



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1009082-7 B1



(22) Data do Depósito: 31/05/2010

(45) Data de Concessão: 15/09/2020

(54) Título: MÉTODO E MÓDULO PARA DETERMINAR OS VALORES DETERMINÍSTICOS PARA SISTEMAS DE CONTROLE DE VEÍCULOS E PRODUTO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR

(51) Int.Cl.: B60W 30/14; B60W 40/06; G01C 21/32.

(30) Prioridade Unionista: 10/06/2009 SE 0950434-1.

(73) Titular(es): SCANIA CV AB.

(72) Inventor(es): OSKAR JOHANSSON; JÖRGEN HANSSON; HENRIK PETTERSSON.

(86) Pedido PCT: PCT SE2010050589 de 31/05/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/144026 de 16/12/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 28/11/2011

(57) Resumo: MÉTODO E MÓDULO PARA A DETERMINAÇÃO DOS VALORES DETERMINÍSTICOS PARA SISTEMAS DE CONTROLE DE VEÍCULOS, e, PRODUTO DE PROGRAMA COMPUTACIONAL A presente invenção volta-se a um método para a determinação dos valores determinísticos referentes a sistemas de controle de veículo. O método consiste das seguintes etapas: determinação de um horizonte através de dados de posicionamento e dados de mapa a partir de um itinerário concebido por segmentos de rotas contendo pelo menos uma característica associada à cada segmento; cálculo dos valores limítrofes para a referida pelo menos uma característica dos segmentos de acordo com um ou mais limítrofes para a referida pelo menos uma característica dos segmentos de acordo com um ou mais valores específicos ao veículo, aonde esses valores limítrofes servem como fronteiras junto aos segmentos de designação junto a diversas categorias; comparação com a referida pelo menos uma característica de cada segmento com os valores limítrofes calculados com o posicionamento de cada segmento no interior do horizonte em uma categoria de acordo com os resultados das comparações; cálculo dos valores determinísticos para os sistemas de controle de veículo ao longo do horizonte de acordo com as regras pertinentes as categorias aonde é feita a colocação dos segmentos (...).

“MÉTODO E MÓDULO PARA DETERMINAR OS VALORES DETERMINÍSTICOS PARA SISTEMAS DE CONTROLE DE VEÍCULOS E PRODUTO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR”

Campo da Invenção

[001] A presente invenção se refere a um método e módulo para a determinação dos valores determinísticos referentes a sistemas de controle de veículos de acordo com a introdução inclusa no quadro de reivindicações.

Antecedentes da Invenção

[002] A maior parte dos veículos atuais são equipadas com um controle direcional para tornar mais facilitado ao motorista a direção do veículo. A velocidade desejada pode ser ajustada pelo mesmo, ou seja, através do uso de um dispositivo de controle junto ao consolo da roda de direção, com o sistema de controle direcional presente no veículo atuando em seguida no sistema de controle de maneira a proceder com a aceleração e a frenagem do veículo vindo a mantê-lo sob uma velocidade desejada. Caso o veículo venha equipado com um sistema de troca de marcha automático, as engrenagens do veículo são modificadas de modo que ele possa manter a velocidade desejada.

[003] Quando se faz uso de um controle direcional junto a um terreno íngreme, este sistema de controle direcional irá tentar manter um escalonamento graduado de velocidades. Isto resulta, entre outras coisas, no veículo vindo a acelerar até a elevação escarpada do morro com a possibilidade desta posteriormente vir a apresentar um decline de graduação, tornando necessário se frear para evitar-se o excesso da velocidade estabelecida, o que implica em um excessivo consumo de combustível para movimentação do veículo.

[004] Por meio da variação da velocidade do veículo em terreno íngreme é possível se economizar combustível comparado com o que ocorre com o uso de um controle direcional convencional. Isto pode ser feito em diversas maneiras, ou seja, por intermédio de cálculos da condição atual do veículo (conforme se dá com a Scania Ecocruise®). Caso seja calculada uma subida de elevação, o sistema procede a aceleração morro acima. Já no final da parte ascendente, o sistema é programado para evitar a aceleração até que ocorra o

nivelamento do gradiente junto ao topo, posto que a velocidade do veículo não caia para abaixo de um certo nível. Com a redução da velocidade próximo ao final de uma elevação tem-se a possibilidade de se recuperar a velocidade em função de uma posterior redução da elevação sem se fazer uso do motor para obter-se a aceleração. Quando o veículo se aproxima da base de uma profundidade, o sistema utiliza a energia cinética para proceder a elevação a seguir impondo uma velocidade mais alta do que a referente ao controle direcional padrão. O sistema irá acelerar com facilidade ao final da redução da elevação mantendo constante o momento do veículo. No caso de terrenos ondulados, isto implica em que o veículo deve iniciar a próxima inclinação a uma velocidade superior a habitual. Evitando-se acelerações desnecessárias e fazendo uso da energia cinética aonde possível procede-se a uma economia de combustível.

[005] Caso a topologia à frente seja conhecida pelo veículo em posse de um mapa de dados e GPS, tal sistema pode ser concebido de forma mais robusta, podendo ainda alterar a velocidade do veículo antecipadamente.

[006] Ocorrem muitos sistemas atuais que incorporam o perfil topológico à frente com cálculos quanto a velocidade do veículo perfazendo otimizações em tempo real quanto a velocidade do veículo ao longo de um itinerário. Isto pode resultar em uma carga muito pesada de cálculos computacionais junto ao hardware em tempo real no sistema de um veículo, uma vez que tais sistemas frequentemente apresentam recursos limitados em termos de capacidade de memória e processamento. Mesmo ao se perfazer cálculos e simulações ordinárias na prática ao longo de uma rota conhecida pode vir significar uma pesada carga de trabalho computacional. Caso, por exemplo, seja muito grande a precisão ou resolução dos vetores de horizonte para o cálculo dos gradientes de estrada fica envolvida também uma desnecessária capacidade de carga computacional.

[007] Uma forma de se separar a capacidade computacional do veículo é referida pelo pedido de patente publicado no documento US 2008/0188996 aonde faz-se referência a um sistema de assistência ao motorista aonde um certo número de sensores provêm com fatores pertinentes ao trânsito com a criação de hipóteses logicamente relacionadas umas

com as outras. Entretanto, aquele tipo de sistema não está relacionado ao controle direcional de veículos.

[008] A publicação do pedido de patente US 2003/0163226 refere-se a um sistema voltado a estimativa dinâmica da velocidade de um veículo. A capacidade computacional pode ser economizada pelo uso de um observador (LVP, variação do parâmetro linear).

[009] O objetivo da presente invenção é propor um sistema aperfeiçoado para a determinação dos valores determinísticos referentes a um sistema de controle presente em um veículo que reduza em particular a quantidade de capacidade computacional necessária quando deve-se ter de efetuar a regulagem dos valores determinísticos referentes ao sistemas de controle do veículo.

Sumário da Invenção

[010] O objetivo descrito acima é alcançado através de um método para a determinação dos valores determinísticos referentes a sistemas de controle de veículos de acordo com a invenção, os quais compreendem as seguintes etapas:

A) determinação de um horizonte por intermédio de dados de posicionamento e dados por mapas de um itinerário concebido por segmentos de rotas, pelo menos, apresentando uma característica associada a cada segmento;

B) cálculo dos valores limítrofes para, pelo menos, cada uma das referidas características de segmentos de acordo com um ou mais valores específicos ao veículo, aonde os valores limítrofes servem como fronteiras para os segmentos designados para as diversas categorias;

C) comparação com, pelo menos, uma das referidas características referentes aos sistemas de controle de veículos ao longo do horizonte de acordo com as regras pertinentes as categorias com os segmentos se localizando no interior do horizonte aonde se apresentam localizados;

D) cálculo dos valores determinísticos para os sistemas de controle de veículo ao longo do horizonte de acordo com as regras pertinentes as categorias aonde os segmentos vem a se apresentar localizados no interior do horizonte;

E) regulagem do veículo vindo de acordo com os valores determinísticos para a velocidade.

[011] A invenção consiste ainda de um módulo para a determinação dos valores determinísticos referentes a sistemas de controle de veículos aonde este módulo inclui:

[012] uma unidade para horizonte adaptada para determinação de um horizonte por meio de dados de posicionamento recebidos e dados de mapa recebidos de um itinerário concebido por rota segmentada apresentando pelo menos uma característica para cada segmento;

[013] uma unidade de processamento adaptada para calcular os valores limítrofes para a referida pelo menos uma característica dos segmentos de acordo com um ou mais valores específicos ao veículo, aonde estes valores limítrofes atuam como fronteiras para os segmentos designados junto as diversas categorias; comparando-se pelo menos uma característica de cada segmento com os valores limítrofes calculados com o posicionamento de cada segmento em uma categoria de acordo com os resultados das comparações; aonde a unidade de processamento é ainda adaptada para efetuação do cálculo dos valores determinísticos referentes aos sistemas de controle do veículo ao longo do horizonte de acordo com as regras pertinentes as categorias aonde dá-se a colocação dos segmentos no interior do horizonte; sendo que o sistema de controle regula o veículo de acordo com os valores desses pontos determinísticos.

[014] O método de regulação de acordo com a invenção torna possível se minimizar a quantidade de combustível que se faz precisa durante a jornada do veículo através de se levar em conta a obtenção de informações sobre o itinerário. Os dados do mapa, ou seja, na forma de um banco de dados a bordo do veículo contendo informação de altitude, e tendo um sistema de posicionamento, ou seja, um GPS, proporcionam com informação sobre a topografia da estrada ao longo do itinerário. O sistema de controle é fornecido em seguida incluindo os valores determinísticos e fazendo a regulação do veículo de acordo com os mesmos.

[015] O uso de um método de controle direcional baseado em regulações ao invés

de, por exemplo, um movimento otimizado, envolve muito menos quantidade de capacidade computacional para a unidade de processamento encarregada dos cálculos para o veículo. Além do mais, os dados descrevendo o horizonte à frente podem ser reduzidos levando-se em conta os diversos valores limítrofes físicos. Um horizonte reduzido implica em uma menor demanda de uso de memória e em cálculos rápidos, tornando possível se reduzir a quantidade de capacidade computacional que se faz necessária.

[016] O uso de um método com base em regras resulta em um método de praticabilidade robusta aonde se pode prontamente efetuar os cálculos dos valores determinísticos referentes ao sistema ou sistemas de controle pertinentes ao veículo.

[017] As modalidades preferenciais são descritas nas reivindicações dependentes e na descrição detalhada a seguir.

Breve Descrição das Figuras

[018] A invenção é descrita adiante com referência aos desenhos em anexo aonde: a Figura 1 descreve o contexto funcional do módulo de regulação instalado no veículo de acordo com uma modalidade da invenção.

[019] A Figura 2 descreve um fluxograma para o método de acordo com uma modalidade da invenção.

[020] A Figura 3 descreve um fluxograma para o método de acordo com outra modalidade da invenção.

[021] A Figura 4 ilustra a extensão do horizonte ao sistema de controle em relação a extensão do itinerário para o veículo.

[022] A Figura 5 ilustra as diversas velocidades previstas e as categorias de segmentos que vão sendo continuamente atualizadas conforme novos segmentos venham sendo adicionados ao horizonte.

Descrição Detalhada das Modalidades Preferenciais da Invenção

[023] Informações sobre o itinerário do veículo podem ser usadas para a determinação antecipada de sua velocidade determinística V_{ref} referente ao sistema de controle do motor do veículo de modo a vir a se economizar combustível, aumentando-se a

segurança e melhorando o conforto. Outros valores determinísticos para outros sistemas de controle podem ser ainda regulados. A topografia afeta enormemente o controle, e em particular, a linha de direção de veículos pesados, uma vez que se faz preciso um torque maior em subidas íngremes do que em descidas, tornando-se possível se transpor alguns morros sem a troca de marcha.

[024] O veículo é disponibilizado com um sistema de posicionamento e informação por mapas, com os dados de posicionamento advindos do sistema de posicionamento e com os dados da topologia advindos de informações constantes no mapa sendo utilizadas para a construção de um horizonte ilustrando a natureza do itinerário. Na descrição da presente invenção, o GPS (Sistema de Posicionamento Global) é indicado para a determinação dos dados de posição para o veículo, porém deve-se apreciar que outros tipos de sistemas de posicionamento global ou regional são igualmente concebíveis para a provisão do veículo incluindo dados de posicionamento, ou seja, os sistemas que fazem uso de um receptor de rádio para a determinação da posição do veículo. O veículo pode ainda fazer uso de sensores para investigar os arredores e vir a determinar o seu posicionamento.

[025] A Figura 1 ilustra como uma unidade incorpora mapas e informação GPS sobre o itinerário. O itinerário é exemplificado abaixo na forma de uma rota simples para o veículo, porém deve-se entender que diversos itinerários concebíveis são incluídos sob forma de informações via mapas e GPS ou de outros sistemas de posicionamento. O motorista pode ainda registrar o ponto de partida e o ponto de destino da jornada pretendida, sendo que então a unidade faz uso dos dados de mapas para fazer o cálculo de uma rota adequada. O itinerário ou itinerários, caso haja duas ou mais alternativas possíveis, são enviados, passo a passo, via o CAN até a um módulo para regulação dos valores determinísticos, com o módulo podendo se apresentar separado ou fazendo parte dos sistemas que são destinados a fazerem uso dos valores determinísticos para a regulação. Alternativamente, a unidade com os mapas e um sistema de posicionamento podem ainda constituir-se em parte de um sistema que faz uso dos valores determinísticos para a regulação. No módulo de regulação, as partes são reunidas em uma

unidade de horizonte para formarem um horizonte e serem processadas pela unidade de processamento de modo a gerarem um horizonte interno aonde o sistema de controle pode operar a regulação. Caso haja dois ou mais itinerários alternativos, um número de horizontes internos são criados para as diversas alternativas. O sistema de controle pode consistir em diversos sistemas de controle presentes no veículo, ou seja, sistema de controle de motor, sistema de controle de caixa de câmbio ou algum outro sistema de controle. Um horizonte é em geral formatado para cada sistema de controle, uma vez que os sistemas de controle são regulados por diferentes parâmetros. O horizonte é continuamente suplementado por novas partes advindas da unidade incorporando GPS e dados de mapas para a manutenção do comprimento do horizonte. O horizonte é atualizado de forma contínua quando o veículo se encontra em movimento.

[026] O CAN (rede de trabalho em área sob controle) consiste de um sistema de barramento em série desenvolvido para uso em veículos. Os barramentos de dados do CAN tornam possíveis o intercâmbio de dados digitais entre os sensores, componentes de regulação, atuadores, dispositivos de controle, etc., assegurando que dois ou mais dispositivos de controle possam ter acesso aos sinais advindos de um dado sensor de maneira a utilizá-los junto aos componentes de controle conectados aos mesmos.

[027] A Figura 2 consiste em um fluxograma ilustrando as etapas compreendendo do método vindo de acordo com a modalidade da invenção. O exemplo descrito adiante se refere a somente um horizonte, porém deve ser entendido que dois ou mais horizontes podem ser construídos em paralelo para os diversos itinerários alternativos. Uma primeira etapa A) determina um horizonte com base nos dados de posicionamento e nos dados de mapa de um itinerário concebido de segmentos de rotas com pelo menos uma característica presente para cada segmento. Quando o veículo se encontra em movimento, o módulo de horizonte dispõe as partes em conjunto dando forma ao horizonte do itinerário, a extensão desse itinerário é tipicamente da ordem de 1 a 2 km. A unidade de horizonte mantém o controle de onde o veículo se encontra e vai aumentando continuamente o horizonte de modo que a extensão do horizonte se mantenha constante. De acordo com uma

modalidade, quando o ponto de destino da jornada se encontra dentro dos limites da extensão do horizonte, não se procede ao aumento a mais deste horizonte, uma vez que o percurso adiante do ponto de destino não é de qualquer interesse.

[028] O horizonte é concebido a partir de segmentos de rotas aonde tem-se a inclusão de uma ou mais características entre relacionadas. O horizonte vem a ser simplificado em formato de matriz aonde cada coluna contém uma característica pertinente ao segmento. Uma matriz cobrindo 80 m à frente de um itinerário apresenta o seguinte formato:

$$\begin{bmatrix} dx, \% \\ 20, 0,2 \\ 20, 0,1 \\ 20, -0,1 \\ 20, -0,3 \end{bmatrix}$$

[029] aonde a primeira coluna consiste no comprimento de cada segmento em metros (dx) e a segunda coluna compreende o gradiente em % de cada segmento. A matriz deve ser considerada como representando a média em relação a 20 metros adiante a partir da posição atual do veículo, com o gradiente sendo de 0,2%, seguido por 20 metros com o gradiente se apresentando com 0,1%, e assim por diante. Os valores dos segmentos e gradientes não necessitam de serem expressos em valores relativos, podendo no entanto serem expressos em termos absolutos. A matriz tem a vantagem de ser formada vetorialmente, porém pode ser formada sob estrutura de designação, ou sob o formato de pacotes de dados ou elementos do gênero. Ocorrem diversas outras características concebíveis, ou seja, um raio de curvatura, sinais de trânsito, diversos obstáculos, etc.

[030] De acordo com uma modalidade da invenção descrita como a etapa A1) no fluxograma da Figura 3, o horizonte é construído podendo vir a ser simplificado posteriormente por meio de comparação das características de segmentos adjacentes e da combinação dos referidos segmentos adjacentes nos casos aonde a diferença entre as suas características se encontrem abaixo de um certo valor. O valor é preferencialmente estabelecido de modo que a diferença se torne pequena o bastante a não vir a influenciar no

desempenho da regulagem do método. Em caso por exemplo da diferença de 0,1% no gradiente ser interpretada como pequena o bastante no exemplo acima aonde a extensão e o gradiente compreendem das características de segmento, os segmentos um e dois no vetor podem ser combinados sendo feito o uso alternativo do gradiente médio. O horizonte simplificado, agora na forma de uma matriz simplificada, torna-se:

$$\begin{bmatrix} dx, \% \\ 40, 0,15 \\ 20, -0,1 \\ 20, -0,3 \end{bmatrix}$$

[031] Após esta simplificação, ou indo-se diretamente após a etapa A, isto é, na eventualidade de não se optar pela simplificação de acordo com a etapa A1) na Figura 3, os segmentos no interior do horizonte são colocados nas diversas categorias em uma etapa B) aonde os valores limítrofes são calculados para a referida pelo menos uma característica de segmentos de acordo com um ou mais valores específicos ao veículo, aonde estes valores limítrofes servem como fronteiras para os segmentos de designação junto as diversas categorias. No exemplo aonde as características de segmentos compreendem os gradientes, os valores limítrofes são calculados para os seus gradientes. Os valores limítrofes para as características envolvidas são calculados de acordo com uma modalidade da invenção, através de um ou mais valores específicos ao veículo, ou seja, da taxa de transmissão de corrente, do peso atual do veículo, da curva de torque máximo do motor, da fricção mecânica e/ou da resistência de rodagem do veículo sob a velocidade atual. Um modelo interno para o veículo junto ao sistema de controle é utilizado para estimativa da resistência de rodagem junto a velocidade atual. A taxa de transmissão e torque máximo são magnitudes conhecidas pelo sistema de controle do veículo, e o peso do veículo é estimado na linha de montagem.

[032] A seguir tem-se exemplos de cinco categorias diferenciadas aonde os segmentos podem ser colocados quando o gradiente dos segmentos vem a ser utilizado para efetuação de decisões em torno do controle do veículo:

[033] *Estrada Nivelada* : Segmento com gradiente $0 \pm$ uma tolerância.

[034] *Elevação do Declive*: Segmento com um gradiente indicando elevado declive para o veículo poder manter a velocidade na marcha em que se encontra.

[035] *Elevação Branda*: Segmento com o gradiente entre o valor de tolerância e o valor limítrofe para uma elevação pronunciada.

[036] *Redução de Declive*: Segmento com um gradiente em decline descendente com o veículo sendo acelerado por este gradiente.

[037] *Declinação Branda*: Segmento com um gradiente descendente entre o valor de tolerância negativo e o valor limítrofe para redução pronunciada.

[038] De acordo com uma modalidade da invenção, as características dos segmentos compreendem seu comprimento e gradiente, e a colocação dos segmentos nas categorias descritas anteriormente envolve o cálculo dos valores limítrofes na forma de dois valores limítrofes de gradiente I_{\min} e I_{\max} , aonde I_{\min} consiste do gradiente mínimo pelo qual o veículo pode ser acelerado pelo gradiente descendente, e o I_{\max} consiste do gradiente máximo pelo qual o veículo pode manter a velocidade sem vir a alterar o câmbio declive acima, Desse modo, o veículo pode ser regulado de acordo com o gradiente e a extensão da estrada à frente de modo que possa ser feita a direção com economia de combustível por meio do controle direcional em terreno ondulado. Em uma outra modalidade, as características dos segmentos compreendem de suas extensões e da aceleração lateral, com os valores limítrofes sendo calculados na forma de valores limítrofes da aceleração lateral com a classificação dos segmentos de quanta aceleração lateral vem a ser causada pelos mesmos. Pode haver a regulação posterior da velocidade do veículo de maneira que ele possa ser dirigido em uma maneira conveniente para a redução de combustível e segurança no trânsito com relação a curvatura da estrada, ou seja, qualquer redução de velocidade antes de uma curva vem a ser monitorada tanto quanto o possível sem o uso dos freios habituais. Por exemplo, a tolerância para a categoria “*estrada nivelada*” dá-se preferencialmente entre 0,05% e -0,05% quando o veículo se encontra deslocando a 80 km/h. Com base da mesma velocidade (80 km/h), I_{\min} é normalmente calculado como sendo

da ordem de -2 a -7%, e I_{max} normalmente se encontrando de 1 a 6 %. Não obstante, esses valores dependem enormemente da taxa de transmissão de corrente (engrenagem + taxa de eixo traseiro fixa), desempenho do motor e o peso total.

[039] Na etapa C) a seguir do método, as características, neste caso o gradiente de cada segmento, vem a ser comparadas com os valores limítrofes calculados, com cada segmento sendo posicionado em uma categoria através dos resultados das comparações.

[040] Pode vir a ocorrer em lugar ou em acréscimo, por exemplo, de uma classificação similar pelo raio de curvatura da estrada, aonde as curvas podem ser classificadas por meio de quanta aceleração lateral vem a ser originada.

[041] Após ter ocorrido a colocação de cada segmento no interior do horizonte em uma categoria, um horizonte interno para o sistema de controle pode vir a ser construído com base na classificação dos segmentos e no horizonte, compreendido que para cada segmento com uma velocidade de entrada v_1 com o sistema de controle tendo de estar de acordo. De acordo com uma modalidade, uma alteração de velocidade solicitada entre duas velocidades de entrada vem a ser escalonada de forma a proporcionar com valores determinísticos v_{ref} referente ao sistema de controle aonde ocorre a efetuação de um aumento ou redução gradual da velocidade do veículo. O escalonamento de uma mudança de velocidade resulta no cálculo de mudanças graduais da velocidade que se fazem necessárias de modo a se chegar até a alteração da velocidade. Em outras palavras, o escalonamento resulta em um aumento linear da velocidade. As velocidades de entrada v_i , ou seja os valores determinísticos referentes aos sistemas de controle de veículo são calculados na etapa D) de acordo com o método vindo de acordo com a invenção ao longo do horizonte de acordo com as regras pertinentes as categorias aonde são colocados os segmentos inseridos no horizonte. Todos os segmentos no interior do horizonte são escalonados através de uma continuidade de novos segmentos que vão sendo adicionados ao horizonte, com as velocidades de entrada v_i sendo ajustadas nos mesmos conforme o necessário dentro de uma abrangência da velocidade referencial do veículo v_{set} . A velocidade referencial do veículo v_{set} ajustada pelo motorista tem por objetivo ser mantida

constante através do uso de sistemas de controle do veículo quando fazendo o percurso dentro dessa abrangência. Essa abrangência é delimitada por duas velocidades v_{\min} e v_{\max} que podem ser ajustadas manualmente pelo motorista ou podem ser ajustadas de forma automática por meio de cálculos das abrangências adequadas, preferencialmente calculadas no módulo de regulagem. Em seguida o veículo, pode vir a ser regulado na etapa E) de acordo com os valores determinísticos, aonde no exemplo descrito representam que o controle direcional no veículo faz a regulagem da velocidade do veículo de acordo com os valores determinísticos.

[042] Os valores determinísticos v_{set} para o sistema de controle no veículo podem ser permitidos a virem a variar entre duas velocidades mencionadas anteriormente v_{\min} e v_{\max} . Quando o módulo de regulagem prevê um horizonte interno para a velocidade do veículo, esta velocidade pode variar dentro da faixa de abrangência.

[043] As várias regras para as categorias de segmentos regulam, portanto, em como a velocidade de entrada v_i para cada segmento pode vir a ser ajustada. Caso um segmento seja posicionada na categoria “*estrada nivelada*”, nenhuma mudança será efetuada na velocidade de entrada v_i junto ao segmento. A direção do veículo de modo que se adeque aos requisitos vem a ser obtida fazendo-se uso da equação de Torricelli dada abaixo para o cálculo da constância da aceleração ou retardamento que devem vir a ser aplicadas junto ao veículo:

$$v_{\text{slut}}^2 = v_i^2 + 2.a.s \quad (1)$$

[044] aonde v_i consiste na velocidade de entrada junto ao segmento, v_{slut} a velocidade do veículo na extremidade do segmento, a a constante de aceleração/retardamento e s o comprimento do segmento.

[045] Caso um segmento se encontre na categoria “*elevação do declive*” ou “*redução do declive*”, a velocidade final v_{slut} para o segmento previsto pela equação de solução (2) abaixo compreende:

$$v_{\text{slut}}^2 = (a.v_i^2 + b).(e^{(2.a.s/M)} - b)^5/a \quad (2)$$

aonde

$$a = -C_d \cdot \rho \cdot A / 2 \quad (3)$$

$$b = F_{track} - F_{roll} - F_a \quad (4)$$

$$F_{track} = (T_{eng} \cdot i_{final} \cdot i_{gear} \cdot \mu_{gear}) / r_{wheel} \quad (5)$$

$$F_{roll} = flatCorr \cdot M \cdot g / 1000 \cdot (C_{rriso} F + C_b \cdot (v_i - v_{iso}) + C_{aF} \cdot (v_i^2 - v_{iso}^2)) \quad (6)$$

$$F_a = M \cdot g \cdot \sin(\arctan(\alpha)) \quad (7)$$

$$flatCorr = 1 / \sqrt{(1 + r_{wheel} / 2,7)} \quad (8)$$

[046] aonde C_d consiste do coeficiente de resistência do ar, ρ a densidade do ar, A a área transversal mais larga do veículo, F_{track} a força agindo sobre o torque do motor na direção de movimentação do veículo, F_{roll} a força a partir da resistência de rolamento atuando sobre as rodas, F_a compreende a força agindo sobre o veículo em função do gradiente α do segmento, T_{eng} consiste do torque do motor, i_{final} compreende da engrenagem final do veículo, i_{gear} compreende a taxa de transmissão de corrente na caixa de marchas, μ_{gear} compreende a eficiência do sistema de engrenagem, r_{wheel} compreende o raio da direção do veículo, M o peso do veículo, C_{aF} e C_b os coeficientes dependentes da velocidade relacionados a resistência de rolagem das rodas, C_{rriso} um termo constante relacionado a resistência de rolagem das rodas e v_{iso} uma velocidade ISO, ou seja, 80 km/h.

[047] Para os segmentos inclusos na categoria “*elevação do declive*”, a velocidade final v_{slut} vem a ser posteriormente comparada com v_{min} , e caso $v_{slut} < v_{min}$, então v_i tem de ser aumentado de maneira que

$$v_i = \min(v_{max}, v_i + (v_{min} - v_{slut})) \quad (9)$$

[048] em caso contrário nenhuma mudança virá a ocorrer, uma vez que v_{slut} atende ao requisito de se encontrar dentro da faixa de abrangência quanto a velocidade de referência.

[049] Para os segmentos inclusos na categoria “*redução de declive*”, a velocidade final v_{slut} é comparada com v_{max} e caso $v_{slut} > v_{max}$, então v_i tem de ser reduzido de maneira que

$$v_i = \max(v_{min}, v_i - (v_{slut} - v_{max})) \quad (10)$$

[050] de outra forma nenhuma alteração ocorre para v_i , uma vez que v_{slut} se

encontra dentro do critério de se localizar dentro da faixa de abrangência para a velocidade de referência.

[051] A equação de Torricelli (1) é utilizada novamente para calcular se é possível se chegar a v_{slut} através da velocidade de entrada v_i sob a condição de conforto, ou seja, com uma constante de aceleração/retardamento máxima pré-determinada. Caso isto não seja possível em função do comprimento do segmento, v_i é aumentada ou diminuída de maneira que a condição de conforto possa vir a ser mantida, ou seja, sem haver muita aceleração/retardamento.

[052] Para os segmentos inclusos na categoria “*elevação branda*”, permite-se a variação do valor determinístico v_{ref} entre v_{min} e v_{set} quando da incorporação de um novo segmento, ou seja, $v_{min} \leq v_{ref} \leq v_{set}$. Caso $v_{ref} \geq v_{min}$ não se processa a nenhuma aceleração do veículo. Caso entretanto $v_{ref} < v_{min}$, então v_{ref} é assumido como v_{min} durante o segmento, ou caso $v_{ref} > v_{set}$, então v_{ref} é elevado em sentido a v_{set} por meio da equação (1). Para os segmentos inclusos na categoria “*declinação branda*”, permite-se que v_{ref} varie entre v_{set} e v_{max} quando da incorporação de um novo segmento, ou seja, $v_{set} \leq$

[053] $v_{ref} \leq v_{max}$ e caso $v_{ref} \leq v_{min}$ não se processa nenhuma retardo ao veículo. Caso, contudo $v_{ref} > v_{max}$, então v_{ref} é assumido como v_{max} durante o segmento, ou caso $v_{ref} < v_{set}$, então v_{ref} é ascendido em direção a v_{set} por meio da equação (1). As cinco categorias de segmentos podem ser simplificas para três através da eliminação das categorias “*elevação branda*” e “*declinação branda*”. A categoria “*estrada nivelada*” irá então abranger uma ampla extensão delimitada pelos valores limítrofes calculados l_{min} e l_{max} , de modo que o gradiente junto ao segmento se apresente menor do que l_{min} caso o gradiente se apresente negativo ou então maior do que l_{max} caso o gradiente se apresente positivo.

[054] Quando um segmento que vem após um segmento no interior do horizonte localizado na categoria “*elevação branda*” ou “*declinação branda*” levar a uma alteração nas velocidades de entrada junto aos segmentos constantes nessas categorias, isto significa que as velocidades de entrada e portanto as velocidades determinísticas referentes ao sistema de controle foram corrigidas e tornaram-se mais elevadas ou reduzidas do que

conforme o indicado pelas regras anteriores referentes as categorias “*elevação branda*” ou “*declinação branda*”. Isto implica portanto quando as velocidades de entrada devem de ser corrigidas de acordo com os segmentos posteriores.

[055] Todas as mudanças de velocidades solicitadas são escalonadas por meio da equação de Torricelli (1) de modo que elas venham a ocorrer sob condições de conforto. Isso compreende de uma regra genérica no sentido de não se elevar a velocidade determinística v_{ref} subindo-a, uma vez que qualquer possível elevação da velocidade v_{ref} tem de vir a ocorrer antes do início da parte íngreme, caso o veículo deva de ser dirigido sob o ponto de vista visando economia de custos. Pelas mesmas razões, a velocidade determinística não deve de ser reduzida em uma diminuição de graduação, uma vez que qualquer possibilidade quanto a diminuição da velocidade v_{ref} deve de ocorrer antes do transcurso morro abaixo.

[056] Por meio de um contínuo escalonamento de todos os segmentos no interior do horizonte, é possível se determinar um horizonte interno que proporcione com valores de entrada v_i para cada segmento. De acordo com uma modalidade, a etapa A) é executada continuamente desde que o horizonte não exceda um itinerário planejado para o veículo, e as etapas de B) a E) são executadas de modo continuado para toda a extensão do horizonte. O horizonte é atualizado, preferencialmente, em partições, e de acordo com uma modalidade sem a mesma continuidade na sua atualização como nas etapas de B) a E). O horizonte interno é atualizado de forma contínua conforme novos segmentos vão sendo acrescentados ao horizonte, ou seja, de duas a três vezes por segundo. O escalonamento continuado através de segmentos presentes no interior do horizonte envolve o cálculo contínuo dos valores de entrada v_1 de cada segmento, e o cálculo de um valor de entrada v_i pode significar ter de alterar os valores de entrada tanto adiante como para trás dentro dos limites internos do horizonte. Aonde houver por exemplo a previsão de uma velocidade em segmento externo à abrangência estabelecida, deve-se procurar corrigir a velocidade nos segmentos posteriores.

[057] A Figura 4 descreve o horizonte interno relativo ao itinerário. O horizonte

interno se movimenta continuamente para frente conforme indicado pelo horizonte interno pontilhado movido para frente. A Figura 5 detalha um exemplo de um horizonte interno aonde os diversos segmentos são posicionados em uma categoria. No diagrama a sigla “*LR*” representa a “*estrada nivelada*”, e “*GU*” indica “*elevação branda*”, e “*SU*” significa “*elevação do declive*” e “*SD*” significa “*redução do declive*”. A velocidade inicial é v_0 , e caso ela não seja V_{set} , os valores determinísticos são escalonados de v_0 até v_{set} com a condição de conforto estabelecida pela equação de Torricelli (1) em função da categoria “*estrada nivelada*”. O segmento seguinte consiste em uma “*elevação branda*” não vindo a ocorrer qualquer alteração em v_{ref} desde que $v_{min} \leq v_{ref} \leq v_{set}$, uma vez que nenhuma aceleração deve ser aplicada a este segmento. O segmento a seguir consiste em uma “*elevação do declive*”, de modo que a velocidade final v_3 para a mesma seja prevista pelo uso da fórmula (2), de modo que v_2 tem de ser aumentado caso $v_3 < v_{min}$ de acordo com a fórmula (9). O segmento a seguir consiste em “*estrada nivelada*”, de modo que v_{ref} seja alterado em sentido a v_{set} com a limitação da condição de conforto a partir da equação de Torricelli (1). Posteriormente apresenta-se um segmento compreendendo de uma “*elevação de declive*”, de modo que a velocidade final v_5 venha a ser prevista por meio da fórmula (2) com v_4 vindo de ser reduzido caso $v_5 > v_{max}$ de acordo com a fórmula (10). Desde que a velocidade retrocedida no horizonte interno seja alterada, as velocidades retrocedidas restantes no horizonte interno são ajustadas para serem capazes de atenderem com uma velocidade mais adiante. Para cada mudança de velocidade que tenha de ser realizada, o método de acordo com a invenção efetua o cálculo por meio da equação de Torricelli (1) caso seja possível se chegar a uma troca de velocidade atendendo a condição de conforto. Em caso negativo, a velocidade de entrada junto ao segmento é ajustada de modo que possa ser mantida a condição de conforto.

[058] A presente invenção se relaciona também a um módulo para a regulação de um valor determinístico para os sistemas de controle do veículo de acordo com o descrito na Figura 1. O módulo compreende de uma unidade de horizonte para a determinação de um horizonte por meio de dados de posicionamento recebidos e dados de mapa de um itinerário

concebido com segmentos de rota contendo pelo menos uma característica pertinente a cada segmento. O módulo posteriormente compreende de uma unidade de processamento adaptada para desempenho das etapas B) a D) do método de acordo com a descrição anterior. O veículo é posteriormente regulado de acordo com os valores determinísticos em uma etapa F). O resultado compreendendo de um módulo que pode ser usado em um veículo para regulação dos valores determinísticos aonde se tem a intenção de se vir a regular os valores determinísticos, ou de compreender de um módulo funcionando independentemente do sistema de controle.

[059] Os valores específicos do veículo quanto a taxa de transmissão de corrente, peso atual do veículo, a curva de torque máximo do motor, a fricção mecânica e a resistência de funcionamento do veículo para a velocidade atual são determinados preferencialmente na unidade de processamento. Os valores limítrofes podem ser determinados portanto com base na condição do veículo naquela oportunidade. Os sinais necessários para a determinação desses valores podem ser considerados a partir do CAN ou podem ser detectados através de sensores adequados.

[060] De acordo com uma modalidade, as características dos segmentos compreendem as suas extensões e gradiente com a unidade de processamento sendo adaptada para o cálculo dos valores limítrofes na forma de valores limítrofes de gradiente I_{\min} e I_{\max} . Assim, a velocidade do veículo pode ser regulada de acordo com a ondulação do itinerário de modo a se poder viajar de uma forma econômica.

[061] De acordo com outra modalidade, as características dos segmentos compreendem de suas extensões e aceleração lateral e com a unidade de processamento sendo adaptada para o cálculo dos valores limítrofes na forma de valores limítrofes da aceleração lateral. Isto significa que a velocidade do veículo pode ser regulada de acordo com a curvatura da estrada à frente, e a velocidade do veículo pode ser pré-regulada de modo que operações de frenagem desnecessárias e aumentos de velocidades desnecessários venham a ser minimizados de modo a se economizar combustível.

[062] De acordo com uma modalidade, a unidade de processamento é adaptada

para a simplificação do horizonte de acordo com o método pertinente a etapa A1) descrita anteriormente. A redução resultante na quantidade de dados torna possível se reduzir a demanda quanto a capacidade computacional.

[063] Preferencialmente, a unidade de horizonte é adaptada para a determinação do horizonte de modo continuado desde que este horizonte não exceda ao itinerário planejado para o veículo, e a unidade de processamento é adaptada para desempenhar de forma contínua as etapas para o cálculo e a atualização dos valores determinísticos para o sistema de controle para toda a extensão do horizonte interno. Em uma modalidade, o horizonte é construído de modo fracionado progressivamente conforme o veículo vá viajando ao longo do itinerário. Os valores determinísticos para o sistema de controle são calculados e atualizados de modo contínuo a despeito de se são adicionados ou não novos segmentos, uma vez que os valores determinísticos à serem calculados dependem ainda de como os valores intrínsecos ao veículo venham a ir se alterando ao longo do itinerário.

[064] A presente invenção incorpora ainda um produto de programa de computador compreendendo de instruções de programa de computador para a capacitação de um sistema computacional em um veículo para o desempenho das etapas de acordo com o método quando as instruções do programa de computador são acionadas junto ao referido sistema computacional. As instruções do programa de computador são armazenadas preferencialmente junto a uma mídia com condições de serem lidas por um sistema computacional, ou seja, um CD ROM, memória USB, ou tendo condições de virem a ser transmitidas sem uso de fios ou por linhas junto ao sistema computacional.

[065] A presente invenção não se restringe as modalidades descritas. Diversas alternativas, modificações, e equivalências podem vir a ser empregadas. As modalidades mencionadas não se limitam ao escopo da invenção que vem a ser definida pelo quadro de reivindicações em anexo.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para determinar os valores determinísticos para sistemas de controle de veículos, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende as etapas de:

A) determinar um horizonte por meio de dados de posicionamento e dados de mapas de um itinerário concebido por segmentos de rotas com pelo menos uma característica para cada segmento;

B) calcular os valores limítrofes para a referida pelo menos uma característica de segmentos conforme um ou mais valores específicos ao veículo, aonde os valores limítrofes servem como fronteiras para os segmentos designados para diversas categorias;

C) comparar com a referida pelo menos uma característica de cada segmento com os valores limítrofes calculados e com o posicionamento de cada segmento no interior do horizonte dentro de uma categoria conforme os resultados das comparações;

D) calcular os valores determinísticos para os sistemas de controle de veículos ao longo do horizonte conforme as regras pertinentes as categorias aonde os segmentos no interior do horizonte são posicionados;

E) regular o veículo conforme os valores determinísticos.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os valores específicos do veículo são determinados pela taxa de transmissão de corrente, pelo peso do veículo atual, pela curva de torque máximo do motor, pela fricção mecânica e/ou pela resistência de funcionamento do veículo na velocidade atual.

3. Método, de acordo com as reivindicações 1 e 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as características dos segmentos compreendem suas extensões e gradientes, e os valores limítrofes são calculados na forma de valores limítrofes de gradiente l_{\min} e l_{\max} .

4. Método, de acordo com as reivindicações 1 e 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as características dos segmentos compreendem suas extensões e aceleração lateral, e os valores limítrofes são calculados na forma de valores limítrofes da aceleração lateral.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o horizonte é determinado pelo uso de dados de posicionamento do GPS.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende uma etapa A1) intermediária às etapas A) e B) para simplificar o horizonte através da comparação com as características dos segmentos adjacentes e combinando-se os referidos segmentos adjacentes nos casos aonde a diferença entre as suas características está abaixo de um certo valor.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa A) é realizada continuamente desde que o horizonte não venha a exceder um itinerário planejado para o veículo, e as etapas de B) até

E) são realizadas de forma contínua para toda a extensão do horizonte.

8. Módulo para determinar os valores determinísticos para sistemas de controle de veículos, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o módulo compreende:

- uma unidade de horizonte adaptada para determinar um horizonte por meio dos dados de posicionamento e dos dados de mapa recebidos de um itinerário concebido a partir de segmentos da rota com pelo menos uma característica associada à cada segmento;

- uma unidade de processamento adaptada para calcular os valores limítrofes para a referida pelo menos uma característica de segmentos conforme um ou mais valores específicos do veículo, aonde esses valores limítrofes servem como fronteiras para os segmentos designados para diversas categorias; comparando pelo menos uma característica de cada segmento com os valores limítrofes calculados e posicionando cada segmento em uma categoria de acordo com os resultados das comparações; aonde a unidade de processamento é ainda adaptada para calcular os valores determinísticos para os sistemas de controle do veículo ao longo do horizonte de acordo com as regras pertinentes as categorias aonde os segmentos dentro do horizonte são posicionados; em que o sistema de controle regula o veículo de acordo com esses valores determinísticos.

9. Módulo, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os valores específicos do veículo são determinados pela taxa de transmissão de corrente, pelo peso do veículo atual, pela curva de torque máximo do motor, pela fricção mecânica e/ou pela resistência de funcionamento do veículo na velocidade atual.

10. Módulo, de acordo com as reivindicações 8 e 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as características dos segmentos compreendem suas extensões e gradientes, e a unidade de processamento é adaptada para calcular os valores limítrofes na forma de valores limítrofes de gradiente l_{min} e l_{max} .

11. Módulo, de acordo com as reivindicações 8 e 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as características dos segmentos compreendem suas extensões e aceleração lateral, e a unidade de processamento é adaptada para o calcular os valores limítrofes na forma de valores limítrofes da aceleração lateral.

12. Módulo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dados de posicionamento são determinados através do uso do GPS.

13. Módulo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de processamento é adaptada para simplificar o horizonte por meio de comparação das características dos segmentos adjacentes e da combinação dos referidos segmentos adjacentes nos casos aonde a diferença entre as suas características está abaixo de um certo valor.

14. Módulo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de horizonte é adaptada para determinar o horizonte de modo contínuo desde que o horizonte não exceda um itinerário planejado para o veículo, e aonde a unidade de processamento é adaptada para desempenhar de forma contínua as etapas para calcular e atualizar os valores determinísticos referentes ao sistema de controle para toda a extensão do horizonte.

15. Produto de programa de computador, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende instruções de programa de computador para a viabilização de um sistema de computador em um veículo para executar as etapas de método, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7, quando as instruções do programa de computador são executadas no referido sistema de computador.

16. Produto de programa de computador, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as instruções do programa de computador são armazenadas em uma mídia em que é legível através de um sistema de computador.

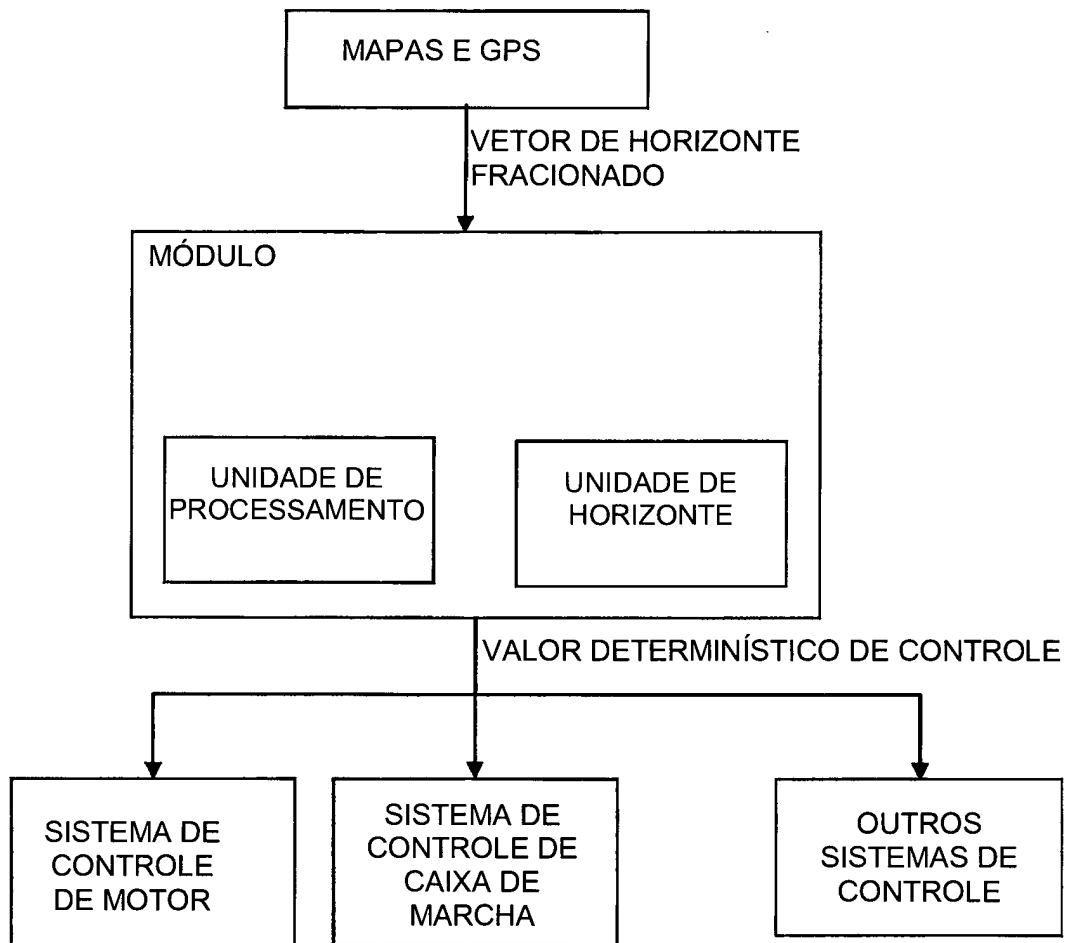


FIG. 1

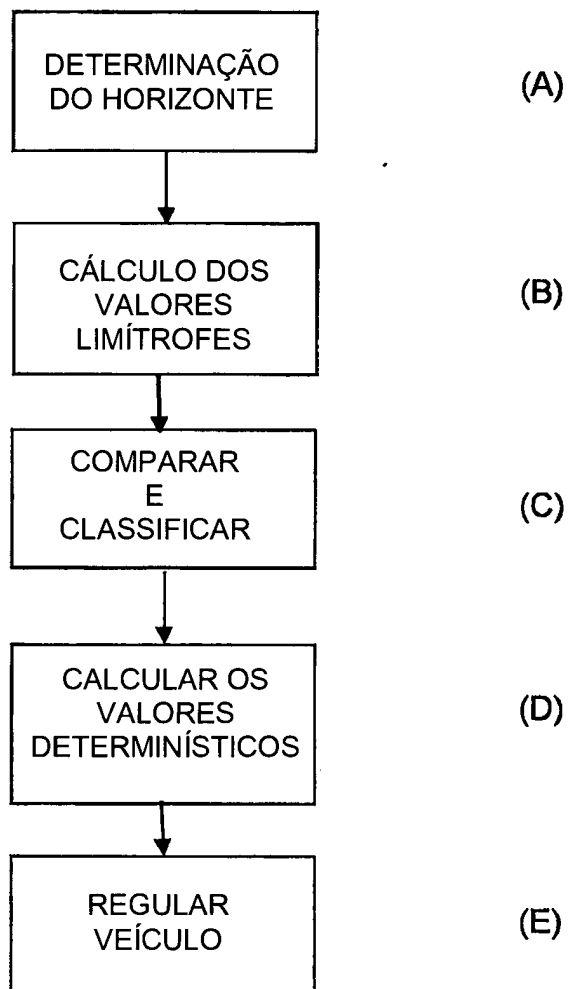


FIG. 2

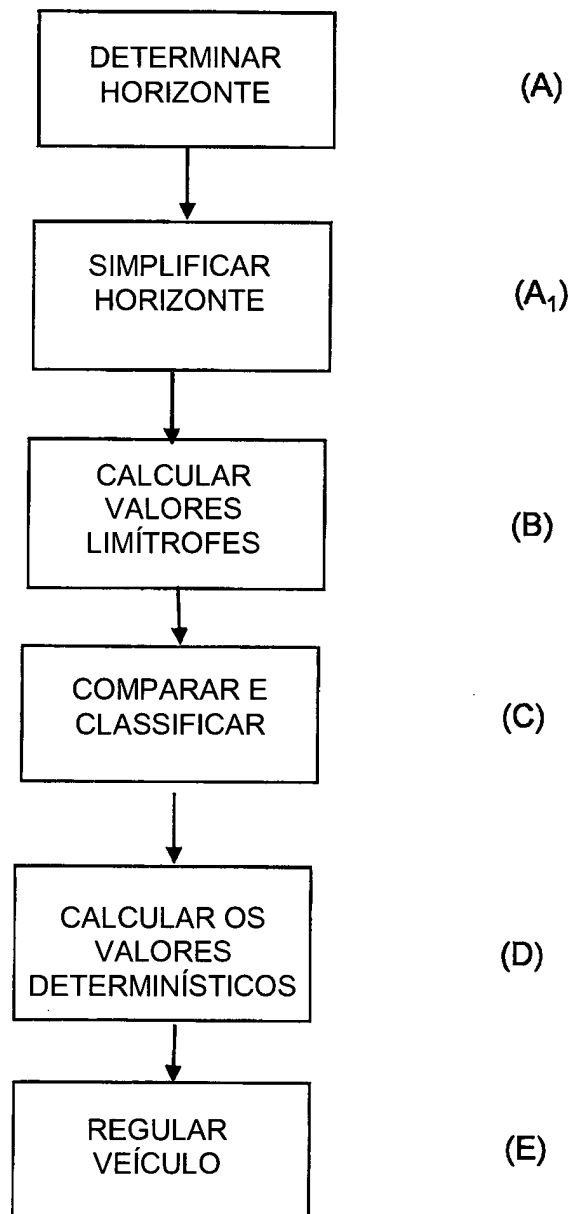


FIG. 3

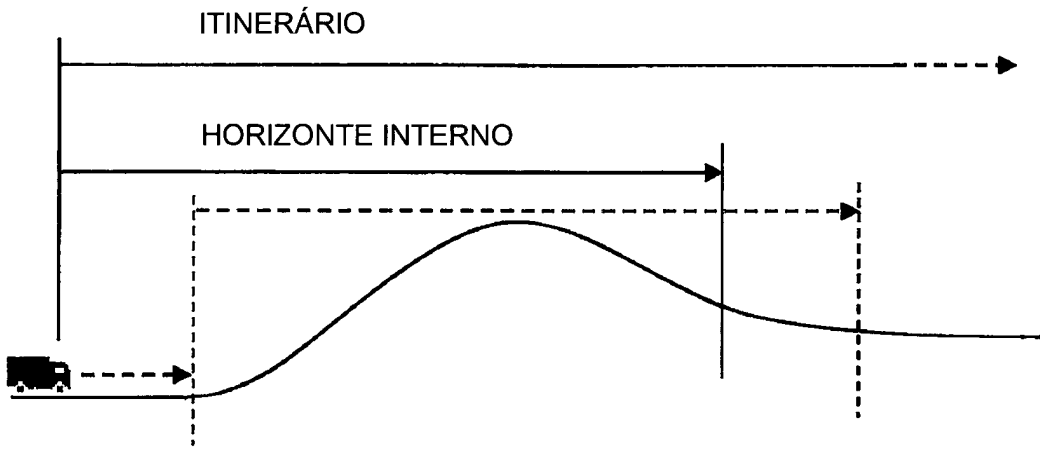


FIG. 4

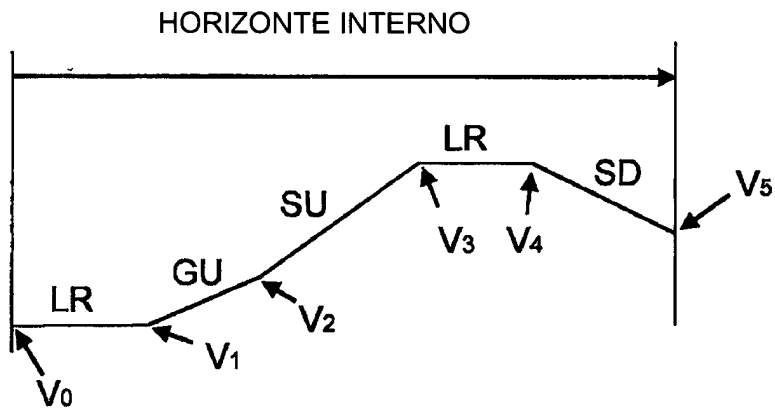


FIG. 5