não a roda (10) necessita de atenção para corrigir o desequilíbrio, por

30 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

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

Opionalmente, a função de escalonamento harmônico $[y(m)]$ implementada no escalonador (640) é feita dependente 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 harmônico $[y(m)]$ implementada no escalonador (640) é beneficemente 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 harmônico $[y(m)]$ é também beneficemente 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 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 não desgastado substancialmente recentemente instalado (30) cuja malha interna (210) não foi submetida para substancial trabalho

duro 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 harmônica em um analisador simbolizado por (670) na **Figura 11**. Além do mais, tal análise harmônica é benéficamente 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*, a matriz de harmônicos e a rede neural são benéficamente 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 benéficamente 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 benéficamente implementada como uma parte de processamento de sinal empregada 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 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; é 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 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 na 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 harmônico desempenhada levando-se em consideração um ou mais módulos (400) posicionados em 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 (L4) 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
5 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,
10 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
15 implementado.

Um ou mais dos módulos (400) montados em uma ou mais das localizações (L1) até (L4) são susceptíveis de serem utilizados, opcionalmente em comunicação com uma unidade de controle eletrônico (ECU), para detectar mais mudanças
20 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, um ou mais módulos (400), opcionalmente em cooperação com a unidade de
25 controle eletrônico (ECU) anteriormente referida em comunicação sem fio com 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
30 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 benéficamente 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 rolagem. Benéficamente, 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 um evento de falsificação envolvendo o pneu (30) tiver ocorrido.

O módulo (400) é benéficamente operável para monitorar e registrar um *log* de dado temporal em sua memória de pressão (**P**), até mesmo quando a roda (10) incluindo o módulo (400) é removida a partir do veículo, por exemplo, para armazenamento ou serviço. Neste contexto, modos de hibernação do módulo (400) são de benefício, como irá ser elucidado posteriormente por se possibilitar que tais *logs* de dado temporal venham a ser registrados ao longo de longos períodos de tempo, por exemplo, ao longo de um período de diversos meses.

O módulo (400) irá agora ser descrito em uma visão 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 nas localizações anteriormente referidas (**L3**) e (**L4**), o módulo (400) é relativamente inacessível e necessita funcionar confiavelmente sem intervenção do usuário.

Beneficamente, o módulo (400) utiliza a anteriormente referida tecnologia (MEMS) de sistemas mecânicos microeletrônicos, por exemplo, fundamentado 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 análogos para correspondentes dados de sensor amostrados; beneficemente, o conversor analógico para digital (A/D) é fundamentado sobre um conversor do tipo de alta velocidade de múltiplo canal sigma-delta que exhibe modesto consumo de energia. Conversores sigma-delta são contemporaneamente empregados em dispositivos de energia critica, 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 beneficemente implementada utilizando contemporâneos Blue Tooth, Weebre ou tecnologia de interface sem fio similar operando conforme definidos para protocolo de comunicação padronizado associado.

Como elucidado precedentemente, o módulo (400) é implementado para operar quando sua roda (10) é instalada sobre o veículo e também quando removida a partir do mesmo.

O módulo (400) tem, conseqüentemente, capacidade para detectar qualquer despressurização súbita da roda (10) ocorrendo quando a roda (10) é temporariamente removida a partir de seu veículo. Em consideração a isto, como
5 elucidado precedentemente, o módulo (400) tem capacidade para proporcionar para detecção de eventos de falsificação.

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)
10 anteriormente referido. Dependendo da localização intencionada do módulo (400), a saber, localizações (L1), (L2), (L3) ou (L4), e de um grau de funcionalidade de monitoramento de roda desejado, o arranjo de sensor (750) inclui um ou mais de:

- 15 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 ressonante oscilatório;
- 20 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 de mensuração de -40 °C até +100 °C;
- 25 (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 de posição para uma ou mais massas de prova
30 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 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;

5 (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
10 (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
15 ativação do módulo (400) são também possíveis e são conforme definidas para a presente invenção;
e

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

25 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
30 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.

5 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 total ou parcial ocorrendo dentro do módulo (400), e uma mensagem
10 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
15 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 proporcionada com uma escolha de se ou não continuar tracionando apesar do mau funcionamento do módulo
20 (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
25 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
30 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, a instrução específica inclui 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 de 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 Fourier Transform - (FFT)*] ou algoritmo de processamento de sinal similar, o

5 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 (10). Um tal sinal de sincronização é

10 benéficamente proporcionado a partir da unidade de controle eletrônico (**ECU 950**) anteriormente mencionada do veículo operando para proporcionar uma comunicação de dados de cubo de roda (20) para o veículo. Levando-se em conta as rodas (10) do veículo potencialmente revolucionando em taxas

15 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 necessitam ser individualmente sincronizados levando-se em consideração seus codificadores

20 de sensor angular **ABS** associados (118).

Processamento de dados desempenhado pelo processador de computador (710) tem benéficamente capacidade de redução de um volume de dados a ser comunicado por intermédio da interface sem fio (730) para a unidade de controle

25 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 dados pode ser adicionalmente reduzido no módulo (400) pelo

30 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. Outras abordagens para obtenção de compressão de dados

podem também opcionalmente ser empregadas para reduzir consumo de energia na interface sem fio **(730)**. Beneficemente, o módulo **(400)** é operável para transmitir dado de sinal de acelerômetro e dado de pressão **(P)** em uma 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 beneficemente operável para 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 resposta para padronizações ou políticas 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 empregados mais tarde, a saber, atualizações (*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 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 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
5 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. Beneficamente, o processador de computador
10 (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
15 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:

- 20 (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
25 (b) recepção de saída de sinais processados a partir do segundo módulo (400) na posição (L2) para transporte por intermédio do primeiro módulo (400) e sua interface sem fio (730) para a
30 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 (400) na localização (L2)

para a interface sem fio (730) do primeiro módulo (400) 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 transporte 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**.

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 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**, problemas com a malha (20) e o aro (90) funcionando como uma peneira 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 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 os módulos (400) nas localizações (L2) e (L3) não deveriam

somente ser propensos para ruptura devido a efeitos de trabalho duro, 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 o volume (120) então sendo
5 inacessível ao usuário.

Em uma configuração alternativa, o terceiro módulo (400) na localização (L3) 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
10 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 dados de comunicação a partir do segundo módulo (400) montado na localização (L2) sobre o aro (90). Uma tal
15 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
20 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**. Ainda
alternativamente, os módulos (400) são dinamicamente re-configuráveis dependendo da resistência de sinal sem fio
25 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
30 quando eixos de rodas (10) são permutados em torno ou mudados sobre o veículo. Tal adaptabilidade irá ser descrita em maiores detalhes posteriormente.

Beneficamente, o primeiro módulo, o segundo módulo e o terceiro módulo (400) montados nas localizações (L1), (L2)

e **(L3)**, 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 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 à **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)** benéficamente 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 benéficamente 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 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 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 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 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, 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 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
5 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
10 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 adequado geograficamente conveniente (**1010**). Opcionalmente, o centro
15 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
20 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 atrapalhar entregas de tempo crítico no *trailer* (**940**) para o cliente. Além do mais, o
25 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
30 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), o centro de serviço (1010) ou o cliente. Um aperfeiçoamento de serviço para o cliente é por
5 intermédio disso susceptível de ser conseguido.

De maneira 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
10 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
15 centro de controle (1000) e do motorista (910) de tal mau funcionamento, mas continua a monitorar outras rodas (10) no qual módulos (400) estão continua a monitorar outras rodas (10) cujos módulos (400) estão continuando a funcionar corretamente. Tal declinação elegante em
20 funcionalidade de monitoramento dos módulos (400) montados sobre uma ou mais das rodas (10) é susceptível de 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
25 do centro de controle (1000) se ou não continua dirigindo o veículo (900) em vista de um ou mais de seus módulos (400) se tornando não operacional. 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
30 exemplo.

3. AUTO-ALINHAMENTO DE MÓDULOS

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 (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 de 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 (INU) 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 desejado que 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 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
5 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
10 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 (x);
- como ilustrado na **Figura 17**.

15 O eixo ortogonal (z) e eixo ortogonal (x) são pertinentes nas localizações (L1) até (L4). O eixo ortogonal (x) é dependente de um raio (r) em que o ponto está a partir do eixo geométrico (B-B). A **Figura 17** corresponde para a **Figura 9** para o ângulo de inclinação (ϕ)
20 sendo substancialmente zero. Como elucidado precedentemente, a aceleração (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
25 relativamente para seu eixo de rodas (110). Além do mais, a aceleração vertical (A_v) resolvida a partir de componentes de aceleração (A_x) e (A_y) mensurados em um determinado módulo (400) é benéfica para monitoramento de desequilíbrio na roda (10) e também um tipo de desequilíbrio envolvido.
30 Entretanto, como mostrado na **Figura 17**, o módulo (400) é potencialmente montado em uma posição angularmente desalinhada sobre a roda (10) tal que seus eixos ortogonais locais simbolizados por (x'), (y'), (z') não se alinham com eixos ortogonais verdadeiros (x, y, z) requeridos para

geração de sinais de aceleração (A_x , A_y , A_z) altamente úteis.

5 Acelerações (A_x' , A_y' , A_z') correspondem para mensurações de acelerações ao longo dos eixos ortogonais locais (x' , y' , z'), respectivamente. É conceptível resolver as acelerações (A_x' , A_y' , A_z') levando-se em conta os eixos ortogonais verdadeiros (x , y , z) como proporcionados por um mapeamento de matriz como definido pela Equação 10 (Eq. 10):

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

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

15 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 manobrando, 20 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:

- 25 (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).

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} A_z = 0$$

Eq. 11

- em que (θ_1) e (θ_2) são limites de integração inferiores e superiores correspondendo para primeiro e
5 segundo ângulos de rotação angulares (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
10 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
15 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
20 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 as Equações 10, 11 e 12, ou quanto iterativamente por re-computação por várias combinações dos ângulos (α) e (β)
25 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
 5 condição **zero** como determinado na Equação 11 e na Equação 12, aplicação destes ângulos (α) e (β) conforme definidos na 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
 10 ser implementada na unidade de controle eletrônico **ECU** (950) ou no módulo (400), ou distribuída entre tanto a unidade de controle eletrônico **ECU** (950) e quanto o processador de computador (170) do módulo (400) a espalhar (dispersar) carga computacional.

15 As Equações 10 até 12 são um exemplo de acelerações de auto-resolução sensoriadas pelo acelerômetro (770) do módulo (400) para gerar correspondentes sinais de aceleração adequados para processamento como representado na **Figura 11** e na **Figura 13** com descrição associada
 20 precedentemente. Embora auto-resolução para um acelerômetro de três eixos geométricos (770) seja descrita, tal auto-resolução aproximada pode ser também empregada quando o acelerômetro (770) é um acelerômetro de dois eixos geométricos, por exemplo, de uma forma simplificada. Auto-
 25 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
 30 (L4) não necessitam ser montados em cima da roda (10) conforme definido para alinhamento angular altamente 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 nas Equações 10 até 12 é empregada no aparelho (600), um aparelho correspondente como indicado geralmente por (2200) na **Figura 22** 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 , 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 aceleração (A_z). Os dados de sinal de acelerações (A_v , A_z) são então submetidos para análise harmônica 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) da rotação da roda (10). Os coeficientes de harmônicos [$Q_v(m)$] e [$Q_z(m)$] são então opcionalmente submetidos para escalonamento 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 análise em ternos 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 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 (210) se tornou danificada;

(f) o pneu (30) está insuficientemente inflado;

(g) o pneu (30) está excessivamente inflado;

5 (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
10 potencialmente em desenvolvimento de falha;

- 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
15 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
20 (400) podem ser opcionalmente montados em uma ou mais 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
25 (2200) é susceptível de ser implementado substancialmente na unidade de controle eletrônico (ECU 950), sobre o módulo (400), ou tanto sobre o módulo (400) e quanto na unidade de controle eletrônico (ECU 950) em combinação. O *software* é opcionalmente suprido como um ou mais produtos de *software*
30 em um ou mais suportes de dados. Além do mais, 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 18** é susceptível

de ser modificado de uma maneira parecida com o aparelho (690) ilustrado na **Figura 13**, a saber, concorrentemente ou alternadamente sendo operável para harmonicamente analisar um sinal amostrado representativo da pressão (**P**) no volume

5 (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

10 anteriormente referidos de "calibragem" dos módulos (400), a saber, possibilitar a unidade de controle eletrônico (**ECU** 950) para identificar quais dos módulos (400) com o qual é requerido se comunicar sobre o veículo (900), em que os módulos (400) são montados em várias localizações sobre as

15 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

20 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

25 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

30 do pneu (30).

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 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 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 nas **reivindicações de patente** acompanhantes posteriormente não são para serem construídas para influenciar escopo de **reivindicação de patente** interpretado, mas meramente auxiliam em compreensão da presente invenção quando estudando as **reivindicações de patente** subsequente.

4. EXEMPLOS ADICIONAIS DE UTILIZAÇÃO DO MÓDULO

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

Embora o processador de computador (710) seja descrito precedentemente como sendo um dispositivo de computação operável para executar software, irá ser apreciado que o computador (710) é susceptível de ser substituído por um dispositivo lógico dedicado, por exemplo, um circuito integrado específico de alocação (**ASIC** - *allocation specific integrated circuit*), e a presente invenção é para ser construída para incluir a utilização de tais dispositivos (**ASIC**).

Por exemplo, utilização do codificador de sensor **ABS** (118) para sensoriamento de rotação das rodas (10) foi descrita precedentemente. Entretanto, adicionalmente ou 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 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 observada nos componentes de aceleração (A_x , A_y) sendo geralmente mais rápidas do que efeitos devidos para tal aceleração ou desaceleração geral do veículo (900), é conceptível filtrar ou compensar para tais componentes nos componentes de aceleração (A_x , A_y) como um peso do veículo (900) 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 para ou como uma alternativa para o sensor de codificador **ABS** (118), tal derivação não pressupõe a utilização de auto-alinhamento anteriormente referido dos eixos ortogonais (x' , y' , z') do módulo (400) para os eixos verdadeiros (x , y , z) da roda (10) representativos de eixos 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** 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
5 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
10 que uma distância espacial relativa entre o primeiro módulo
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
15 porção da radiação recebida no mesmo e transportar um
correspondente sinal sem fio para a unidade de controle
eletrônico **(ECU 950)**. O sinal é representativo de uma
mudança de separação espacial entre o primeiro módulo e o
segundo módulo **(400)** como uma função de suas rodas **(10)**
20 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
25 correspondente sinal 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 e o segundo módulo **(400)** como uma
30 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.

5 Características vantajosas do sistema como definido anteriormente são como se segue nesta descrição.

Opcionalmente, o módulo é operável para detectar eventos de despressurização experimentados pela roda e uma substituição do pneu incluindo correspondente informação no
10 registro.

Opcionalmente, o módulo é montável em uma ou mais localizações (**L1, L2, L3, L4**) sobre a roda, a uma ou mais localizações incluindo:

- 15 (a) sobre um cubo de roda substancialmente em um eixo geométrico (**B-B**) de rotação da roda;
- (b) sobre um cubo de roda da roda em uma distância radial a partir do eixo geométrico de rotação (**B-B**) da roda;
- (c) sobre um cubo de roda em comunicação fluida com
20 uma válvula de enchimento de um pneu da roda para sensoramento de uma pressão (**P**) dentro do pneu;
- (d) dentro de um pneu da roda para sensoramento de uma pressão (**P**) dentro do pneu, o módulo sendo montado para uma superfície periférica de um cubo
25 de roda da roda;
- (e) dentro de um pneu da roda para sensoramento de uma pressão (**P**) dentro do pneu, o módulo sendo montado para uma superfície de parede lateral interna do pneu para mensuração de
30 características de flexão da parede lateral; e
- (f) sobre uma superfície interna de um aro periférico da roda para sensoramento de aceleração na mesma.

Opcionalmente, o módulo inclui um sensor de

temperatura para sensoramento de uma temperatura (T_{mod}) no mesmo, o sensor de temperatura sendo operável para gerar um sinal de temperatura representativo da temperatura (T_{mod}) para recepção no processador de dados para pelo menos um registro na memória de dados e comunicação por intermédio da interface sem fio externamente para o módulo. Monitoramento da temperatura (T_{mod}) possibilita que uma pressão (P) mensurada dentro de um pneu ou cavidade inflada 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, em um evento em que uma temperatura excessiva aparece seja detectado, um alerta pode ser opcionalmente emitido pelo aparelho.

Opcionalmente, o módulo inclui pelo menos um de:

- (a) um sensor de padrão de esforço para mensuração de flexão do pneu da roda, o sensor de padrão de esforço sendo operável para gerar um sinal indicativo da flexão para recepção no processador de dados para pelo menos um de registro na memória de dados e comunicação por intermédio da interface sem fio externamente para o módulo;
- (b) um acelerômetro para mensuração de aceleração (A_x , A_y , A_z) em pelo menos um eixo geométrico em uma localização de montagem ($L1$, $L2$, $L3$, $L4$) do módulo sobre a roda, o acelerômetro sendo operável para gerar um sinal indicativo da aceleração (A_x , A_y , A_z) para recepção no processador de dados para pelo menos um de registro na memória de dados e comunicação por intermédio da interface sem fio externamente para o módulo; e
- (c) um sensor magnético para mensuração de um campo magnético aplicado para o módulo, o módulo sendo

operável para gerar um sinal indicativo do campo magnético aplicado para o processador de dados para pelo menos um de registro na memória de dados e comunicação por intermédio da interface sem fio externamente para o módulo.

Tais parâmetros físicos foram descobertos serem benéficos para monitorar quando acessando operação da pelo menos uma roda. Irá ser apreciado que o um ou mais módulos podem ser equipados com um subconjunto das opções **(a)** até **(c)**; por exemplo, um módulo pode ser proporcionado com somente um sensor de pressão, ou uma combinação de um sensor de pressão e um acelerômetro. 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 dos módulos são possíveis conforme definidos para a presente invenção.

Mais opcionalmente, no módulo, o acelerômetro é um acelerômetro de múltiplos eixos geométricos operável para mensurar componentes de aceleração **(A_x , A_y , A_z)** em pelo menos um de eixos geométricos radial, tangencial e transversal levando-se em consideração rotações da roda. Ainda mais opcionalmente, o acelerômetro é um dispositivo micro-maquinado de silício. Para fornecimento do módulo compacto e menos dispendioso de manufaturar, o acelerômetro é benéficamente um dispositivo micro-maquinado de silício. Tais dispositivos de silício são extremamente robustos, efetivos de custo e têm capacidade de provisão de mensuração de aceleração precisa e exata.

Opcionalmente, no módulo, a interface sem fio é operável para se comunicar entre o módulo e uma disposição de processamento **(ECU)** de um veículo, o módulo formando uma rede sem fio com outros módulos similares, em que

determinado de um ou mais módulos são operáveis para funcionar como um ou mais módulos de relé para transportamento de intercâmbio de sinal entre uma disposição de processamento (**ECU**) e outro do um ou mais

5 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.

10 Opcionalmente, no módulo, a interface sem fio é operável para se comunicar entre o módulo e a disposição de processamento (**ECU**), o módulo formando uma rede sem fio com outros módulos similares, que é dinamicamente reconfigurável para transportamento de sinais entre o um ou

15 mais módulos e a disposição de processamento (**ECU**). Uma habilidade exibida pela rede para dinamicamente se reconfigurar por si mesma é de vantagem em que um aparelho incluindo o módulo tem capacidade para continuar operando com funcionalidade de monitoramento reduzida em um evento

20 em que um ou mais 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

25 módulos adicionais são adicionados para o aparelho. Uma tal característica de operação também ultrapassa o aparelho se tornando não funcional meramente levando-se em conta de um de seus módulos desenvolvendo um problema em operação, por exemplo, sua bateria se torna completamente descarregada em

30 operação.

Opcionalmente, o módulo é proporcionado com um código de identificação correspondente (**ID**) para comunicação para uma disposição de processamento (**ECU**) externa para o módulo, de maneira que a disposição de processamento (**ECU**)

tem capacidade para reconhecer o módulo quando correspondentes dados de sinal tiverem sido enviados a partir do mesmo e para atribuir os dados de sinal para o módulo. Utilização de tais códigos de identificação (**ID**) possibilita que uma ou mais rodas que tenham desenvolvido problemas, ou tenham sido descobertas terem problemas potenciais, para serem claramente identificadas e um correspondente alerta informativo não ambíguo enviado para o motorista do veículo e/ou para uma facilidade de serviço responsável por solucionar tais problemas ou problemas potenciais.

Opcionalmente, o módulo inclui uma ou mais fontes de energia elétrica para energização do módulo, a uma ou mais fontes de energia elétrica incluindo pelo menos uma bateria recarregável e um ou mais geradores para recarga da uma ou mais fontes, o um ou mais geradores derivando energia a partir de rotações da pelo menos uma roda. Levando-se em conta 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 popularizadas 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 locais de energia podem se tornar exauridas a menos que recarregadas ou substituídas; inclusão do um ou mais geradores têm capacidade de solucionar tais problemas.

Mais opcionalmente, no módulo, o 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 rotação da 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 roda.

Determinados componentes condutivos em e em torno da
 5 pelo menos uma roda são susceptíveis para criação de
 sombras de rádio e provocar peneiramento de *Faraday*. De
 maneira a solucionar problemas aparecendo a partir de tais
 sombras de rádio e peneiramento de *Faraday*, opcionalmente
 no módulo, a interface sem fio é acoplada para uma malha
 10 eletricamente de condução do pneu da roda, a malha de
 condução sendo operável para funcionar como uma antena de
 retalho sem fio para o módulo para suporte de comunicação
 sem fio entre o módulo e uma disposição de processamento
 (**ECU**) externa para o módulo.

15 Opcionalmente, no módulo, o processador de dados é
 acoplado para a memória de dados, e o módulo por intermédio
 de seu sensor de pressão é operável para registrar a
 pressão (**P**) dentro do pneu da roda em relação para o tempo
 (**t**) como determinado por uma disposição de relógio (**CLK**)
 20 incluída dentro do módulo, e o processador é operável para
 monitorar mudanças na pressão (**P**) com o 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
 25 recarregar o pneu com ar ou gás; e
- (b) qualquer despressurização abrupta do pneu
 indicativa de um evento de perfuração ou de um
 evento de rápida deflação tendo ocorrido, ou o
 pneu tendo sido permutado.

30 Mais opcionalmente, o módulo é operável para comunicar
 uma mensagem a partir do mesmo de que dado sensoriado
 pertencente para o pneu da roda é potencialmente não
 confiável levando-se em conta a despressurização abrupta.

Mais opcionalmente, o módulo é operável para monitorar

a pressão (**P**), a despeito de se ou não o módulo está em seu estado de hibernação de economia de energia. Tal operação fornece falsificação executada sobre o veículo quando em um estado estacionado detectável.

5 Em seu estado de hibernação, o um ou mais módulos são benéficamente operáveis para brevemente permutar momentaneamente para seus estados ativos para identificar se a disposição de processamento está emitindo um comando de estado ativo e/ou parâmetros físicos tais como pressão
10 e/ou aceleração tendo começado a flutuar de uma maneira indicativa de que a pelo menos uma roda está em movimentação.

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

Mais opcionalmente, o módulo é operável para permutar entre o estado ativo e o estado de hibernação em resposta
25 para uma ou mais instruções comunicadas sem fio para o módulo. 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
30 combustão; o estado de hibernação conserva energia em 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 o um ou mais módulos a partir de seus estados de hibernação quando ao veículo se dá

partida novamente.

Mais opcionalmente, o módulo é operável para permutar a partir do estado ativo para o estado de hibernação de economia de energia em resposta a um período de tempo (**t**) no qual o módulo detecta um ou mais de:

- (a) uma cessação de mudanças em pressão (**P**) do pneu da 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 roda durante um período de tempo pré-determinado (**t**).

Mais opcionalmente, o módulo é operável para permutar a partir do estado de hibernação de economia de energia para o estado ativo em resposta para o módulo detectando um ou mais de:

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

Opcionalmente, o um ou mais módulos tem por si mesmos capacidade de autonomamente permutar para seus estados de hibernação para conservar suas baterias. Similarmente, o um ou mais módulos têm benéficamente capacidade de automaticamente e autonomamente retornar para seus estados ativos sem que a disposição de processamento venha a necessitar enviar quaisquer instruções explícitas.

Opcionalmente, o módulo é operável para também responder com dado indicativo de características esperadas da roda para a qual o módulo é montado em operação.

Opcionalmente, o módulo é operável para monitorar um evento de falsificação aplicado para a roda.

Em concordância com um segundo aspecto da presente invenção, é proporcionado um método de monitoramento de uma pressão (**P**) dentro de um pneu utilizando um módulo. Em

concordância com um segundo aspecto da presente invenção, é proporcionado um método de monitoramento de pelo menos uma pressão **(P)** dentro de um pneu de uma roda utilizando um módulo operativamente montado para pelo menos um do pneu e
 5 um cubo de roda da roda, o método sendo **caracterizado pelo fato** de que inclui etapas de:

- (a) mensuração de a pressão **(P)** utilizando um sensor de pressão do módulo para geração de um correspondente sinal de pressão;
- 10 (b) recepção do sinal de pressão em um processador de dados do módulo, o processador de dados sendo acoplado em comunicação com uma memória de dados associada;
- (c) geração de um registro da pressão **(P)** como uma
 15 função de tempo **(t)** na memória de dados para monitoramento da roda e de seu pneu; e
- (d) comunicação de informação derivada a partir do registro por intermédio de uma interface sem fio do módulo para possibilitar uma condição da roda
 20 para ser monitorada externamente para o módulo.

Opcionalmente, o método inclui uma etapa adicional de detecção de eventos de despressurização experimentados pela roda e uma substituição do pneu e incluindo correspondente informação no registro.

25 Mais opcionalmente, o método inclui uma etapa de montagem do módulo em uma ou mais localizações **(L1, L2, L3, L4)** sobre a roda, a uma ou mais localizações incluindo:

- (a) sobre um cubo de roda da roda substancialmente em um eixo geométrico **(B-B)** de rotação da roda **(10)**;
- 30 (b) sobre um cubo de roda da roda em uma distância radial a partir do eixo geométrico de rotação **(B-B)** da roda **(10)**;
- (c) sobre um cubo de roda da roda em comunicação de fluido com uma válvula de enchimento de um pneu

da roda para sensoriamento de uma pressão (**P**) dentro do pneu;

(d) dentro de um pneu da roda para sensoriamento de uma pressão (**P**) dentro do pneu, o módulo sendo montado para uma superfície periférica de um cubo de roda da roda;

(e) dentro de um pneu da roda para sensoriamento de uma pressão (**P**) dentro do pneu, o módulo sendo montado para uma superfície de parede lateral interna do pneu para mensuração de características de flexão da parede lateral; e

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

Montagem do 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 o 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 suas rolagens.

Mais opcionalmente, quando implementando o método, o módulo inclui um sensor de temperatura para sensoriamento de uma temperatura (**T_{mod}**) no mesmo, o sensor de temperatura sendo operável para gerar um sinal de temperatura representativo da temperatura (**T_{mod}**) para recepção no processador de dados para pelo menos um de registro na memória de dados e comunicação por intermédio da interface sem fio externamente para o módulo.

Opcionalmente, quando implementando o método, o módulo

inclui pelo menos um de:

- 5 **(a)** um sensor de padrão de esforço para mensuração de flexão do pneu da roda, o sensor de padrão de esforço sendo operável para gerar um sinal indicativo da flexão para recepção no processador de dados para pelo menos um de registro na memória de dados e comunicação por intermédio da interface sem fio externamente para o módulo;
- 10 **(b)** um acelerômetro para mensuração de aceleração (A_x, A_y, A_z) em pelo menos um eixo geométrico em uma localização de montagem $(L1, L2, L3, L4)$ do módulo sobre a roda, o acelerômetro sendo operável para gerar um sinal indicativo da aceleração (A_x, A_y, A_z) para recepção no processador de dados para pelo menos um de registro na memória de dados e para comunicação por intermédio da interface sem fio externamente para o módulo; e
- 15 **(c)** um sensor magnético para mensuração de um campo magnético aplicado para o módulo, o módulo sendo operável para gerar um sinal indicativo do campo magnético aplicado para o processador de dados para pelo menos um de registro na memória de dados e comunicação por intermédio da interface sem fio externamente para o módulo.
- 20 **(c)** um sensor magnético para mensuração de um campo magnético aplicado para o módulo, o módulo sendo operável para gerar um sinal indicativo do campo magnético aplicado para o processador de dados para pelo menos um de registro na memória de dados e comunicação por intermédio da interface sem fio externamente para o módulo.
- 25 **(c)** um sensor magnético para mensuração de um campo magnético aplicado para o módulo, o módulo sendo operável para gerar um sinal indicativo do campo magnético aplicado para o processador de dados para pelo menos um de registro na memória de dados e comunicação por intermédio da interface sem fio externamente para o módulo.

Mais opcionalmente, quando implementando o método, o acelerômetro é um acelerômetro de múltiplos eixos geométricos operável para mensurar componentes de aceleração (A_x, A_y, A_z) em pelo menos um de eixos geométricos radial, tangencial e transversal levando-se em consideração rotações da roda. Mais opcionalmente, o acelerômetro é um dispositivo micro-maquinado de silício.

Mais opcionalmente, quando implementando o método, a interface sem fio é operável para se comunicar entre o

módulo e uma disposição de processamento (**ECU**) de um veículo, o módulo formando uma rede sem fio com outros módulos similares, em que determinados dos um ou mais módulos são operáveis para funcionar como um ou mais
5 módulos de relé para transportamento de permuta de sinal entre uma disposição de processamento (**ECU**) e outro dos um ou mais módulos.

Mais opcionalmente, quando implementando o método, a interface sem fio é operável para se comunicar entre o
10 módulo e uma disposição de processamento (**ECU**), o módulo formando uma rede sem fio com outros módulos similares que é dinamicamente re-configurável para transportamento de sinais entre o um ou mais módulos e a disposição de processamento (**ECU**).

15 Opcionalmente, quando implementando o método, o módulo é proporcionado com um correspondente código de identificação (**ID**) para comunicação para uma disposição de processamento (**ECU**) externa para o módulo, de maneira que a disposição de processamento (**ECU**) tem capacidade para
20 reconhecer o módulo quando correspondentes dados de sinal tiverem sido enviados a partir do mesmo e atribuir os dados de sinal para o módulo.

Opcionalmente, o método inclui uma etapa de inclusão de uma ou mais fontes de energia elétrica para energização
25 do módulo, a uma ou mais fontes de energia elétrica incluindo pelo menos uma bateria recarregável e um ou mais geradores para recarga da uma ou mais fontes, o um ou mais geradores derivando energia a partir de rotações da pelo menos uma roda.

30 Mais opcionalmente, quando implementando o método, o 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 rotação da roda; e

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

5 Opcionalmente, o método inclui uma etapa de acoplamento da interface sem fio para uma malha de condução eletricamente do pneu da roda, a malha de condução sendo operável para funcionar como uma antena de retalho sem fio para o módulo para suporte de comunicação sem fio entre o
10 módulo e uma disposição de processamento (**ECU**) externa para o módulo.

 Opcionalmente, quando implementando o método, o processador de dados é acoplado para a memória de dados, e o módulo por intermédio de seu sensor de pressão é operável
15 para registrar a pressão (**P**) dentro do pneu da roda em relação para o tempo (**t**) como determinado por uma disposição de relógio (**CLK**) incluída dentro do módulo, e o processador é operável para monitorar mudanças na pressão (**P**) com o tempo (**t**) para identificar um ou mais de:

- 20 (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
- (b) qualquer despressurização abrupta do pneu indicativa de um evento de perfuração ou um
25 evento de rápida deflação tendo ocorrido, ou o pneu tendo sido substituído.

 Mais opcionalmente, o módulo inclui uma etapa de comunicação a partir do módulo de uma mensagem de que dado sensoriado pertencente para o pneu da roda é potencialmente
30 não confiável levando-se em conta a despressurização abrupta.

 Mais opcionalmente, quando implementando o método, o módulo é operável para monitorar a pressão (**P**), a despeito de se ou não o módulo está em seu estado de hibernação de

economia de energia.

Opcionalmente, quando implementando o método, o módulo é operável para permutar entre um estado ativo e um estado de hibernação de economia de energia.

5 Mais opcionalmente, quando implementando o método, o módulo é operável para permutar entre o estado ativo e o estado de hibernação em resposta para uma ou mais instruções comunicadas sem fio para o módulo.

10 Mais opcionalmente, quando implementando o método, o módulo é operável para permutar a partir do estado ativo para o estado de hibernação de economia de energia em resposta a um período de tempo (**t**) no qual o módulo detecta um ou mais de:

- 15 (a) uma cessação de mudanças em pressão (**P**) do pneu da roda durante um período de tempo pré-determinado (**t**); e
- (b) uma cessação de mudanças em aceleração (**A_x**, **A_y**, **A_z**) sensorizada sobre a roda durante um período de tempo pré-determinado (**t**).

20 Mais opcionalmente, quando implementando o método, o módulo é operável para permutar a partir do estado de hibernação de economia de energia para o estado ativo em resposta para o módulo detectando um ou mais de:

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

30 Opcionalmente, quando implementando o método, o módulo é operável para também responder com dados indicativos de características esperadas da roda para a qual o módulo é montado em operação.

Opcionalmente, o método inclui uma etapa de monitoramento utilizando o módulo em um evento de falsificação aplicado para a roda.

Em concordância com um terceiro aspecto da presente invenção, é proporcionado um aparelho de monitoramento de roda para monitoramento de operação de pelo menos uma roda de um veículo, o aparelho incluindo um ou mais módulos de sensor operativamente montados para revolução com a pelo menos uma roda, o um ou mais módulos operativamente acoplados em comunicação com uma disposição de processamento (**ECU**) do veículo, o 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 (**ECU**), 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, o aparelho incluindo uma disposição de sensor para sensoriamento de uma orientação angular (θ) da pelo menos uma roda;

- **caracterizado pelo fato** de que:
- a disposição de processamento (**ECU**) é operável para processar o pelo menos um sinal de sensor levando-se em consideração a orientação angular (θ) e/ou a frequência angular (ω) de rotação da pelo menos uma roda; e
- o um ou mais módulos são operáveis para sensoriar mudanças dinâmicas ocorrendo no pelo menos um parâmetro físico como comunicado no pelo menos um sinal de sensor para a disposição de processamento (**ECU**) para computação da informação indicativa de operação da pelo menos uma roda.

Irá ser apreciado que a frequência angular de rotação (ω) é derivável a partir de uma derivado de tempo de primeira ordem de uma correspondente orientação angular (θ), a saber, $\omega = d\theta/dt$.

Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos incluem um sensor de temperatura para sensoriamento de uma temperatura (**T_{mod}**) no mesmo, o um ou

mais módulos sendo operáveis para comunicar um sinal indicativo da temperatura (T_{mod}) para a disposição de processamento (**ECU**) para utilização em computação da informação indicativa de operação da pelo menos uma roda.

5 Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos incluem pelo menos um de:

- 10 (a) um sensor de pressão operável para sensoriar uma pressão (**P**) existente dentro de um pneu da pelo menos uma roda, o 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;
- 15 (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;
- 20 (c) um acelerômetro 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**) do um ou mais módulos sobre a pelo menos uma roda, o 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
- 25 (d) um sensor magnético para mensuração de um campo magnético aplicado para o um ou mais módulos, o 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.
- 30

Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o acelerômetro é um acelerômetro de múltiplos eixos geométricos operável para mensurar componentes de aceleração (A_x , A_y , A_z) em pelo menos um de eixos geométricos radial, tangencial e transversal levando-se em
5 consideração rotações da pelo menos uma roda. Ainda mais opcionalmente, o acelerômetro é um dispositivo micro-maquinado de silício.

Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de
10 roda, a disposição de processamento (**ECU**) é operável para aplicar auto-alinhamento para um ou mais eixos geométricos de sensoriamento do acelerômetro para efetivamente alinhar os mesmos para pelo menos um de eixos geométricos radial, tangencial e transversal levando-se em consideração
15 rotações da pelo menos uma roda. Tal auto-alinhamento tem capacidade de simplificação de instalação do um ou mais módulos por fornecimento de colocação do um ou mais módulos sobre a pelo menos uma roda menos angularmente crítica.

Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de
20 roda, 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
25 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 (**ECU**) analisar. Opcionalmente, mensurações de aceleração
30 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 sintetizadas a partir da mesma para propósitos de integração; uma tal

implementação é para ser construída para significar integração para uma revolução completa da roda.

Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, a disposição de processamento (**ECU**) é operável para
5 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
10 veículo.

Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos são montados em uma ou mais localizações (**L1, L2, L3, L4**) na pelo menos uma roda, a uma ou mais localizações incluindo:

- 15 (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;
- 20 (c) sobre um cubo da pelo menos uma roda em comunicação fluida com uma válvula de enchimento de um pneu da roda para sensoramento de uma pressão (**P**) dentro do pneu;
- 25 (d) dentro de um pneu da pelo menos uma 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 roda;
- 30 (e) dentro de um pneu da pelo menos uma roda para sensoramento de uma pressão (**P**) dentro do pneu, o pelo menos um ou mais módulos sendo montado para uma superfície de parede lateral interna do pneu para mensuração de características de flexão

da parede lateral; e

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

5 Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos incluem pelo menos uma interface sem fio para comunicação entre o um ou mais módulos e a disposição de processamento (**ECU**), o um ou mais módulos formando uma rede sem fio em que determinados dos um ou mais módulos são
10 operáveis para funcionar como um ou mais módulos de relé para transportamento de permuta de sinal entre a disposição de processamento (**ECU**) e outro do um ou mais módulos.

 Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos incluem pelo menos uma interface sem fio
15 para comunicação entre o um ou mais módulos e a disposição de processamento (**ECU**), o um ou mais módulos formando uma rede sem fio que é dinamicamente reconfigurável para transportamento de sinais entre o um ou mais módulos e a disposição de processamento (**ECU**).

20 Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos incluem pelo menos uma interface sem fio para comunicação entre o um ou mais módulos e a disposição de processamento (**ECU**), o um ou mais módulos formando uma rede sem fio que é dinamicamente reconfigurável em resposta
25 para o um ou mais módulos mudando entre estados funcional e não funcional em operação, para possibilitar que o aparelho a venha a continuar funcionar com funcionalidade modificada levando-se em consideração operação de monitoramento da pelo menos uma roda.

30 Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos são cada um proporcionados com um correspondente código de identificação (**ID**) para comunicação para a disposição de processamento (**ECU**) de maneira que a disposição de processamento (**ECU**) tem

capacidade para reconhecer a partir de qual módulo correspondente dado de sinal foi enviado.

Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos incluem uma ou mais fontes de energia elétrica para energização do um ou mais módulos, a uma ou mais fontes de energia elétrica incluindo pelo menos uma bateria recarregável e um ou mais geradores para recarga da uma ou mais fontes, o um ou mais geradores derivando energia a partir das rotações da pelo menos uma roda.

Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o 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 rotação 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.

Opcionalmente, de maneira a juntar (coletar) mais mensurações representativas indicativas de operação da pelo menos uma roda, o 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*. Opcionalmente, 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 do um ou mais módulos incluem 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, o aparelho de monitoramento de roda inclui um mostrador (*display*) acoplado em comunicação com a disposição de processamento (**ECU**) para apresentação de
10 informação para um motorista do veículo indicando pelo menos um de:

- (a) um estado (*status*) de operação do um ou mais módulos;
- (b) uma condição da pelo menos uma roda;
- 15 (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 em um evento em que uma ou mais falhas ou
20 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.

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

indicação de se ou não falsificação de roda ocorreu, e assim por diante.

Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, a disposição de processamento (**ECU**) é proporcionada 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 computado 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 da uma ou mais falhas ou potenciais falhas.

Opcionalmente, o aparelho de monitoramento de roda compreende 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, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos incluem um processador de dados acoplado para uma memória de dados, o 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 do 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

- (b) qualquer despressurização abrupta do pneu indicativa de um evento de perfuração ou de um evento de rápida deflação tendo ocorrido, ou o pneu tendo sido permutado.

5 Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos são operáveis para comunicar para a disposição de processamento (**ECU**) uma mensagem de que dado sensoriado pertencente para o pneu da pelo menos uma roda é
10 potencialmente não confiável devido para a despressurização abrupta. 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
15 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 as quais o
20 motorista do veículo é beneficadamente informado.

Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos são operáveis para monitorar a pressão (**P**), a despeito de se ou não o um ou mais módulos estão em seus estados de hibernação de economia de energia.

25 Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos são operáveis para permutar entre um estado ativo e um estado de hibernação de economia de energia. Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o um ou mais módulos são operáveis para permutar
30 entre o estado ativo e o estado de hibernação em resposta para uma ou mais instruções comunicadas sem fio para o um ou mais módulos.

Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o 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 o um ou mais módulos detectam um ou mais de:

- 5 **(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)**.

10 Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o 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 o um ou mais módulos detectando um ou mais de:

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

20 Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, o pelo menos um parâmetro físico inclui pelo menos um de:

- (a)** uma pressão **(P)** dentro de um pneu da pelo menos uma roda como mensurada no um ou mais módulos;
- 25 **(b)** uma aceleração **(A_x, A_y, A_z)** como mensurada substancialmente no ou mais módulos;

 - em que a disposição de processamento **(ECU)** é 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

30 identificar componentes de harmônicos levando-se em consideração a frequência angular **(ω)** correspondendo para uma taxa de mudança temporal da orientação angular **(θ)** da pelo menos uma roda.

 Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de

roda, a análise de harmônicos aplica computação para pelo menos um de:

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

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

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

Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, 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 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;
- (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 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 potencialmente uma falha 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 manifestado em aceleração ou sinais acústicos sensorizados nos um ou mais módulos.

Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, 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.

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**).

5 Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, a disposição de processamento (**ECU**) é proporcionada com uma lista pré-determinada de tipos de roda susceptíveis de serem empregadas com o veículo e características esperadas associadas, e o um ou mais módulos são operáveis para
10 comunicar informação para a disposição de processamento (**ECU**) levando-se em consideração uma identificação de um tipo de roda em cima da qual um ou mais módulos são montados, e a disposição de processamento (**ECU**) é operável para comparar sinais mensurados proporcionados a partir dos
15 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.

20 Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, 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
25 entre os um ou mais processadores de dados e a disposição de processamento (**ECU**).

 Opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, a disposição de processamento (**ECU**) é operável para enviar uma mensagem requisitando os um ou mais módulos para
30 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

de quaisquer mudanças na configuração de um ou mais módulos ocorrendo.

5 Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, 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.

10 Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, 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 ou mais módulos para verificação de operação funcional da disposição de sensor e/ou dos um ou
15 mais módulos.

Mais opcionalmente, no aparelho de monitoramento de roda, a disposição de sensor é um sensor de orientação angular de roda **ABS** associado com freios do veículo. Opcionalmente, de maneira a obter maior funcionalidade a
20 partir de componentes existentes já incluídos sobre o veículo, quando implementando o aparelho 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 quarto aspecto da presente
25 invenção, é proporcionado um método para monitoramento de operação de pelo menos uma roda de um veículo utilizando um aparelho de monitoramento de roda, o aparelho incluindo um ou mais módulos de sensor operativamente montados para revolucionar com a pelo menos um roda, os um ou mais
30 módulos de sensor sendo operativamente acoplados em comunicação com uma disposição de processamento (**ECU**) do veículo;

- o método incluindo as etapas de:

(a) sensoramento de utilização dos um ou mais módulos de pelo menos um parâmetro físico da pelo

menos uma roda e geração de pelo menos um correspondente sinal de sensor para a disposição de processamento (**ECU**);

5 **(b)** sensoramento de uma orientação angular (θ) da pelo menos uma roda utilizando uma disposição de sensor do aparelho;

10 **(c)** processamento na disposição de processamento (**ECU**) do pelo menos um sinal de sensor para computar informação indicativa de operação da pelo menos uma roda;

- **caracterizado pelo fato** de que:

15 - a disposição de processamento (**ECU**) é operável para processar o pelo menos um sinal de sensor levando-se em consideração a orientação angular (θ) e/ou uma frequência angular (ω) de rotação da pelo menos uma roda; e

20 - a pelo menos uma roda é operável para sensoriar mudanças dinâmicas ocorrendo no pelo menos um parâmetro físico dentro de uma ou mais revoluções da pelo menos uma roda quando comunicadas no pelo menos um sinal de sensor para a disposição de processamento (**ECU**) para computação da informação indicativa de operação da pelo menos uma roda.

25 Os módulos podem adicionalmente ser utilizados em um método de detecção de mau uso de pneus em que um processador de dados é operável para continuamente ou periodicamente atualizar (*update*) dados armazenados em um campo de dados contendo dado relevante para o estado funcional do pneu; em que:

- referido campo de dados inclui pelo menos um de:

30 **(d)** um registro da distância em que o pneu tenha sido utilizado;

(e) um campo de dados contendo registro de amostras de pressão mensurada pelo sensor de pressão;

(f) um campo de dados contendo registro de amostras da temperatura mensurada por um sensor de

temperatura montado sobre referida roda para monitoramento da temperatura do pneu;

- validando referidos campos de dados por um método de validação de dado relevante para o estado funcional de um pneu armazenado em um módulo montado em uma roda, em que
5 as seguintes etapas de método são desempenhadas para validar referido dado:

- (a) monitoramento de uma pressão (**P**) mensurada por um sensor de pressão (**760**);
- 10 (b) manutenção de referido dado relevante para o estado funcional do pneu como válido quanto mais cedo referida pressão (**P**) seja mantida acima de um valor de limiar pré-determinado;
- (c) ajustamento de referido dado relevante para o
15 estado funcional do pneu como inválido quanto mais cedo referida pressão (**P**) mensurada por referido sensor de pressão (**760**) cai abaixo de referido valor de limiar pré-determinado; e
- determinação de que um mau uso do pneu esteve
20 presente se dado validado mostra que referido campo de dados contendo registro de amostras de pressão mensuradas pelo sensor de pressão contém dados fora de uma faixa de ajuste ou se referido campo de dados contendo registro de amostras da
25 temperatura mensuradas por um sensor de temperatura contém dados acima de um valor de limiar.

A presente invenção não é limitada para as concretizações exemplificativas descritas anteriormente, e deverá
30 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 módulo (400) operável para monitorar pelo menos uma pressão (P) dentro de um pneu (30) de uma roda (10), referido módulo (400) sendo operativamente montado para referida roda (10), referido módulo (400) incluindo:

- a) um sensor de pressão (760) para mensuração de referida pressão (P) e geração de um correspondente sinal de pressão; e
- b) uma memória de dados associada incluindo um campo de dados contendo dado relevante para o estado (*status*) funcional do pneu;

caracterizado pelo fato de que referido módulo inclui uma *flag* que pode ser ajustada por um processador de dados para representar "VÁLIDO" ou "INVÁLIDO" para simbolização de validade ou invalidade de referido dado relevante para o estado funcional do pneu e que referida *flag* é ajustada para ser mudada a partir de "VÁLIDO" para "INVÁLIDO" quanto mais cedo referida pressão (P) mensurada por referido sensor de pressão cai abaixo de referido valor de limiar pré-determinado.

2. Um módulo de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que referido campo de dados contendo dado relevante para o estado funcional do pneu inclui um ou mais dos seguintes dados:

- (a) curvas de deslizamento (derrapagem) de pneu;
- (b) tamanho de pneu;
- (c) idade de pneu;
- (d) um registro da distância em que o pneu tenha sido utilizado;
- (e) um campo contendo registro de amostras de pressão mensurada pelo sensor de pressão; e
- (f) um campo de dados contendo registro de amostras da temperatura mensurada por um sensor de

temperatura montado sobre referida roda para monitoramento da temperatura do pneu.

3. Um módulo de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **caracterizado pelo fato** de que referido processador de dados é prevenido de mudar referida *flag* a partir de "INVÁLIDO" para "VÁLIDO" a menos que um sinal de código de chave seja recebido externamente a partir do módulo.

4. Um módulo de acordo com as reivindicações 1, 2 ou 3, **caracterizado pelo fato** de que referido processador de dados é operável para mudar referida *flag* a partir de "INVÁLIDO" para "VÁLIDO" quando um sinal de código de chave seja recebido externamente a partir do módulo.

5. Um módulo de acordo com qualquer das reivindicações 1 - 4, **caracterizado pelo fato** de que referido processador de dados é operável para monitorar referida pressão (P) mensurada por referido sensor de pressão (760) e para manter referida *flag* como "VÁLIDO" quanto mais cedo referida pressão (P) é mantida acima de um valor de limiar pré-determinado, e para ajustar referida *flag* para "INVÁLIDO" quanto mais cedo referida pressão (P) mensurada por referido sensor de pressão cai abaixo de referido valor de limiar pré-determinado.

6. Um módulo de acordo com qualquer das reivindicações 1 - 5, **caracterizado pelo fato** de que referido campo de dados contendo dado relevante para o estado funcional do pneu inclui um campo de dados contendo registro de amostras de pressão mensurada pelo sensor de pressão, e de que referido processador de dados é operável para ajustar referida *flag* para "INVÁLIDO" quando referido registro de amostra contém pelo menos uma amostra abaixo de referido valor de limiar pré-determinado.

7. Um módulo de acordo com qualquer das reivindicações 1 - 5, **caracterizado pelo fato** de que referido processador de dados (710) é acoplado em

comunicação com referida memória de dados associada (720) e operável para receber referido sinal de pressão que é disposto em referido módulo.

8. Um módulo de acordo com qualquer das reivindicações 1 - 7, **caracterizado pelo fato** de que referido sensor de pressão é montado sobre um aro da roda.

9. Um módulo de acordo com qualquer das reivindicações 1 - 8, **caracterizado pelo fato** de que referido módulo adicionalmente compreende:

10 (c) uma interface sem fio (730) acoplada em comunicação com referido processador (710) para possibilitar que referido processador (720) venha a se comunicar externamente para o módulo (400); e

15 (d) uma fonte de energia (700) para provisão de energia de operação para referido módulo (400); em que referido processador de dados (760) é operável para geração de um registro de referida pressão (P) como uma função de tempo (t) em
20 referida memória de dados (720) para monitoramento de referida roda (10) e seu pneu (30) e para comunicar informação derivada a partir de referido registro por intermédio de referida interface sem fio (730) para
25 possibilitar que uma condição de referida roda (10) venha a ser monitorada externamente para o módulo (400).

10. Um módulo (400) de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que
30 referido módulo (400) é operável para detectar eventos de despressurização experimentados por referida roda (10) e uma substituição de referido pneu (30) inclui correspondente informação em referido registro.

11. Um módulo (400) de acordo com qualquer das

reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que é de montagem em uma ou mais localizações (L1, L2, L3, L4) sobre referida roda (10), referidas uma ou mais localizações incluindo:

- 5 (a) sobre um cubo de roda (20) de referida roda (10) substancialmente em um eixo geométrico (B-B) de rotação de referida roda (10);
- (b) sobre um cubo de roda (20) de referida roda (10) em uma distância radial a partir de referido eixo geométrico de rotação (B-B) de referida roda
- 10 (10);
- (c) sobre um cubo de roda (20) de referida roda (10) em comunicação de fluido com uma válvula de enchimento (80) de um pneu (30) de referida roda
- 15 (10) para sensoriamento de uma pressão (P) dentro de referido pneu (30);
- (d) dentro de um pneu (30) de referida roda (10) para sensoriamento de uma pressão (P) dentro de referido pneu (30), referido módulo (400) sendo
- 20 montado para uma superfície periférica (90) de um cubo de roda (20) de referida roda (10);
- (e) dentro de um pneu (30) de referida roda (10) para sensoriamento de uma pressão (P) dentro de referido pneu (30), referido módulo (400) sendo
- 25 montado para uma superfície de parede lateral interna (230) de referido pneu (30) para mensuração de características de flexão de referida parede lateral (230); e
- (f) sobre uma superfície interna de um aro periférico
- 30 de referida roda (10) para mensuração de aceleração na mesma.

12. Um módulo (400) de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referido módulo (400) inclui um sensor de temperatura (765)

para sensoriamento de uma temperatura (T_{mod}) no mesmo, referido sensor de temperatura (765) sendo operável para gerar um sinal de temperatura representativo de referida temperatura (T_{mod}) para recepção em referido processador de dados (710) para pelo menos um de registro em referida memória de dados (720) e comunicação por intermédio de referida interface sem fio (730) externamente para referido módulo (400).

13. Um módulo (400) de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referido módulo (400) inclui pelo menos um de:

- (a) um sensor de padrão de esforço (780) para mensuração de flexão de referido pneu (30) de referida roda (10), referido sensor de padrão de esforço (780) sendo operável para gerar um sinal indicativo de referida flexão para recepção em referido processador de dados (710) para pelo menos um de registro em referida memória de dados (720) e comunicação por intermédio de referida interface sem fio (730) externamente para referido módulo (400);
- (b) 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 referido módulo (400) sobre referida roda (10), referido acelerômetro (770) sendo operável para gerar um sinal indicativo de referida aceleração (A_x , A_y , A_z) para recepção em referido processador de dados (710) para pelo menos um de registro em referida memória de dados (720) e para comunicação por intermédio de referida interface sem fio (730) externamente para referido módulo (400); e
- (c) um sensor magnético (775) para mensuração de um

campo magnético aplicado para referido módulo (400), referido módulo (400) sendo operável para gerar um sinal indicativo de referido campo magnético aplicado para referido processador de dados (710) para pelo menos um de registro em referida memória de dados (720) e comunicação por intermédio de referida interface sem fio (730) externamente para referido módulo (400).

14. Um módulo (400) de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referido módulo (400) é proporcionado com um correspondente código de identificação (ID) para comunicação para uma disposição de processamento (ECU 950) externa para referido módulo (400), de maneira que uma disposição de processamento (ECU 950) operativamente em comunicação com referido módulo (400) tem capacidade de reconhecer o módulo (400) quando correspondentes dados de sinal tiverem sido enviados a partir do mesmo e de atribuir referidos dados de sinal para referido módulo (400).

15. Um módulo (400) de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referido processador de dados (710) é acoplado para referida memória de dados (720), e referido módulo (400) por intermédio de seu sensor de pressão (760) é operável para registrar referida pressão (P) dentro de referido pneu (30) de referida roda (10) em relação ao tempo (t) como determinado por uma disposição de relógio (CLK 710) incluída dentro de referido módulo (400), e referido processador de dados (710) é operável para monitorar mudanças em referida pressão (P) com tempo (t) para identificar um ou mais de:

- (a) um vazamento gradual de ar ou gás a partir de referido pneu (30) indicativo de uma necessidade para recarregar referido pneu (30) com ar ou gás;

e

5 **(b)** qualquer despressurização abrupta de referido pneu **(30)** indicativa de um evento de perfuração (de furo) ou um evento de deflação rápida tendo ocorrido, ou referido pneu **(30)** tendo sido substituído.

10 **16.** Um módulo **(400)** de acordo com a reivindicação **15**, **caracterizado pelo fato** de que referido módulo **(400)** é operável para comunicação de uma mensagem a partir do mesmo de que dado sensoriado pertencente para referido pneu **(30)** de referida roda **(10)** é potencialmente não confiável levando-se em conta referida despressurização abrupta.

15 **17.** Um módulo **(400)** de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato** de que referido módulo **(400)** é operável para também responder com dado indicativo de características esperadas de referida roda **(100)** para a qual referido módulo **(400)** é montado em operação.

20 **18.** Um módulo **(400)** de acordo com a reivindicação **1**, **caracterizado pelo fato** de que referido módulo **(400)** é operável para monitorar um evento de adulteração aplicado para referida roda **(10)**.

25 **19.** Um método de validação de dado relevante para o estado (*status*) funcional de um pneu armazenado em um módulo montado em uma roda, **caracterizado pelo fato** de que as seguintes etapas de método são desempenhadas:

- 30 **(a)** monitoramento de uma pressão **(P)** mensurada por um sensor de pressão **(760)**;
- (b)** manutenção de referido dado relevante para o estado funcional do pneu como válido quanto mais cedo referida pressão **(P)** é mantida acima de um valor de limiar pré-determinado;
- (c)** ajustamento de referido dado relevante para o estado funcional do pneu como inválido quanto

mais cedo referida pressão (**P**) mensurada por referido sensor de pressão cai abaixo de referido valor de limiar pré-determinado.

20. Um método de acordo com a reivindicação **19**, em
5 que referido campo de dados contendo dado relevante para o estado funcional do pneu inclui um campo de dados contendo registro de amostras de pressão mensurada pelo sensor de pressão, **caracterizado pelo fato** de que referido processador de dados ajusta referido dado relevante para o
10 estado funcional do pneu como inválido quando referido registro de amostras contém pelo menos uma amostra abaixo de referido valor de limiar pré-determinado.

21. Um método de acordo com as reivindicações **19** ou **20**, **caracterizado pelo fato** de que as seguintes etapas de
15 método são adicionalmente desempenhadas:

(a1) armazenamento de registro de amostras de pressão mensurada pelo sensor de pressão em referido campo de dados contendo dado relevante para o estado funcional do pneu;
20 (c1) ajustamento de referido dado relevante para o estado funcional do pneu como inválido quando referido registro de amostras contém pelo menos uma amostra abaixo de referido valor de limiar pré-determinado.

22. Um método de acordo com as reivindicações **19**, **20** ou **21**, **caracterizado pelo fato** de que referido módulo contém uma *flag* que pode ser ajustada para representar "VÁLIDO" ou "INVÁLIDO" e de que referido processador de dados muda referida *flag* a partir de "VÁLIDO" para
30 "INVÁLIDO" quanto mais cedo referida pressão (**P**) mensurada por referido sensor de pressão cai abaixo de referido valor de limiar pré-determinado.

23. Um método de acordo com a reivindicação **22**, **caracterizado pelo fato** de que referido processador de

dados é prevenido de mudar referida *flag* a partir de "INVÁLIDO" para "VÁLIDO" a menos que um sinal de código de chave seja recebido externamente a partir do módulo.

24. Um método de acordo com as reivindicações 22 ou
5 23, **caracterizado pelo fato** de que referido processador de dados muda referida *flag* de "INVÁLIDO" para "VÁLIDO" sob recepção de um sinal de código de chave externamente a partir do módulo.

25. Um método de acordo com qualquer das
10 reivindicações 19 - 24, **caracterizado pelo fato** de que referido campo de dados contendo dado relevante para o estado funcional do pneu incluindo um ou mais dos seguintes dados:

- (a) curvas de deslizamento (derrapagem) de pneu;
- 15 (b) tamanho de pneu.

26. Um método de acordo com qualquer das
reivindicações 19 - 25, **caracterizado pelo fato** de que referido campo de dados contendo dado relevante para o estado funcional do pneu adicionalmente inclui um ou mais
20 dos seguintes dados:

- (c) idade de pneu;
- (d) um registro da distância em que o pneu tenha sido utilizado;
- (e) um campo de dados contendo registro de amostras
25 de pressão mensurada pelo sensor de pressão;
- (f) um campo de dados contendo registro de amostras da temperatura mensurada por um sensor de temperatura montado sobre referida roda para monitoramento da temperatura do pneu, e em que
30 referido processador de dados é operável para continuamente ou periodicamente fazer atualização de referidos dados.

27. Um método de acordo com qualquer das reivindicações 19 - 26, **caracterizado pelo fato** de que as

seguintes etapas de método são desempenhadas:

- (a) mensuração de referida pressão (P) utilizando um sensor de pressão (760) de referido módulo (400) para geração de um correspondente sinal de pressão;
- (b) recepção de referido sinal de pressão em um processador de dados (710) de referido módulo (400), referido processador de dados (710) sendo acoplado em comunicação com uma memória de dados associada (720);
- (c) geração de um registro de referida pressão (P) como uma função de tempo (t) em referida memória de dados (720) para monitoramento de referida roda (10) e seu pneu (30); e
- (d) comunicação de informação derivada a partir de referido registro por intermédio de uma interface sem fio (730) de referido módulo (400) para possibilitar que uma condição de referida roda (10) venha a ser monitorada externamente para o módulo (400).

28. Um método de acordo com qualquer das reivindicações 19 - 27, **caracterizado pelo fato** de que inclui uma etapa adicional de detecção de eventos de despressurização experimentados por referida roda (10) e uma substituição de referido pneu (30) e incluindo correspondente informação em referido registro.

29. Um método de acordo com qualquer das reivindicações 19 - 28, **caracterizado pelo fato** de que inclui uma etapa de montagem de referido módulo (400) em uma ou mais localizações (L1, L2, L3, L4) sobre referida roda (10), referidas uma ou mais localizações incluindo:

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

- (b) sobre um cubo de roda (20) de referida roda (10) em uma distância radial a partir de referido eixo geométrico de rotação (B-B) de referida roda (10);
- 5 (c) sobre um cubo de roda (20) de referida roda (10) em comunicação de fluido com uma válvula de enchimento (80) de um pneu (30) de referida roda (10) para sensoriamento de uma pressão (P) dentro de referido pneu (30);
- 10 (d) dentro de um pneu (30) de referida roda (10) para sensoriamento de uma pressão (P) dentro de referido pneu (30), referido módulo (400) sendo montado para uma superfície periférica (90) de um cubo de roda (20) de referida roda (10);
- 15 (e) dentro de um pneu (30) de referida roda (10) para sensoriamento de uma pressão (P) dentro de referido pneu (30), referido módulo (400) sendo montado para uma superfície de parede lateral interna (230) de referido pneu (30) para mensuração de características de flexão de
- 20 referida parede lateral (230); e
- (f) sobre uma superfície interna de um aro periférico de referida roda (10) para mensuração de aceleração na mesma.
- 25 **30.** Um método de acordo com qualquer das reivindicações 19 - 29, **caracterizado pelo fato** de que referido módulo (400) inclui um sensor de temperatura (765) para sensoriamento de uma temperatura (T_{mod}) no mesmo, referido sensor de temperatura (765) sendo operável para
- 30 gerar um sinal de temperatura representativo de referida temperatura (T_{mod}) para recepção em referido processador de dados (710) para pelo menos um de registro em referida memória de dados (720) e comunicação por intermédio de referida interface sem fio (730) externamente para referido

módulo (400).

31. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 19 até 30, caracterizado pelo fato de que referido módulo (400) inclui pelo menos um de:

- 5 (a) um sensor de padrão de esforço (780) para mensuração de flexão de referido pneu (30) de referida roda (10), referido sensor de padrão de esforço (780) sendo operável para gerar um sinal indicativo de referida flexão para recepção em
10 referido processador de dados (710) para pelo menos um de registro em referida memória de dados (720) e comunicação por intermédio de referida interface sem fio (730) externamente para referido módulo (400);
- 15 (b) 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 referido módulo (400) sobre referida roda (10), referido acelerômetro (770)
20 sendo operável para gerar um sinal indicativo de referida aceleração (A_x , A_y , A_z) para recepção em referido processador de dados (710) para pelo menos um de registro em referida memória de dados (720) para comunicação por intermédio de referida
25 interface sem fio (730) externamente para referido módulo (400); e
- 30 (c) um sensor magnético (775) para mensuração de um campo magnético aplicado para referido módulo (400), referido módulo (400) sendo operável para gerar um sinal indicativo de referido campo magnético aplicado para referido processador de dados (710) para pelo menos um de registro em referida memória de dados (720) e comunicação por intermédio de referida interface sem fio (730)

externamente para referido módulo (400).

32. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 19 até 31, **caracterizado pelo fato** de que referido módulo (400) é proporcionado com um correspondente
5 código de identificação (ID) para comunicação para uma disposição de processamento (ECU 950) externa para referido módulo (400), de maneira que referida disposição de processamento (ECU 950) tem capacidade de reconhecer o módulo (400) quando correspondentes dados de sinal tiverem
10 sido enviados a partir do mesmo e de atribuir referidos dados de sinal para referido módulo (400).

33. Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 19 até 32, **caracterizado pelo fato** de que referido processador de dados (710) é acoplado para
15 referida memória de dados (720), e referido módulo (400) por intermédio de seu sensor de pressão (760) é operável para registrar referida pressão (P) dentro de referido pneu (30) de referida roda (10) em relação ao tempo (t) como determinado por uma disposição de relógio (CLK 710)
20 incluída dentro de referido módulo (400), e referido processador de dados (710) é operável para monitorar mudanças em referida pressão (P) com tempo (t) para identificar um ou mais de:

- 25 (a) um vazamento gradual de ar ou gás a partir de referido pneu (30) indicativo de uma necessidade para recarregar referido pneu (30) com ar ou gás; e
- (b) qualquer despressurização abrupta de referido pneu (30) indicativa de um evento de perfuração
30 (de furo) ou um evento de deflação rápida tendo ocorrido, ou referido pneu (30) tendo sido substituído.

34. Um método de acordo com a reivindicação 33, **caracterizado pelo fato** de que inclui uma etapa de

comunicação a partir de referido módulo (400) de uma mensagem de que dado sensoriado pertencente para referido pneu (30) de referida roda (10) é potencialmente não confiável levando-se em conta referida despressurização abrupta.

35. Um método de acordo com a reivindicação 30, **caracterizado pelo fato** de que inclui a etapa de monitoramento utilizando referido módulo (400) de um evento de adulteração aplicado para referida roda (10).

36. Um método de detectar mau uso de pneus, **caracterizado pelo fato** de que um processador de dados é operável para continuamente ou periodicamente fazer atualização de dados armazenados em um campo de dados contendo dado relevante para o estado (*status*) funcional do pneu, referido campo de dados incluindo pelo menos um de:

(d) um registro da distância em que o pneu tenha sido utilizado;

(e) um campo de dados contendo registro de amostras de pressão mensurada pelo sensor de pressão;

(f) um campo de dados contendo registro de amostras da temperatura mensurada por um sensor de temperatura montado sobre referida roda para monitoramento da temperatura do pneu;

- validação de referidos campos de dados por um método conforme definido em qualquer uma das reivindicações 19 - 35; e

- determinação de que mau uso do pneu esteve presente, se dado validado mostra que referido campo de dados contendo registro de amostras de pressão mensurada pelo sensor de pressão contém dados fora de uma faixa de ajuste, ou se referido campo de dados contendo registro de amostras da temperatura mensurada por um sensor de temperatura contém dados acima de um valor de limiar.

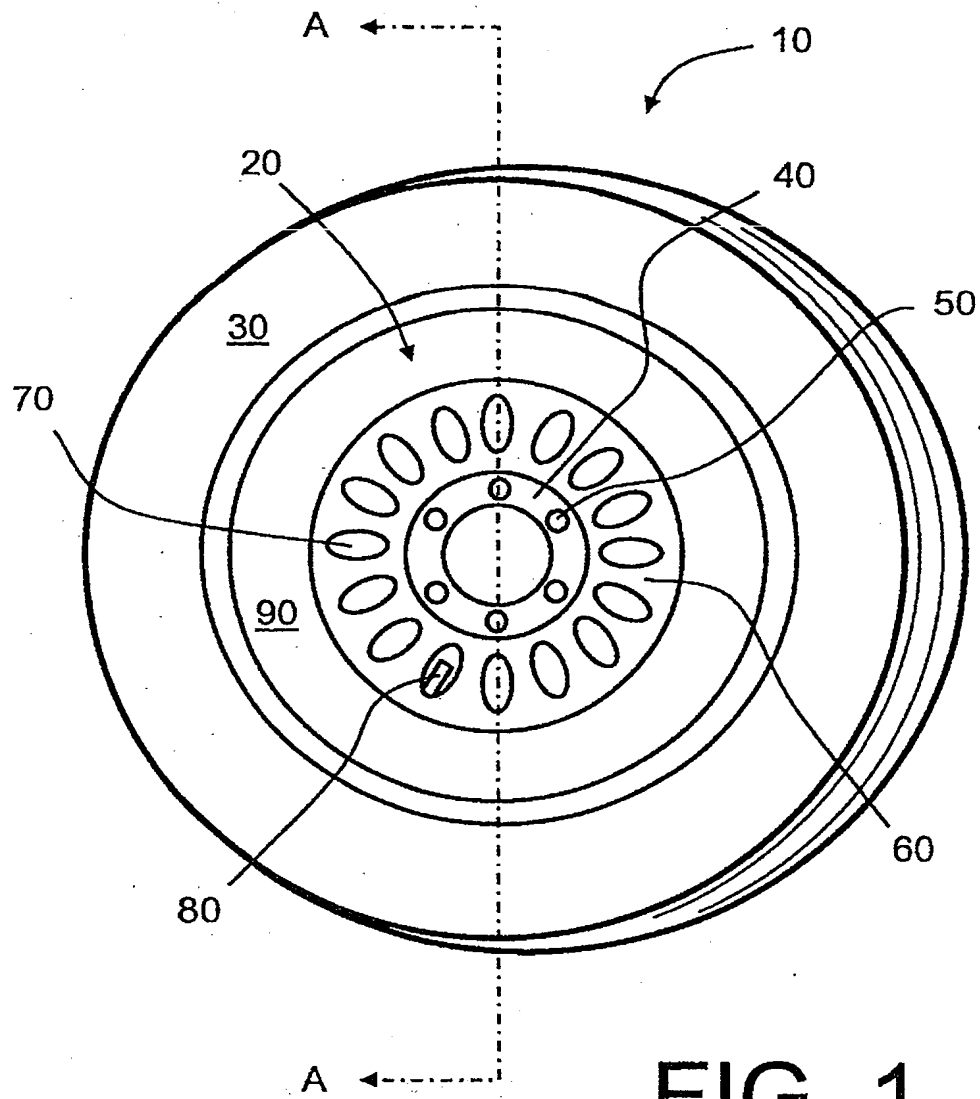


FIG. 1

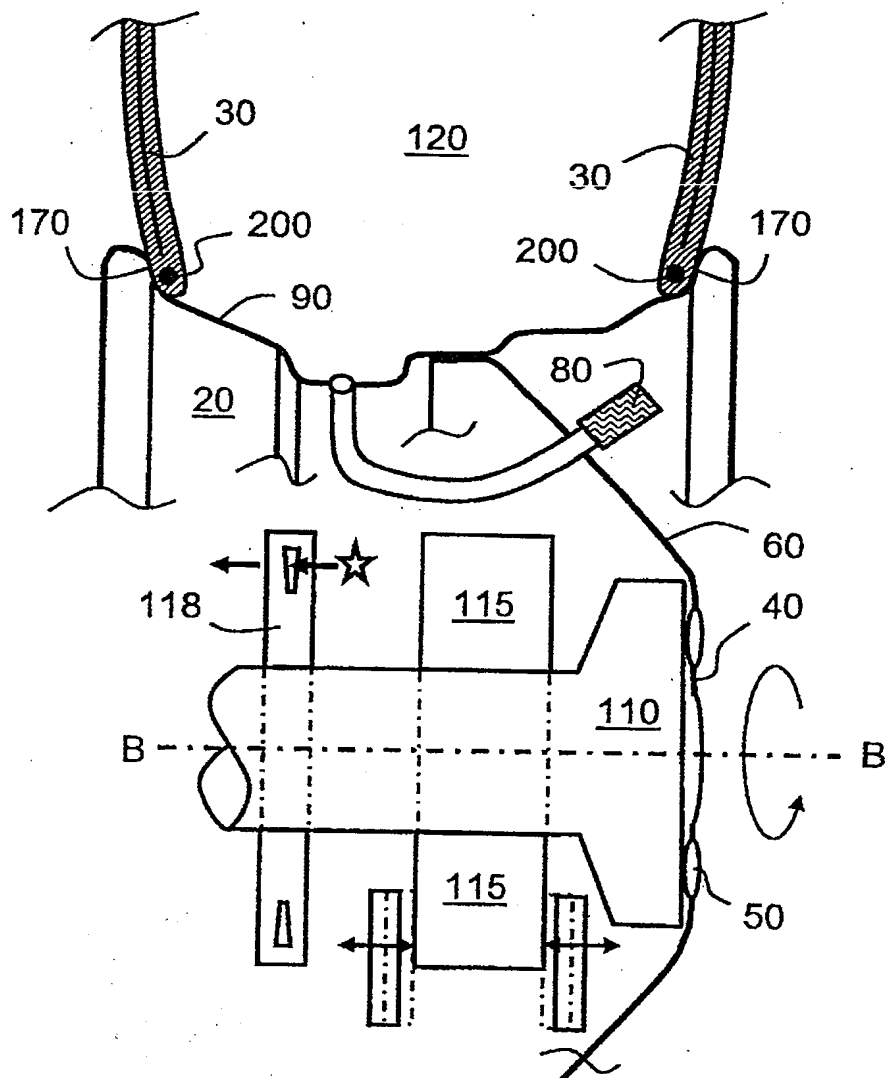
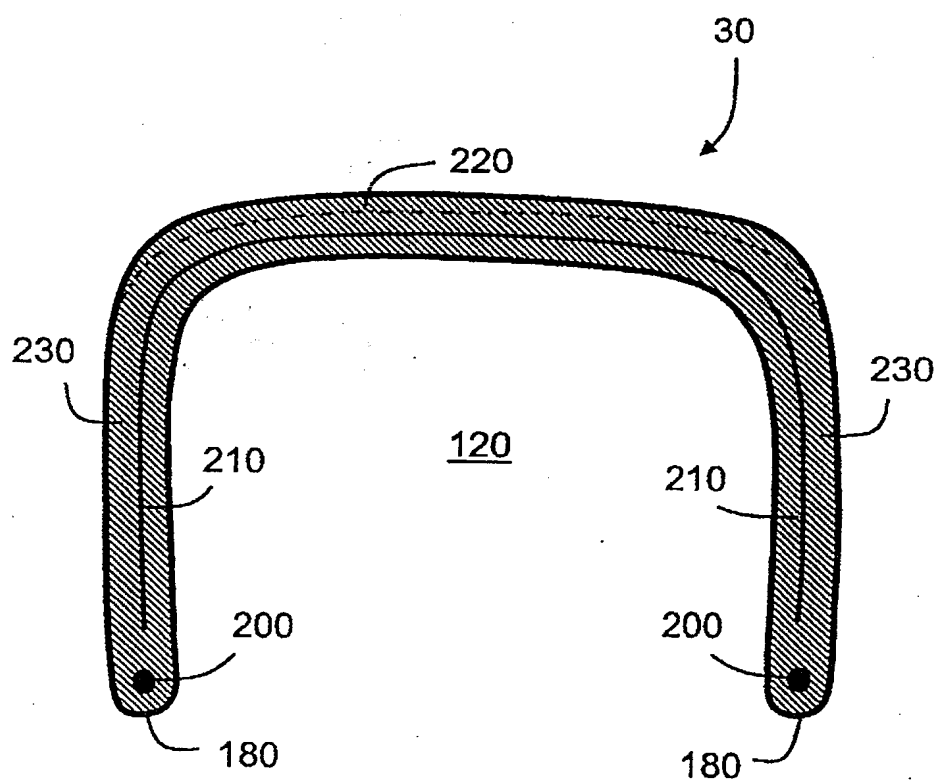
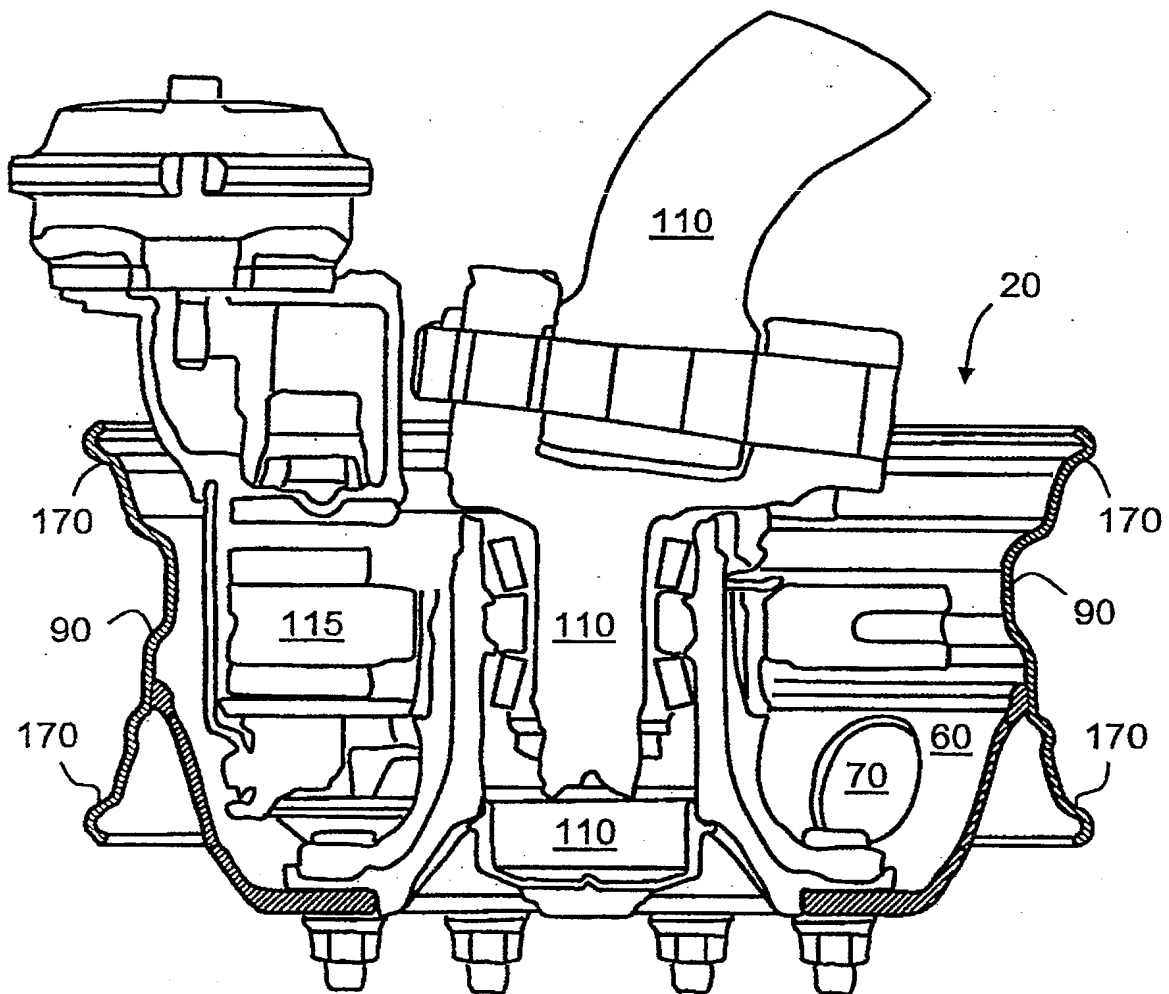


FIG. 2

**FIG. 3**

**FIG. 4**

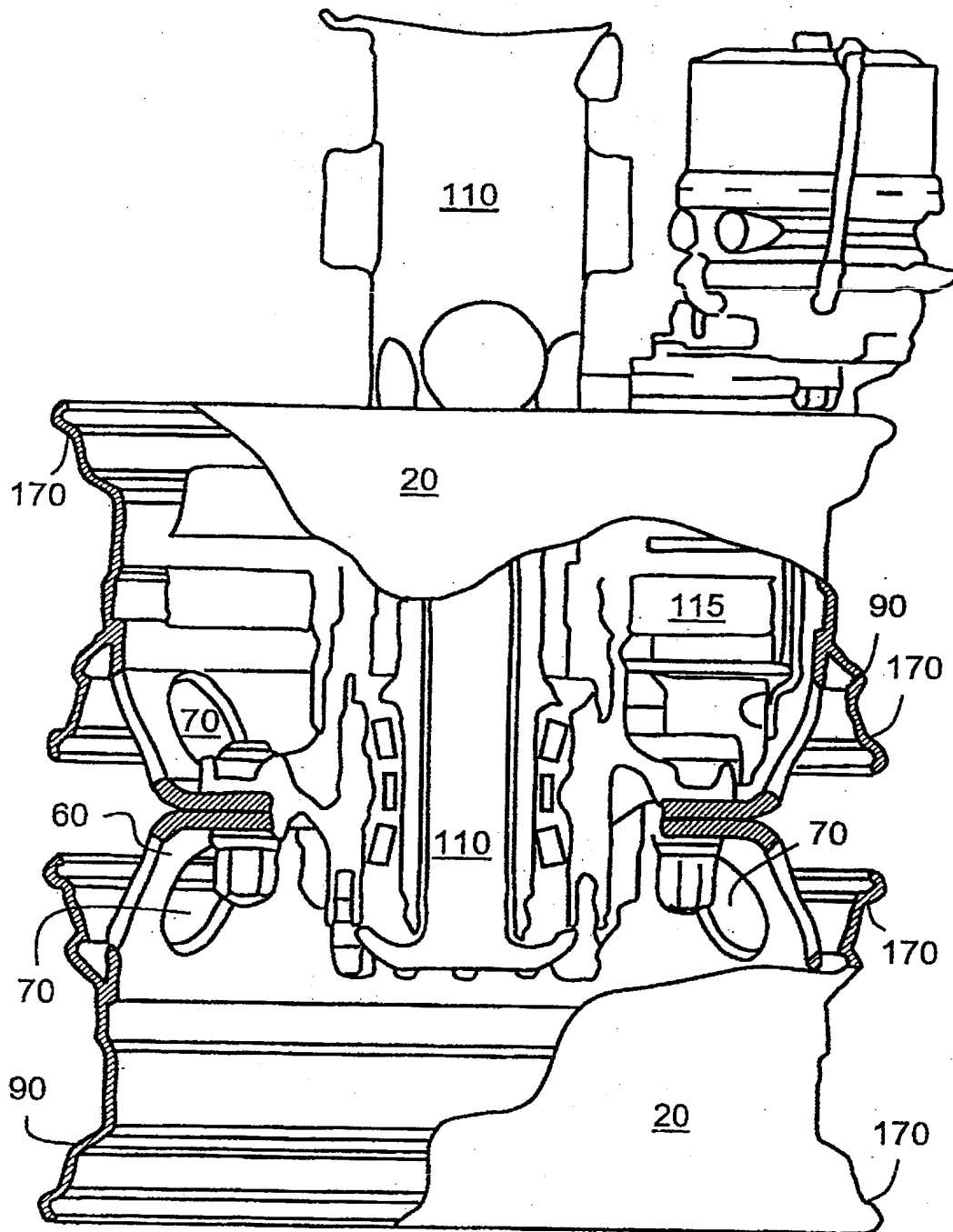


FIG. 5

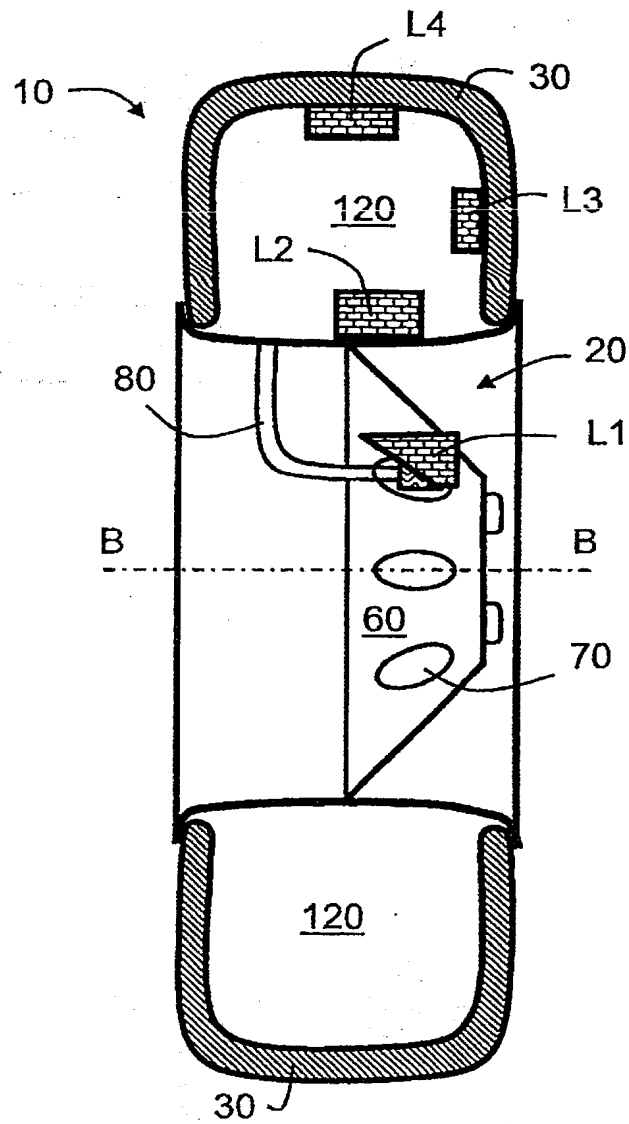


FIG. 6

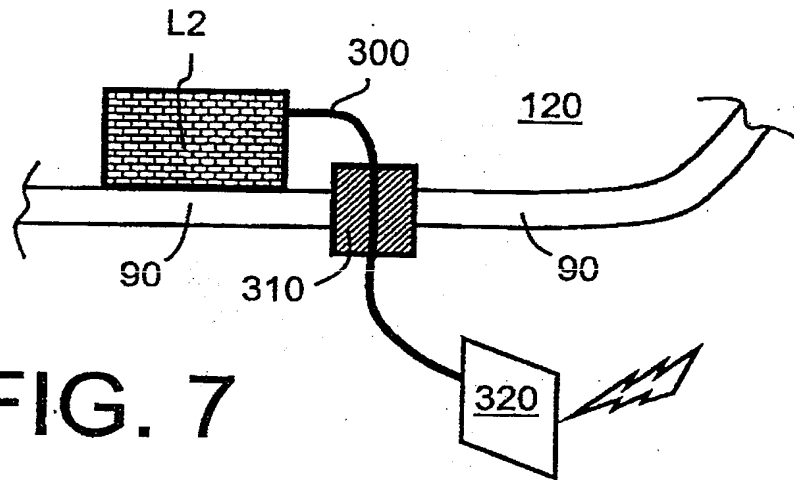


FIG. 7

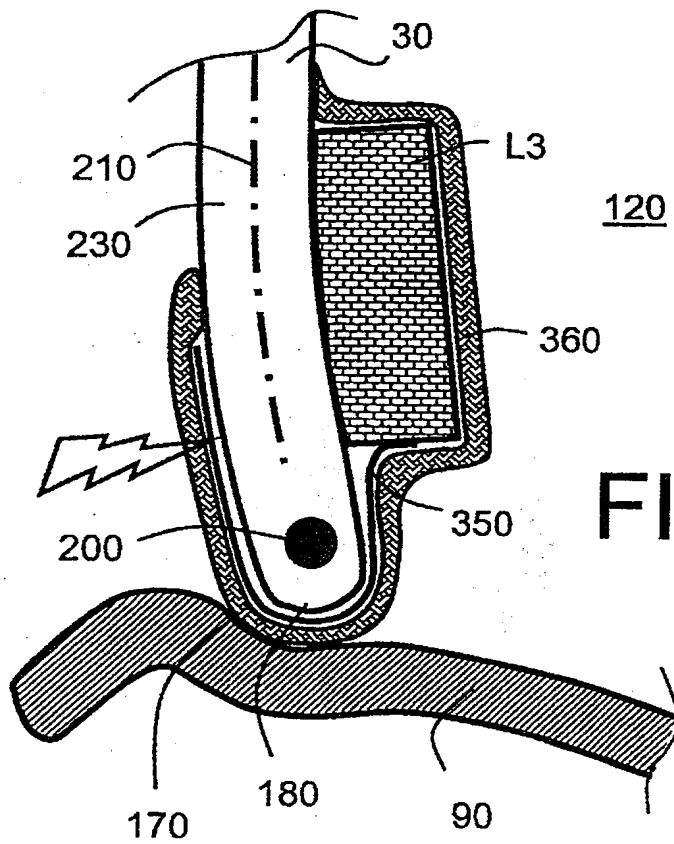


FIG. 8

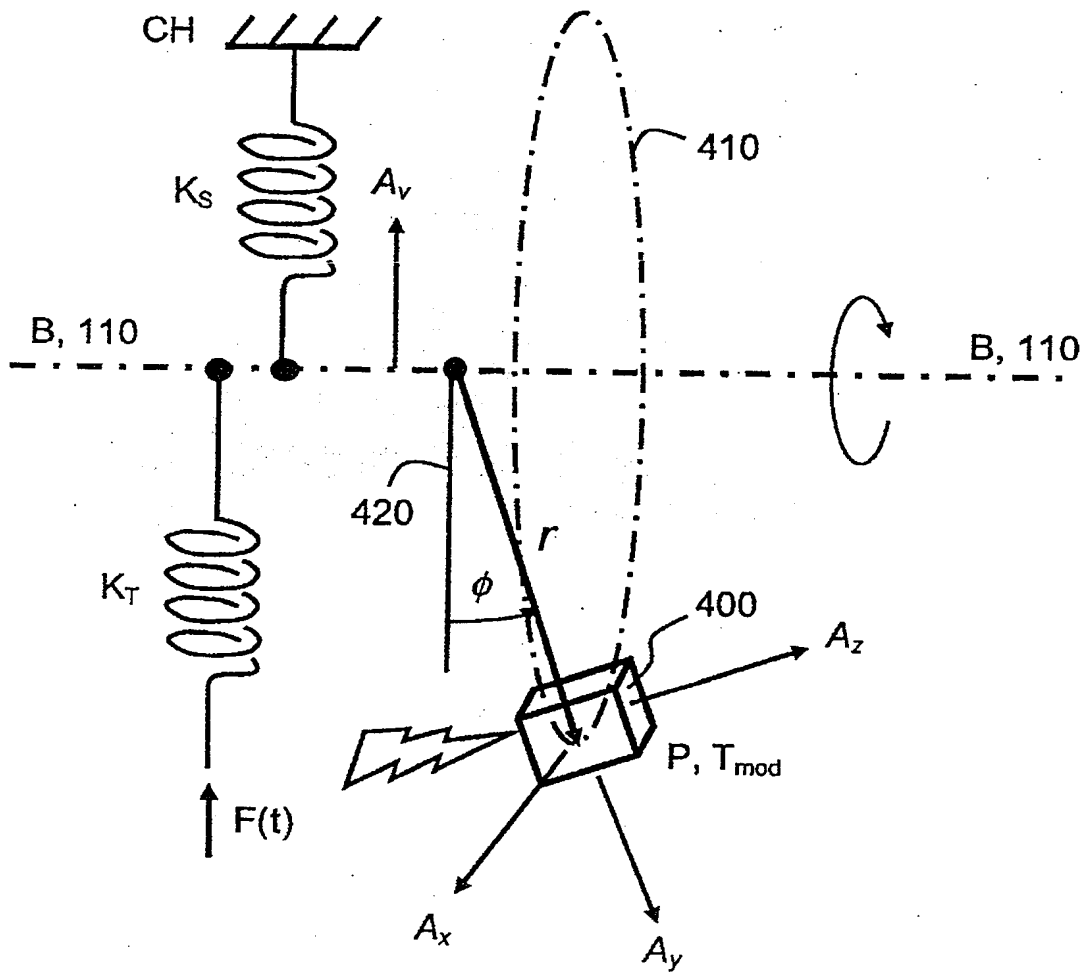


FIG. 9

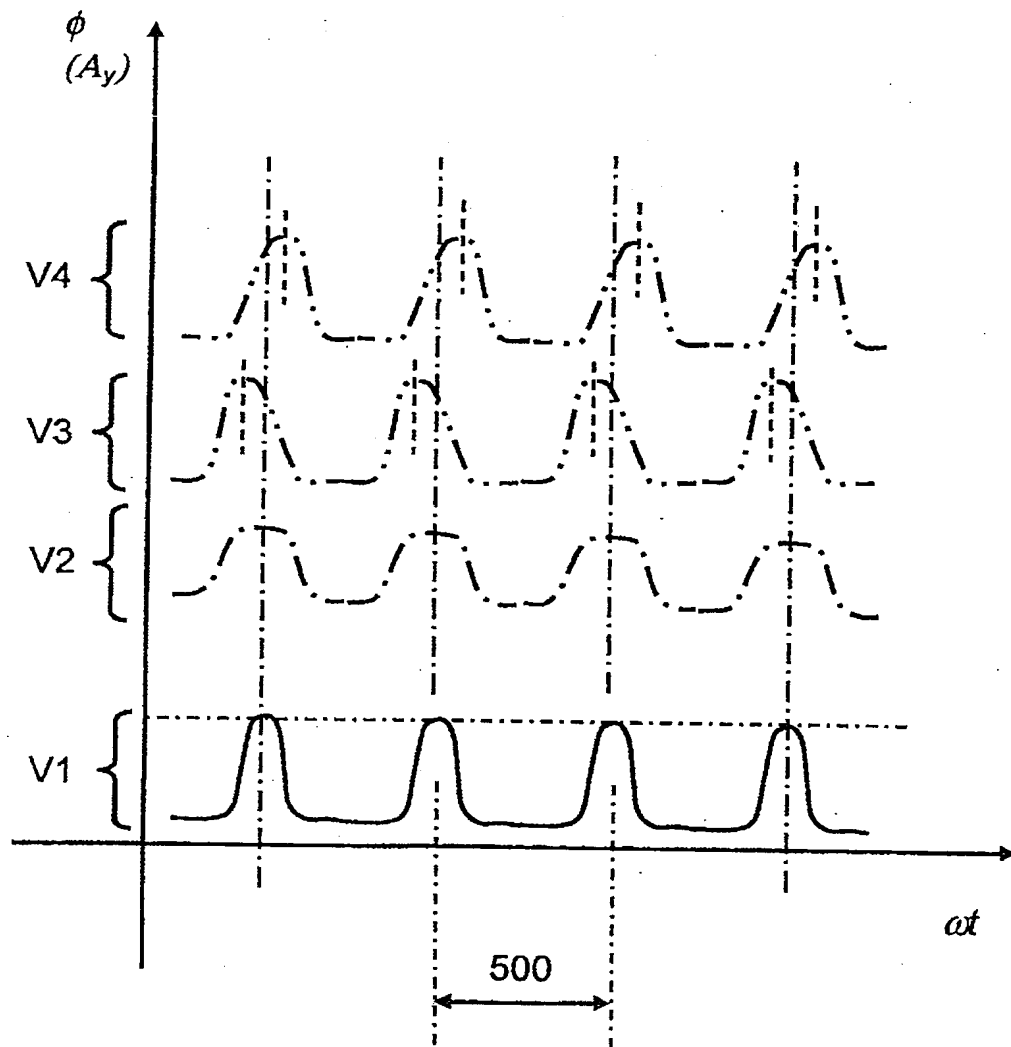


FIG. 10

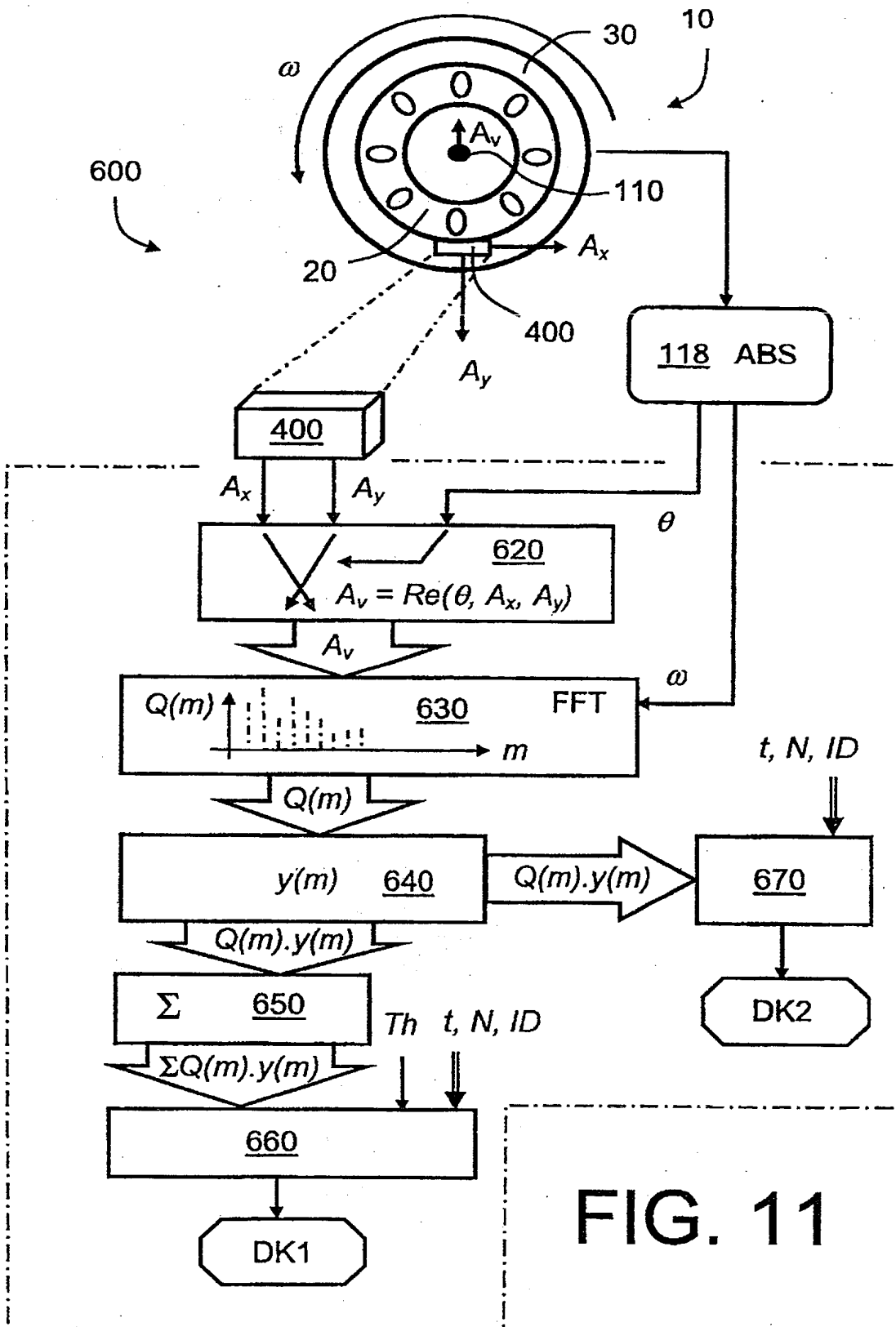


FIG. 11

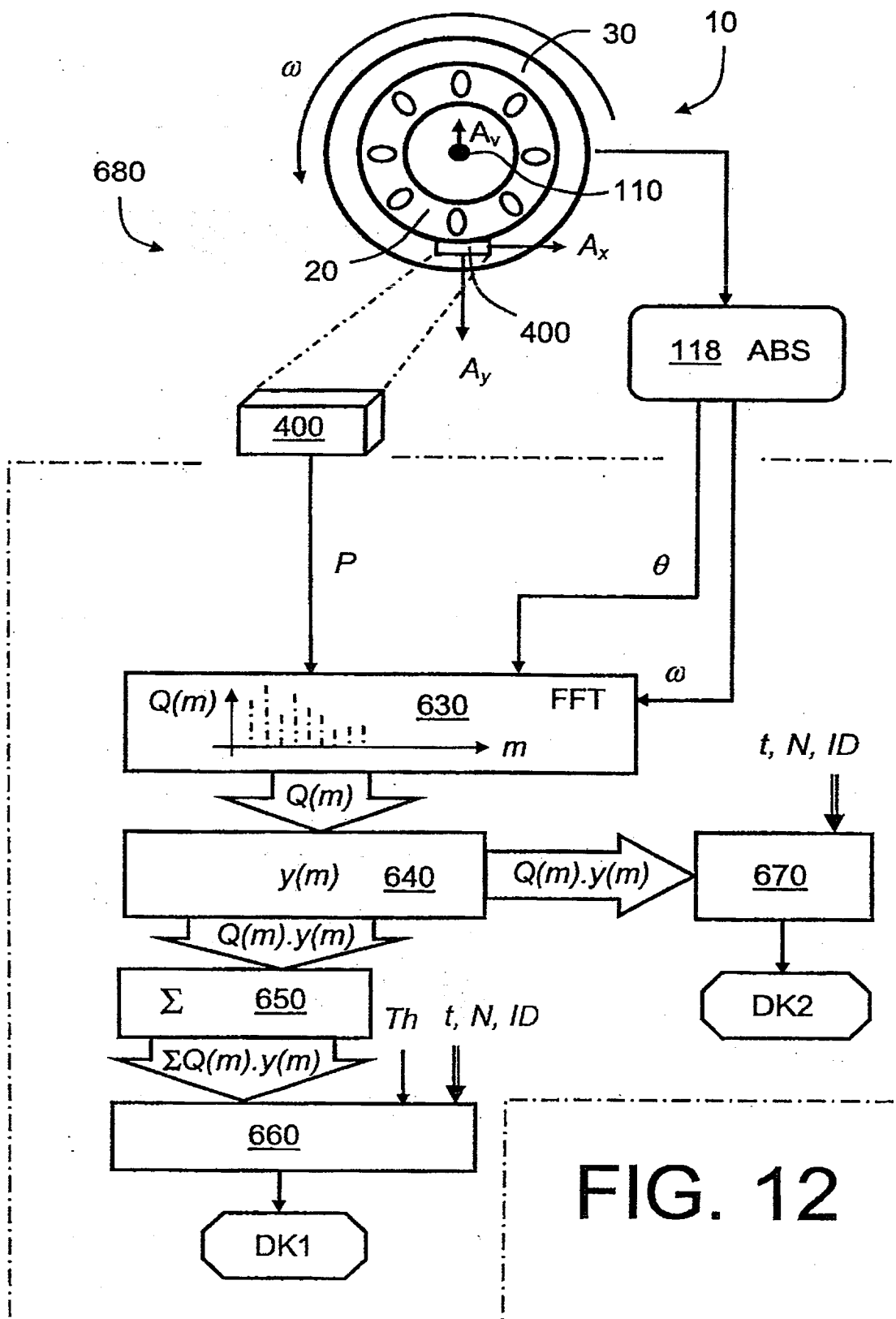
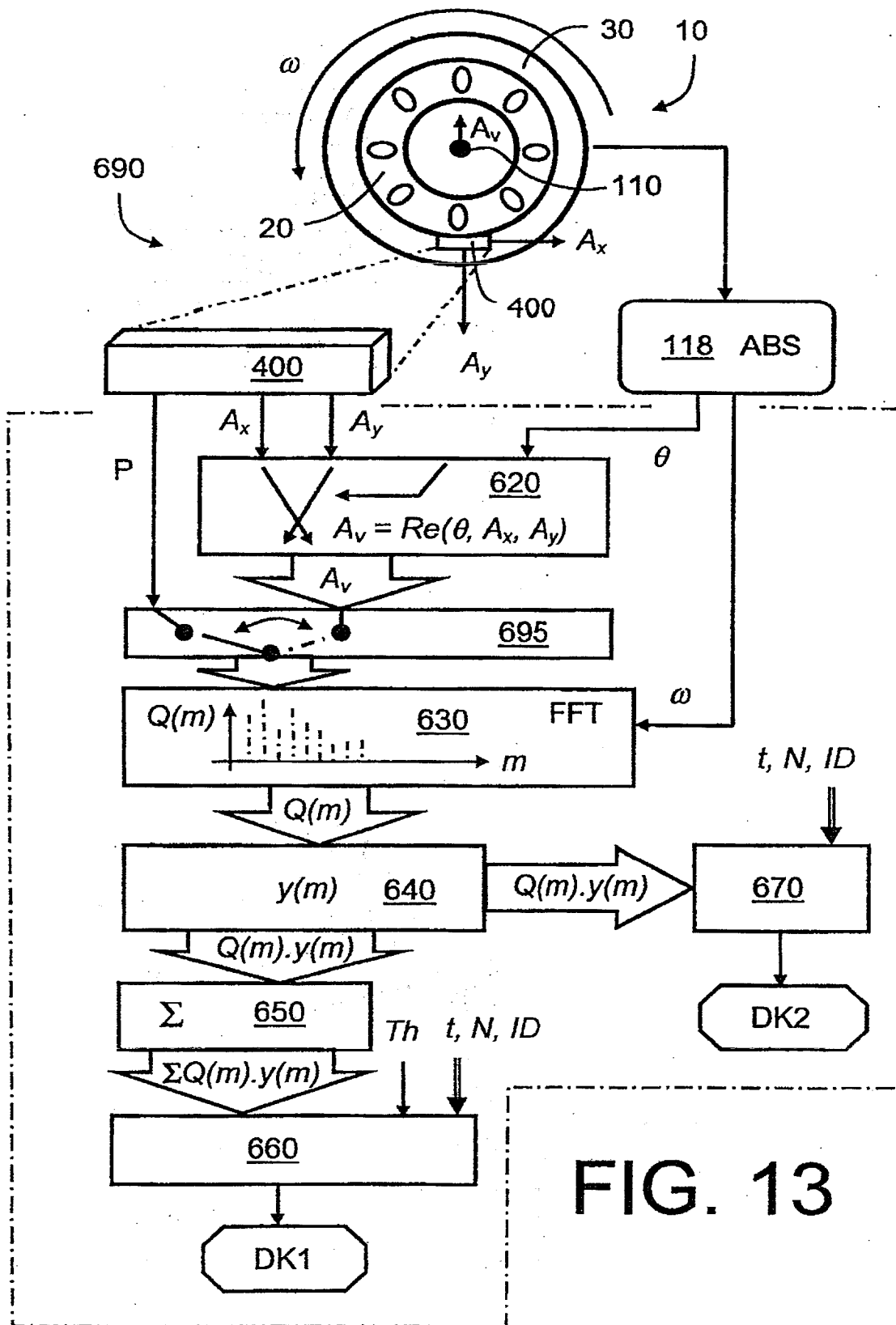


FIG. 12



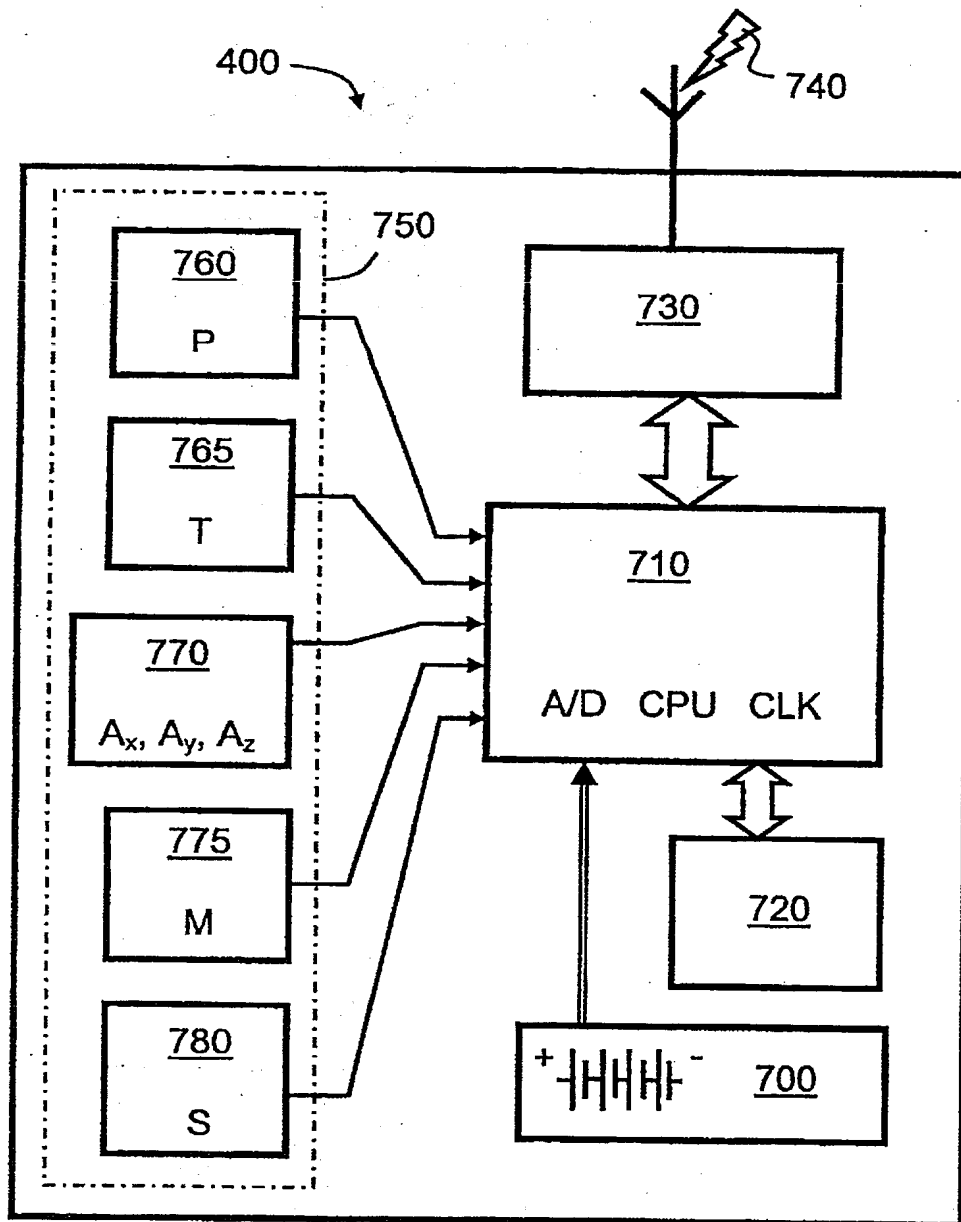
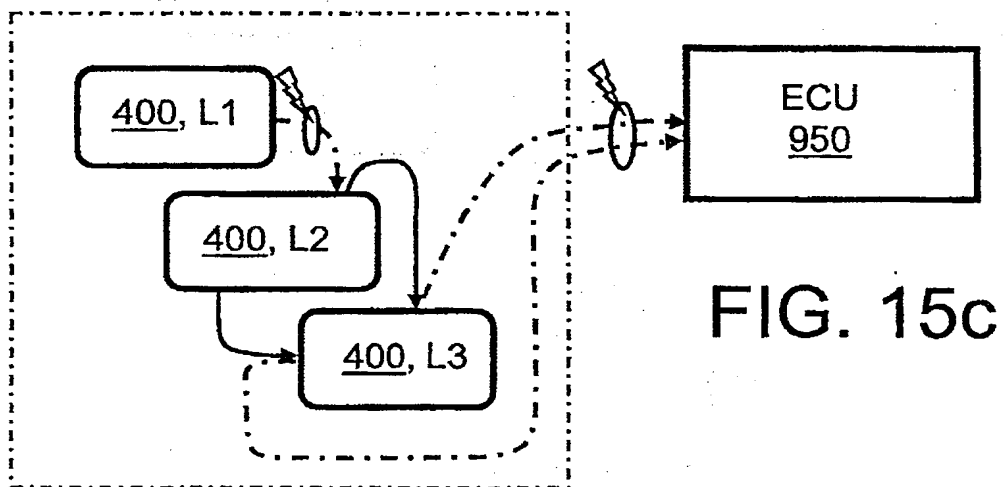
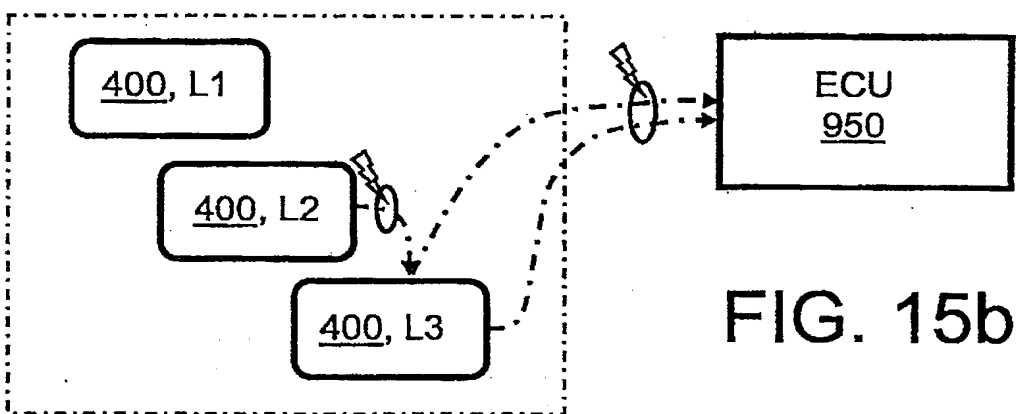
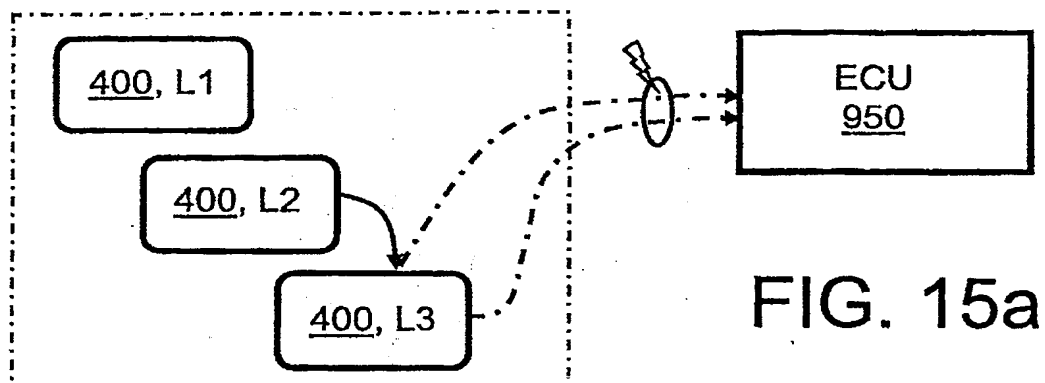


FIG. 14



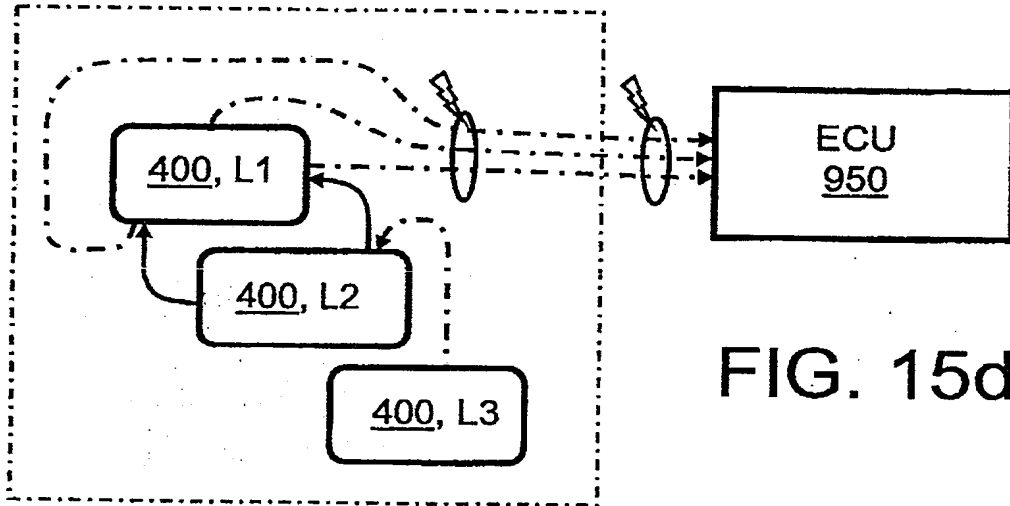


FIG. 15d

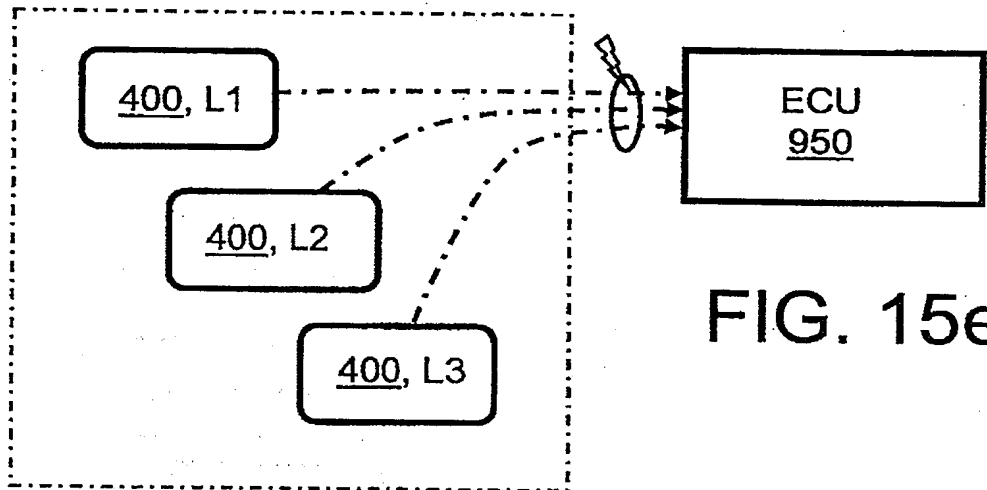


FIG. 15e

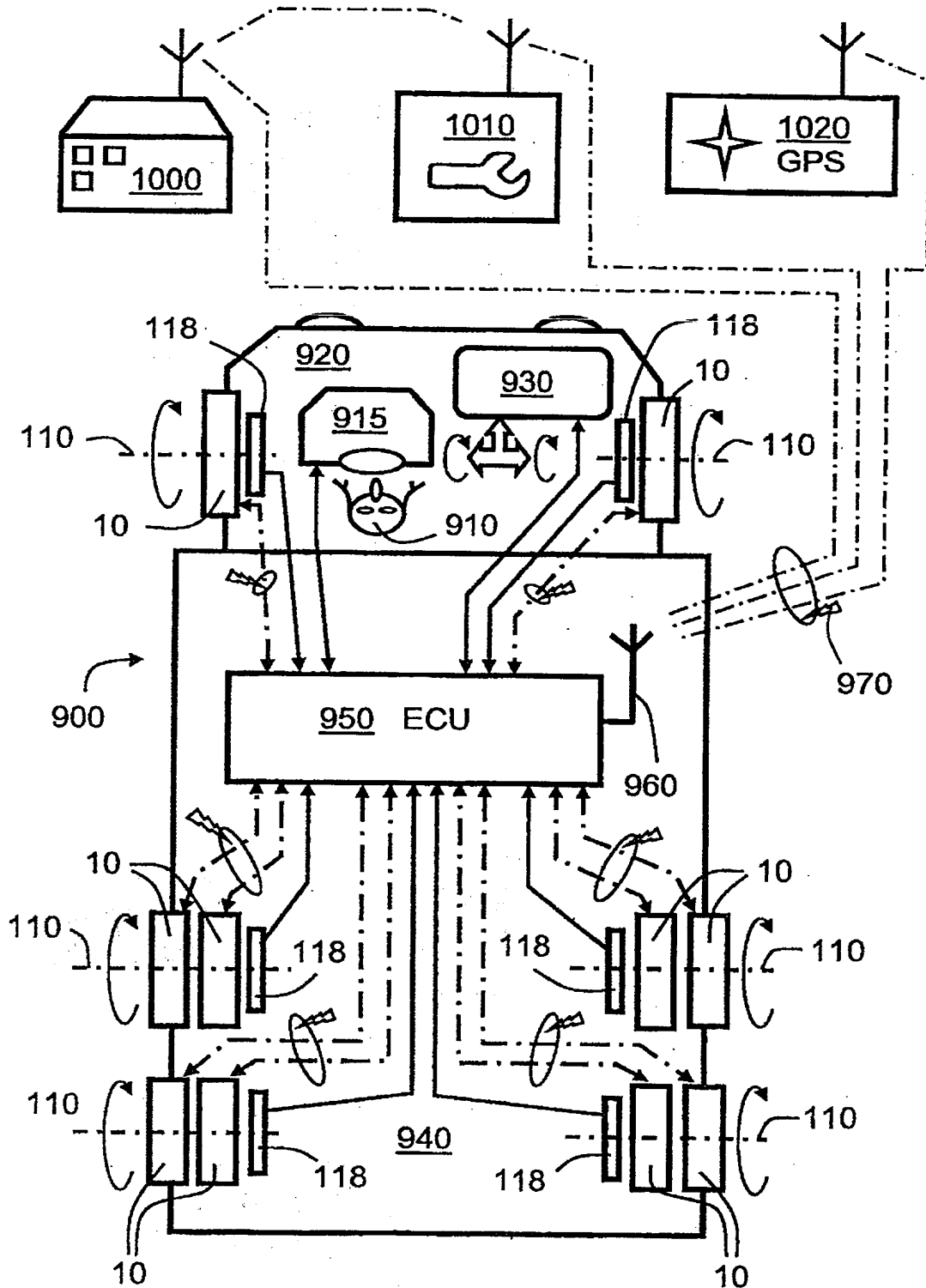


FIG. 16

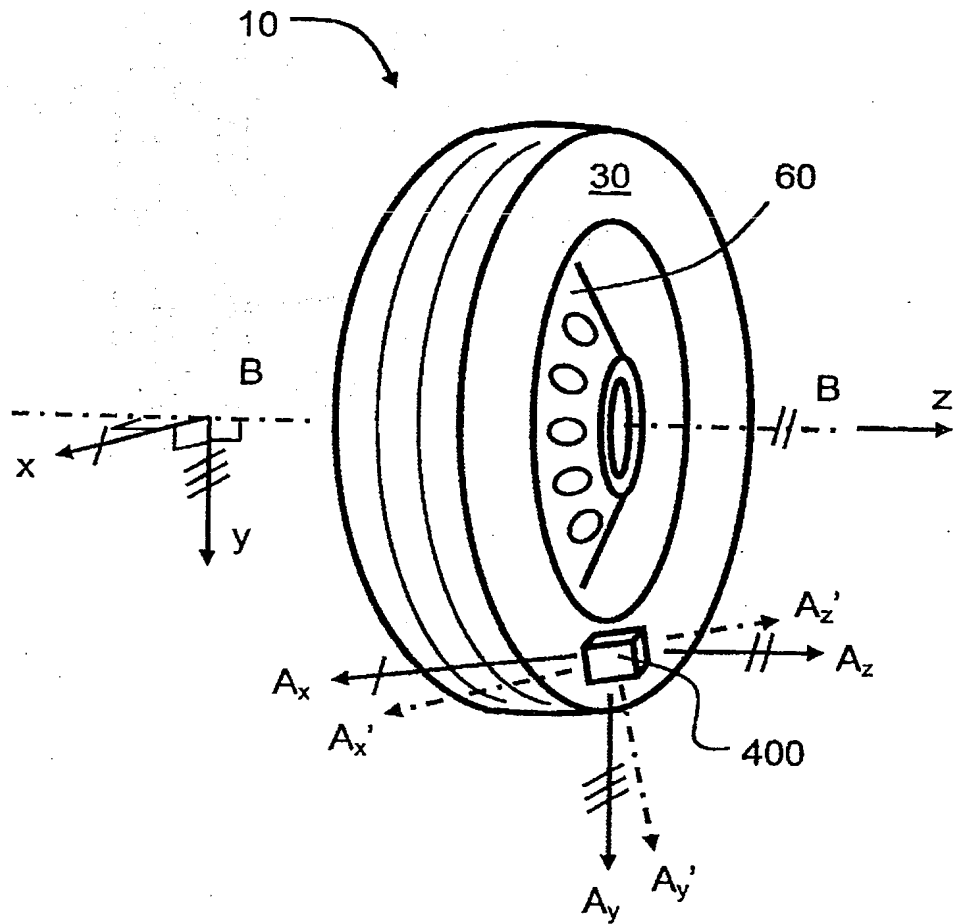
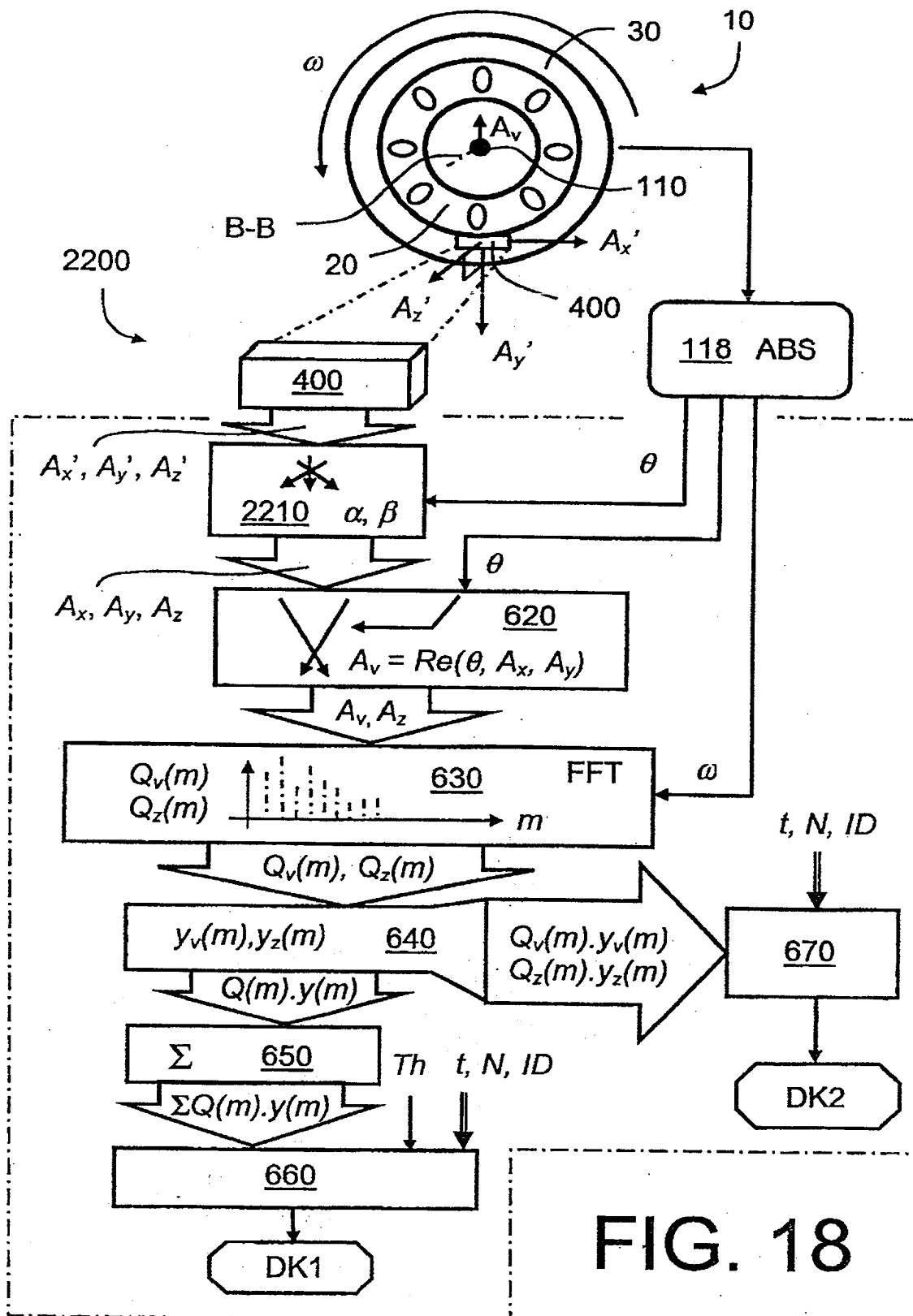
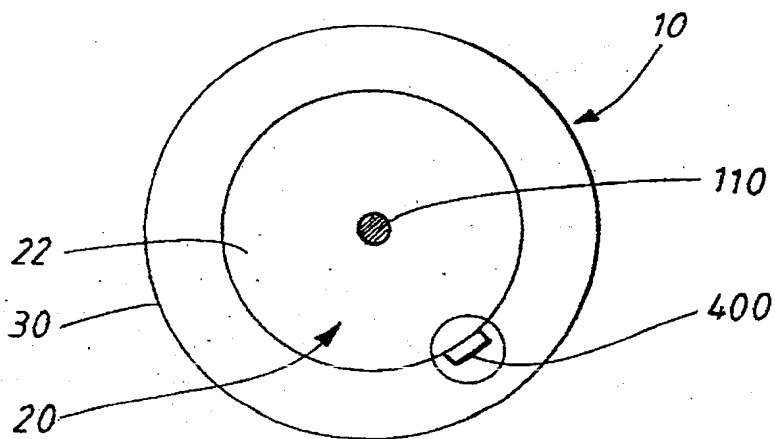
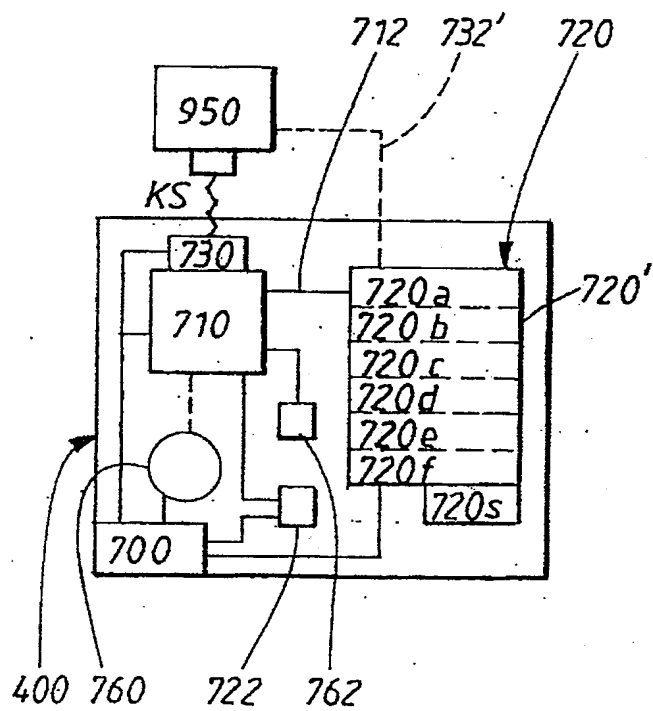
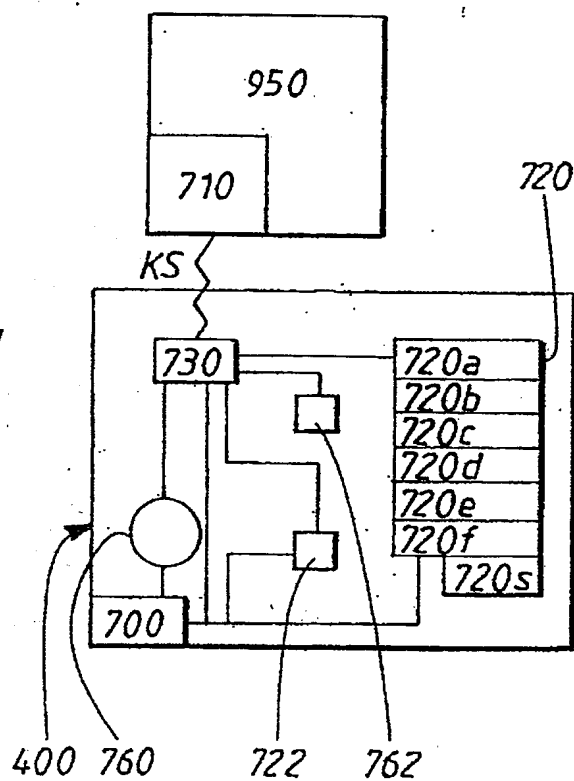


FIG. 17



FIG. 10aFIG. 10bFIG. 10c

RESUMO

"MÓDULO DE MONITORAMENTO DE RODA"

A presente invenção se refere a um módulo (400) operável para monitoramento de pelo menos uma pressão (P) dentro de um pneu (30) de uma roda (10), referido módulo (400) sendo operativamente montado para referida roda (10), referido módulo (400) incluindo:

- a) um sensor de pressão (760) para mensuração de referida pressão (P) e geração de um correspondente sinal de pressão; e
- b) uma memória de dados associada incluindo um campo de dados contendo dado relevante para o estado (*status*) funcional do pneu.

Em concordância com a presente invenção, referido módulo inclui uma *flag* que pode ser ajustada por um processador de dados para representar "VÁLIDO" ou "INVÁLIDO" para simbolização de validade ou invalidade de referido dado relevante para o estado funcional do pneu e que referida *flag* é ajustada para ser mudada a partir de "VÁLIDO" para "INVÁLIDO" quanto mais cedo referida pressão (P) mensurada por referido sensor de pressão cai abaixo de referido valor de limiar pré-determinado.