



INPI
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0905799-4

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0905799-4

(22) Data do Depósito: 27/01/2009

(43) Data da Publicação do Pedido: 13/08/2009

(51) Classificação Internacional: G01C 22/00.

(30) Prioridade Unionista: US 61/027,149 de 08/02/2008; US 12/358,824 de 23/01/2009.

(54) Título: SISTEMA CONSULTIVO DE ABASTECIMENTO DE VEÍCULO, MÉTODO PARA GERAR UMA ESTRATÉGIA DE ABASTECIMENTO E VEÍCULO AUTOMOTIVO

(73) Titular: FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC. Endereço: 330 TOWN CENTER DRIVE, SUITE 800, FAIRLANE PLAZA SOUTH, 48126, DEARBORN, MICHIGAN, ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA(US)

(72) Inventor: ERICA KLAMPFL; KACIE ALANE THEISEN; OLEG YURIEVITCH GUSIKHIN; PERRY ROBINSON MACNEILLE; THOMAS J. GIULI; YIMIN LIU.

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 29/01/2019, observadas as condições legais

Expedida em: 29/01/2019

Assinado digitalmente por:
Alexandre Gomes Ciano

Diretor Substituto de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

**“SISTEMA CONSULTIVO DE ABASTECIMENTO DE VEÍCULO, MÉTODO
PARA GERAR UMA ESTRATÉGIA DE ABASTECIMENTO E VEÍCULO
AUTOMOTIVO”**

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDO RELACIONADO

5 Este pedido reivindica o benefício do Pedido de Patente Provisório Nº US 61/027.149, depositado em 08 de Fevereiro de 2008, que por sua vez é uma continuação do Nº de Série US 12/358.824, depositado em 23 de Janeiro de 2009, estando ambos aqui incorporados em sua totalidade a título de referência.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

10 Diferentes técnicas são usadas para determinar onde se reabastece um veículo. A Patente Nº US 7.066.216 para Sato et al., fornece um sistema para a alocação de estações de combustível para corpos móveis. O sistema inclui uma unidade de bordo, uma unidade de estação e um servidor. A
15 unidade de bordo armazena e atualiza informações sobre um corpo móvel. A unidade de estação armazena e atualiza a informação a respeito de uma estação de reabastecimento. O servidor é conectado à unidade de bordo e à unidade de estação através de redes. O servidor aloca certas estações de combustível ao corpo móvel baseado na informação acerca do corpo móvel e
20 da estação de reabastecimento.

 A Patente No. US 6.691.025 para Reimer fornece um sistema para a monitoração de consumo de combustível e a otimização de reabastecimento de um veículo. O sistema inclui um sensor de nível de combustível projetado para ser montado em um tanque de combustível. O
25 sensor de combustível tem um transdutor para a geração de um sinal de distância que representa a distância entre o sensor e a superfície do combustível no tanque de combustível. Um processador acoplado ao transdutor é programado para converter o sinal de distância em uma

porcentagem de sinal de capacidade, calcular o volume de combustível no tanque de combustível, e criar uma mensagem que inclui informações a respeito do volume de combustível no tanque de combustível. O processador também é acoplado a uma rede que pode incluir um terminal de envio, um servidor de otimização de combustível e um serviço de preço de combustível por localização. A rede calcula uma localização otimizada para o reabastecimento do tanque de combustível e uma rota para se chegar à localização. Uma mensagem que contém as informações de reabastecimento e rota é transmitida ao sistema de informações do veículo para o motorista.

A Patente Nº US 6.078.850 para Kane et al., fornece um sistema de manutenção para um veículo que tem uma região de armazenamento de produto e que percorre um trajeto que tem uma pluralidade de estações de reabastecimento de produto geograficamente distribuídas. O sistema inclui um sensor para medir um nível do produto na região de armazenamento e fornece dados de nível de produto. Um sistema de posicionamento global (GPS) determina a localização do veículo ao longo do trajeto. Um controlador armazena um registro de localizações geográficas atuais de estações de abastecimento do produto e os preços dos produtos atuais nas mesmas. O controlador também calcula horários de reabastecimento de produto do veículo com base em um rendimento do GPS e do sensor, e um preço de produto em alguma das estações de reabastecimento.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

Um sistema consultivo de reabastecimento do veículo pode incluir um ou mais computadores. O um ou mais computadores pode ser configurado para uma rota especificada a ser percorrida durante um tempo de múltiplos dias, (i) selecionar pelo menos um dia durante o período de tempo de múltiplos dias no qual se deve adquirir combustível, (ii) selecionar pelo menos uma estação de reabastecimento ao longo da rota na qual se adquire combustível

para cada dia selecionado, e (iii) determinar uma quantidade de combustível para se adquirir em cada estação de abastecimento selecionada. As seleções e determinações são baseadas em preços atuais e previstas para o período de tempo de múltiplos dias para minimizar, em geral, os custos de combustível para a rota especificada.

Enquanto modalidades exemplificadoras de acordo com a invenção são ilustradas e descritas, tal descrição não deve ser construída como limitadora. Antecipa-se que várias modificações e projetos alternativos, podem ser feitos, sem se afastar do escopo da invenção.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

A Figura 1 é um diagrama de blocos de um sistema consultivo de reabastecimento de veículo de acordo com uma modalidade da invenção.

A Figura 2 é um fluxograma para determinar uma estratégia de reabastecimento de veículo de acordo com uma modalidade da invenção.

A Figura 3 é uma interface de usuário exemplificadora para o sistema consultivo de reabastecimento de veículo da Figura 1.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS FIGURAS

Serviços de navegação podem fornecer preços de combustível para uma região geográfica particular em resposta às solicitações do motorista.

Por exemplo, um motorista pode solicitar os preços de combustível atuais em um raio específico conforme a localização atual de seu veículo. Com tal informação, o motorista pode decidir onde comprar o combustível. Presumindo que o veículo tenha um tanque de combustível de 37.85 litros (10 galões) vazio pela metade, o preço atual do combustível é de \$3.00 por 3,78 litros, o custo total do reabastecimento, naquele instante, seria de, aproximadamente, \$15.00. Este custo total para o reabastecimento, entretanto, pode ser reduzido se os preços de combustível e os padrões de motoristas esperados forem considerados. Como um exemplo, uma estratégia de reabastecimento de

veículo pode ser determinada com base padrões de percurso previstos, preços atuais e previstos dos combustíveis, e/ou preferências do motorista. Os padrões de percurso previstos podem ser baseados em uma rota criada pelo motorista e/ou histórico de rotas de percurso. Os preços de combustíveis previstos podem ser baseados em preços de combustível atuais e históricos.

Algumas modalidades da invenção, determinam uma estratégia de reabastecimento para minimizar, em geral, os custos de combustível com base nos preços de combustível previstos (futuro) e os padrões de percurso previstos (futuro). Por exemplo, uma estratégia de reabastecimento pode recomendar que 7,57 litros (2 galões) de combustível sejam adquiridos em um dado dia e que outros 30,28 litros (8 galões) de combustível sejam adquiridos dois dias mais tarde, quando se prevê que os preços de combustível estarão mais baixos.

Um motorista pode acessar um servidor remoto ou um computador de bordo do veículo para construir um perfil de motorista para um período da próxima condução. O servidor ou computador de bordo do veículo pode prever os preços de combustíveis previstos e determinar recomendações de reabastecimento com base no perfil do motorista, bem como os preços de combustíveis atuais e previstos. Estas recomendações podem ser comunicadas ao veículo, se necessário, através de, por exemplo, uma rede sem fio ou esquema de comunicação através de linha de energia, ou podem ser transferidas por upload para o veículo a partir de um dispositivo de armazenamento de memória. Outras configurações e disposições também são possíveis.

Com referência, agora, à Figura 1, um veículo 10 inclui um processador 12. O processador 12 comunica-se com um sistema de navegação 14 e com o sistema de combustível 16 através de uma rede interna

do veículo por exemplo, rede de área controladora (CAN). O sistema de navegação 14 pode, por exemplo, computar sua posição geográfica e velocidade a partir do tempo da trajetória e a frequência *Doppler* de sinais a partir de um conjunto de 3 ou mais satélites 18 para um receptor 20. O sistema de combustível 16 fornece as informações ao processador 12 a respeito de níveis de combustível atuais de um tanque de combustível de um veículo 10, consumo de combustível do veículo 10, e a capacidade de transporte do tanque de combustível. Conforme discutido abaixo, estas informações podem ser usadas para criar recomendações de aquisição de combustível para o motorista.

O processador 12 também se comunica com os terminais remotos, como um computador 22 e servidor 24. Um transceptor 26 (como um telefone celular unido ao processador 12) pode transmitir um sinal de comunicação modulado pelo modem 28 para a recepção por uma rede 30. Conforme apreciado por pelos técnicos no assunto, a rede 30 pode ser de qualquer coleção de redes de comunicação efetivamente emendadas uma na outra para facilitar a comunicação entre o processador 12 e os terminais remotos 22, 24. Na modalidade da Figura 1, a rede 30 inclui uma rede celular, a rede pública de telefonia comutada (PSTN) e a Internet. O computador 22 e o servidor 24 são diretamente conectados à Internet.

A transmissão de sinais de comunicação sem fio através do transceptor 26 é recebida por uma torre de celular da rede de celular. A rede de celular repassa a informação recebida à PSTN. A PSTN então repassa a informação para a Internet para eventual entrega, por exemplo, ao servidor 24. Da mesma maneira, o servidor 24 pode se comunicar com o processador 12 através da rede 30. Em outras modalidades, o veículo 10 pode incluir um transceptor de rede sem fio, por exemplo, transceptor de Dados de Evolução Otimizados, etc., que pode comunicar com redes sem fio em uma região

geográfica particular. Outras disposições de comunicação, como Wi-Fi, WiMax, etc., também são possíveis é claro.

Na modalidade da Figura 1, o servidor 24 coleta dados, gera uma recomendação de estratégia de reabastecimento e comunica esta estratégia ao processador 12 para entrega através de um visor 34. O servidor 24 recebe a informação de entrada do processador 12 e/ou computador 22 a respeito das preferências do motorista, capacidade de reabastecimento do veículo, e outras informações relacionadas ao veículo 10 antes de gerar uma estratégia de reabastecimento do veículo. O servidor 24 também se comunica com armazenamentos de dados 32 através da rede 30, por exemplo, a Internet, para acessar os preços de combustível atuais e históricos. Em outras modalidades, o processador 12 pode coletar os dados relevantes e gerar a estratégia de uma recomendação de reabastecimento. Outras disposições também são possíveis. Por exemplo, dados necessários podem ser transferidos por upload para o processador 12, etc.

Com referência, agora, à Figura 2, os preços de combustível atuais e históricos 36 são alimentados em um prognosticador de preço de combustível 38. O prognosticador de preço de combustível 38 prevê preços de combustível de varejo previstos 40 para cada estação de abastecimento a ser encontrada com base nesses dados. Na modalidade da Figura 2, o prognosticador de preço de combustível 38 gera um preço intermediário de combustível previsto, isto é, uma previsão do preço de combustível maior que o preço de combustível atacadista pago pelas estações de combustível quando compram o combustível de distribuidoras, e um previsto aumento no varejo com base nos preços de combustível atuais e históricos 36. A soma destes preços previstos é igual ao preço previsto de varejo 40. Em outras modalidades, o prognosticador de preço de combustível 38, pode usar outras informações e outras técnicas adequadas para prever os preços de

combustível de varejo previstos 40. Por exemplo, os preços de combustível de varejo previstos 40 podem ser encontrados analiticamente, em função do histórico dos preços dos combustíveis por atacado, bem como fatores que afetam os preços de combustível de varejo localizados como níveis de rendimento regional, marca do combustível, etc.

O prognosticador de preço de combustível 38 da Figura 2 usa uma média ponderada de um preço de combustível atacadista atual, z_{t-0} , e os preços de combustível atacadistas passados, z_{t-i} $\{i = 1, 2, 3, 4, 5\}$ para prever um preço de combustível intermediário do dia seguinte, y_{t+1} :

$$Y_{t+1} = \lambda_0 + \lambda_1 z_{t-0} + \lambda_2 z_{t-1} + \lambda_3 z_{t-2} + \lambda_4 z_{t-3} + \lambda_5 z_{t-4} + \lambda_6 z_{t-5} \quad (1)$$

Os coeficientes, λ_i $\{i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, somam um e podem ser encontrados, por exemplo, ao determinar um preço de combustível de varejo de um dia atual igual a y_{t+1} , os preços de combustível atacadistas dos seis dias anteriores igual a z_{t-i} $\{i = 0, 1, 2, 3, 4, 5\}$ e resolver a Equação (1) como uso de técnicas de regressão linear. O preço de combustível de varejo do dia atual pode ser usado como um substituto para o preço de combustível intermediário do dia atual porque, conforme explicado abaixo, preços de combustível atacadistas são proporcionais aos preços de combustível intermediários.

Um estudo da diferença entre os históricos dos preços de combustível atacadistas e os históricos dos preços intermediários de combustível revela que, em média, os aumentos dos preços intermediários de atacadista de combustível são mais altos aos sábados e mais baixos às segundas-feiras. Portanto, o prognosticador de preço de combustível 38 usa uma diferença média, Δ_{dia} $\{\text{dia} = \text{Segunda-feira}, \text{Terça-feira}, \dots, \text{Domingo}\}$, entre os preços intermediários dos combustíveis e dos atacadistas, para cada dia da semana, para prever um esperado aumento atacadista.

Para encontrar o preço de combustível atacadista previsto 40, C_i , para dia da próxima semana, o prognosticador de preço de combustível 38

calcula o preço de combustível intermediário do dia seguinte, y_{t+1} , e o adiciona ao aumento atacadista esperado para aquele dia da semana:

$$C_i = Y_{t+1} + \Delta_{dia} \quad (2)$$

Com referência, agora, às Figuras 1 e 3, um motorista pode acessar um sítio da Web 42 hospedado pelo servidor 24 através ou do processador 12 ou do computador 22 para construir um perfil de motorista 43 para um próximo período de condução. Este perfil de motorista 43 pode ser criado a partir de informações de rota padrão. Por exemplo, o motorista pode criar informações de rota padrão como "Casa para Trabalho," "Trabalho para Casa," etc., com o uso de um construtor de mapa 44 e um "Gerador de Rota" aba 46. Na modalidade da Figura 3, o construtor de mapa 44 permite que o motorista insira as localizações de início e de fim e crie uma rota entre elas. Em outras modalidades, o construtor de mapa 44 pode permitir ao motorista que ele especifique uma rota. Qualquer aplicação de mapeamento adequada, entretanto, pode ser usada. A seleção de "Criar Rota" aba 46 permite ao motorista nomear e salvar a rota criada. As rotas padrões são dispostas na janela 48.

Para construir um perfil de motorista 43, o motorista seleciona uma data do calendário 50 e, com o uso dos botões adicionar/remover 52, constrói uma rota de direção 54 para a data selecionada. Por exemplo, para 20 de Agosto de 2008, o motorista pode construir uma rota que compreende "Casa para Trabalho," "Trabalho para Casa," "Casa para Shopping" e "Shopping para Casa." Rotas similares podem ser construídas por dias subsequentes.

O motorista pode inserir parâmetros do veículo e informações de preferência através da janela 56. Exemplos de parâmetros do veículo incluem "Economia de Combustível," "Nível de Combustível Inicial" e "Capacidade de Tanque de Combustível." Outros parâmetros do veículo também podem ser

incluídos. Exemplos de informações de preferência incluem "Data de Início do Período," "Data de Término de Período," "Máximo de Paradas de abastecimento Por Período" e "Máximo de Paradas de Abastecimento por Dia." Outras informações de preferência, como a marca de combustível preferida, localizações em que o motorista não está disposto a reabastecer, etc., também podem ser incluídas.

Em outras modalidades, um perfil de motorista 43 pode ser criado com informações coletadas a partir do veículo 10. Por exemplo, o processador 12 pode se comunicar com o sistema de navegação 14 e o sistema de combustível 16 para gravar as rotas do dia-a-dia percorridas pelo veículo 10 e o consumo de combustível associado e experimentado ao longo destas rotas. Esta informação, juntamente ao nível de combustível atual e a capacidade de tanque de combustível podem ser comunicadas ao servidor 24. Para um próximo período de condução, por exemplo, 5 dias, o servidor 24 pode usar esta informação histórica para determinar as rotas a serem percorridas durante o período de condução. Outras técnicas para criar um perfil de motorista 43 são, é claro, também possível.

Com referência, novamente, à Figura 2, os preços de combustível atuais 36, os preços previstos de combustível 40, e perfil do motorista 43, são inseridos em um otimizador de reabastecimento 60. Na modalidade da Figura 2, o otimizador de reabastecimento 60 gera recomendações de aquisição de combustível 62 ao modelar o problema de determinação de quando, onde e quanto de combustível comprar como um Programa Inteiro Misto (MIP). Em outras modalidades, qualquer técnica adequada, como abordagens heurísticas e outros métodos de otimização discretos, pode ser usada para determinar quando, onde e quanto combustível comprar. Adicionalmente, se o veículo 10 ilustrado na Figura 1 é configurado para funcionar com vários combustíveis, por exemplo, um veículo de combustível flex, o otimizador de abastecimento 60

pode gerar, ainda, recomendações a respeito de que tipo de combustível comprar.

Um exemplo de modelo MIP é descrito abaixo em termos de suas informações inseridas, variáveis, função objetiva, restrições, limites e formulação do problema.

INFORMAÇÕES INSERIDAS MIP

Informações inseridas para o modelo exemplificador MIP são divididas nas seguintes categorias: informações inseridas que dizem respeito ao veículo 10, informações inseridas implícitas do perfil do motorista 43, informações inseridas a respeito das preferências do motorista, e informações inseridas dos preços de combustível atuais 36 e o prognóstico de preço de combustível 38:

INFORMAÇÕES INSERIDAS QUE DIZEM RESPEITO AO VEÍCULO 10

$Máx$ = Capacidade máxima do tanque de combustível (litros)

MPG = Economia de Combustível (quilômetro por litro)

G_0 = Quantidade inicial de combustível (litros)

INFORMAÇÕES INSERIDAS IMPLÍCITAS A PARTIR DO PERFIL DO MOTORISTA 43

n = Número de estações de combustível ao longo da rota (se existem muitas estações ao longo da rota, por exemplo, mais do que 5.000, as estações de combustível podem ser agregadas em regiões geográficas e representadas pela estação de abastecimento mais barata naquela região.)

S = Conjunto de estações de combustível na rota = $\{1, 2, \dots, n\}$

m = Número de dias de direção na rota

D = Conjunto de dias = $\{1, 2, \dots, m\}$

d_i = Distância a partir do ponto inicial da rota para o posto de gasolina i

NPI_t = Índice de novo período $\forall t \in D$. ($NPI_1 = 1$ é o índice para o primeiro posto de gasolina no primeiro período de tempo. Cada uma das

estações de combustível é referenciada por apenas um índice. Por exemplo, se no segundo dia, o primeiro posto de gasolina a ser visitado é a estação 256, então $NPI_2 = 256$.)

INFORMAÇÕES INSERIDAS A RESPEITO DE PREFERÊNCIAS DO MOTORISTA

5 Min = Quantidade mínima de combustível em tanque de combustível permitida em qualquer dado momento (litros)

MST = Número máximo de paradas em um período de tempo especificado

MSD = Número máximo de paradas em um dia

10 **INFORMAÇÕES INSERIDAS A PARTIR DOS PREÇOS DE COMBUSTÍVEL ATUAIS 36 E**

PROGNOSTICADOR DE PREÇO DE COMBUSTÍVEL 38

C_i = Custo de gasolina no posto i

VARIÁVEIS MIP

15 O modelo exemplificador MIP contém ambas variáveis binárias e contínuas. As variáveis binárias determinam onde reabastecer e, como consequência, quando abastecer conforme cada estação de abastecimento será encontrada em um dia particular do período de direção. As variáveis contínuas determinam quanto deve ser abastecido.

20 A variante binária x_i determina se o motorista deve ou não parar na estação de combustível i . Em outras palavras,

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{se parar na estação de combustivel} \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$$

Para todo $i \in S$.

Note que o período do percurso está embutido nesta variável uma vez que é rastreado pelo valor NPI_t . A variável contínua y_i determina a quantidade de combustível (em litros) adquirida a partir de uma estação i para cada $i \in S$.

25 **FUNÇÃO OBJETIVA MIP**

A função objetiva deste exemplo minimiza o custo total de

combustível quando percorre uma rota específica por determinado número de dias. (Um mínimo matemático, é claro, não precisa ser alcançado para minimizar, em geral, o custo total de combustível.) O número de vezes que o motorista está disposto a reabastecer se dá pelas informações inseridas nos MST e MSD nas limitações abaixo. Se o usuário não determinar uma preferência para o número de paradas para abastecimento, então $\alpha = 0$; isto é, nenhuma penalidade é imposta. A função objetiva é a seguinte:

$$\min \sum_i (c_i y_i + \alpha x_i). \quad (3)$$

A função objetiva, entretanto, pode ser diferente dependendo das preferências do motorista. Como um exemplo, uma função objetiva poderia ser criada para ser responsável pela preferência do motorista para minimizar as emissões durante certos períodos de tempo, por exemplo, dias de ação de ozônio, etc. Outras possibilidades também são possíveis.

RESTRIÇÕES

Diversas restrições são usadas neste exemplo de modelo MIP. A primeira determina que o veículo 10 tem sempre que ter mais do que a quantidade mínima de combustível permitida no tanque de combustível em qualquer dado momento. Deste modo, quando o veículo encontra a estação $i-1$, o veículo 10 tem que ter combustível o suficiente para alcançar a estação i com pelo menos esta quantidade mínima de combustível:

$$\text{Min} \leq G_0 - \frac{d_i}{MPG} + \sum_{j < i} y_j \quad \forall i \in S. \quad (4)$$

A segunda restrição evita que a quantidade de combustível no tanque de combustível exceda a capacidade do tanque de combustível. Para cada período de tempo e em cada estação naquele período de tempo:

$$G_0 - \frac{d_i}{MPG} + \sum_{j < i} y_j \leq \text{Max} \quad \forall i \in S. \quad (5)$$

O número de paradas por rota também pode ser restringido:

$$\sum_{i \in S} x_i \leq MST. \quad (6)$$

Do mesmo modo, o número de paradas por dia pode ser restringido:

$$\sum_{i \in S: i \geq NPI_{t-1} \& i < NPI_t} x_i \leq MSD \quad \forall t \in D \setminus 1, \quad (7)$$

$$\sum_{i \in S: i \geq NPI_m \& i \leq n} x_i \leq MSD. \quad (8)$$

As duas últimas restrições são restrições de ligação que garantem que se o motorista não parar na estação i para reabastecer, então nenhum litro

5 deve ser adquirido, isto é,

$$y_i \leq (Max - Min)x_i \quad \forall i \in S, \quad (9)$$

$$x_i \leq y_i \quad \forall i \in S. \quad (10)$$

LIGAÇÕES

A variável x_i é uma variável binária.

$$x_i \in B \quad \forall i \in S. \quad (11)$$

A variável y_i é um número real que tem que ser maior ou igual a zero, mas menor ou igual ao tamanho do tanque de combustível menos a preferência de quanto combustível deveria sempre estar no tanque.

$$10 \quad 0 \leq y_i \leq Max - Min \text{ tal como } y_i \in \Re \quad \forall i \in S. \quad (12)$$

Note que a ligação superior na variável y_i é indicada pela primeira restrição de ligação em (9) .

FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

$$\min \min \sum_i (c_i y_i + a x_i)$$

$$x_i, y_i \quad \forall i \in S$$

s.t.

$$Min \leq G_0 - \frac{d_i}{MPG} + \sum_{j < i} y_j \quad \forall i \in S.$$

$$G_0 - \frac{d_i}{MPG} + \sum_{j < i} y_j \leq Max \quad \forall i \in S.$$

$$\begin{aligned}
\sum_{i \in S} x_i &\leq MST. \\
\sum_{i \in S: i \geq NPI_{t-1} \& i < NPI_t} x_i &\leq MSD \quad \forall t \in D \setminus 1, \\
\sum_{i \in S: i \geq NPI_m \& i \leq n} x_i &\leq MSD. \\
y_i &\leq (Max - Min)x_i \quad \forall i \in S, \\
x_i &\leq y_i \quad \forall i \in S. \\
x_i &\in B \quad \forall i \in S. \\
0 &\leq y_i \leq Max - Min.
\end{aligned} \tag{13}$$

Com referência, novamente, à Figura 2, o otimizador de reabastecimento 60 pode resolver o MIP acima com o uso de métodos *simplex dual* para gerar as recomendações de aquisição de combustível 62. Outros métodos adequados, por exemplo, *simplex*, ponto interior, etc., também podem ser usados.

A seguir é ilustrado um conjunto de recomendações de aquisição de combustível 62 para uma situação exemplificadora. Nesta situação, um passeio de cinco dias foi planejado no qual existem 1.532 estações de combustível possíveis de serem encontradas. Para cada estação de abastecimento, o preço previsto do combustível e a distância do ponto inicial são conhecidos. O veículo tem como média 35,4 Km (22 milhas) por litro, mantém um máximo de 56,78 litros (15 galões) de combustível, e está começando o passeio com 18,92 litros (5 galões) de combustível. O motorista especificou que 7,57 litros (2 galões) é a quantidade mínima de combustível, e que eles não querem parar para abastecer mais de duas vezes ao dia ou mais de seis vezes durante todo o passeio. As recomendações da compra de combustível 62 são mostradas na Tabela 1.

TABELA 1

Otimização					Otimização com penalidade				
Dia	ID	Distância	Preço (\$)	Compra	Dia	ID	Distância	Preço (\$)	Compra
1	28	15,571	2,799	10,708	1	41	26,685	2,799	11,213
1	171	115,498	2,799	4,542	2	367	284,007	2,837	10,544
3	484	373,707	2,821	6,507	4	853	544,649	2,719	8,098
4	853	544,649	2,719	8,098	5	1240	722,803	2,698	7,539
5	1240	722,803	2,698	7,539					
Custo total de combustível do passeio: \$					Custo total de combustível do passeio: \$				
103,398					103,655				

As recomendações de aquisição de combustível acima (sem penalidade) sugerem que o motorista deveria parar no dia 1, nas estações de combustível 28 e 171 para adquirir combustível. O motorista deve, então, fazer paradas adicionais para combustível nos dias dois, três, quatro, e cinco. As recomendações de aquisição de combustível acima (com penalidade) sugerem que o motorista deveria parar nos dias um, dois, quatro e cinco para adquirir combustível.

Note que o motorista está enchendo apenas uma porção do tanque cada vez que eles param para reabastecer. Mudar a preferência do motorista para paradas máximas pode alterar estas recomendações. Adicionalmente, altera a função objetiva também pode alterar estas recomendações:

$$\min \sum_i c_i y_i + ax_i + p * (Max - Min - y_i). \quad (14)$$

O primeiro termo adicional designa uma penalidade cada vez que o motorista tem que parar, para por combustível. O segundo termo designa uma penalidade, p , quando o motorista pára, para colocar combustível mas não enche o tanque inteiro.

Enquanto as modalidades da invenção foram ilustradas e descritas, não é intenção que estas modalidades ilustrem e descrevam todas

as formas possíveis da invenção. Em vez disso, as palavras usadas na descrição são palavras de exemplificadoras e não de limitação, e entende-se que várias mudanças podem ser feitas sem sair do espírito e escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA CONSULTIVO DE ABASTECIMENTO DE VEÍCULO, caracterizado pelo fato de que compreende:

um ou mais computadores, configurados para, durante uma rota especificada a ser percorrida durante um período de múltiplos dias, (i) selecionar pelo menos um dia durante o período de tempo de múltiplos dias para que se adquira combustível, (ii) selecionar pelo menos uma estação de abastecimento ao longo da rota na qual se adquire combustível para cada dia selecionado, e (iii) determinar uma quantidade de combustível a ser adquirida em cada estação de abastecimento selecionada, as seleções e determinações sendo baseadas nos preços de combustíveprevistos e atuais para o período de tempo de múltiplos dias para, em geral, minimizar os custos de abastecimento para a rota especificada.

2. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que, as seleções e determinações são, ainda, baseadas em um número máximo determinado de dias durante o período de tempo de múltiplos dias nos quais o combustível pode ser adquirido.

3. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que as seleções e determinações são, ainda, baseadas em um número máximo determinado de vezes por dia que o combustível pode ser adquirido.

4. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que as seleções e determinações são, ainda, baseadas na capacidade do tanque de combustível do veículo.

5. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que as seleções e determinações são, ainda, baseadas em uma quantidade mínima determinada de combustível para o tanque de combustível do veículo.

6. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que, as seleções e determinações são, ainda, baseadas em uma quantidade inicial de combustível no tanque de combustível do veículo.

7. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que, o um ou mais computadores são, ainda, configurados para determinar os preços de combustível previstos com base em preços de combustível atuais e passados.

8. MÉTODO PARA GERAR UMA ESTRATÉGIA DE ABASTECIMENTO, que geralmente minimiza os custos de abastecimento para uma rota determinada a ser percorrida por um veículo durante um período de tempo de múltiplos dias, sendo que o método é caracterizado por compreender.

com base em preços de combustível previstos e atuais para o período de tempo de múltiplos dias, (i) selecionar pelo menos um dia durante o período de tempo de múltiplos dias no qual se adquire combustível, (ii) selecionar pelo menos uma estação de abastecimento ao longo da rota na qual se adquire combustível para cada dia selecionado, e (iii) determinar uma quantidade de combustível a se adquirir em cada estação de abastecimento selecionada; e

produzir uma representação visual dos dias selecionados, das estações de combustível selecionadas, e quantidades determinadas de combustível.

9. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 8 caracterizado pelo fato de que compreende, ainda, determinar os preços de combustível previstos com base nos preços atuais e passados do combustível.

10. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 8 caracterizado pelo fato de que as seleções e determinações são, ainda, baseadas em um número máximo determinado de dias durante o período de tempo de múltiplos

dias no qual o combustível pode ser adquirido.

11. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 8 caracterizado pelo fato de que as seleções e determinações são, ainda, baseadas em um número máximo determinado de vezes por dia que o combustível pode ser
5 adquirido.

12. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 8 caracterizado pelo fato de que as seleções e determinações são, ainda, baseadas na capacidade do tanque de combustível do veículo.

13. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 8 caracterizado
10 pelo fato de que as seleções e determinações são, ainda, baseadas em uma quantidade mínima determinada de combustível para o tanque de combustível do veículo.

14. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 8 caracterizado pelo fato de que, as seleções e a determinações são, ainda, baseadas em uma
15 quantidade inicial de combustível no tanque de combustível do veículo.

15. VEÍCULO AUTOMOTIVO, caracterizado pelo fato de que compreende:

um ou mais computadores configurados para receber informações inseridas, de terminando um a rota a ser percorrida durante um período de
20 tempo de múltiplos dias; receber informações acerca de preços de combustível atuais e previstos para o período de tempo de múltiplos dias;

com base nas informações inseridas, identificar (i) pelo menos um dia durante o período de tempo de múltiplos dias no qual se adquire combustível, (ii) pelo menos uma estação de abastecimento ao longo da rota
25 na qual se adquire combustível para cada dia identificado, e, (iii) uma quantidade de combustível para se adquirir em cada estação de abastecimento identificada; e

produzir uma representação dos dias identificados, estações de

abastecimento e quantidades de combustível.

16. VEÍCULO, de acordo com a reivindicação 15 caracterizado pelo fato de que, um ou mais computadores são, ainda, configurados para identificar o pelo menos um dia, a pelo menos uma estação de abastecimento para cada dia identificado, e a quantidade de combustível a se adquirir em cada estação de abastecimento identificada com base na capacidade do tanque de combustível do veículo.

17. VEÍCULO, de acordo com a reivindicação 15 caracterizado pelo fato de que, o um ou mais computadores são, ainda, configurados para identificar o pelo menos um dia, a pelo menos uma estação de abastecimento para cada dia identificado, e a quantidade de combustível a ser adquirida em cada estação de abastecimento identificada com base em uma quantidade mínima determinada de combustível para o tanque de combustível do veículo.

18. VEÍCULO, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o um ou mais computadores são, ainda, configurados para identificar o pelo menos um dia, a pelo menos uma estação de abastecimento para cada dia identificado, e a quantidade de combustível a ser adquirida em cada estação de abastecimento identificada com base em uma quantidade inicial de combustível no tanque de combustível do veículo.

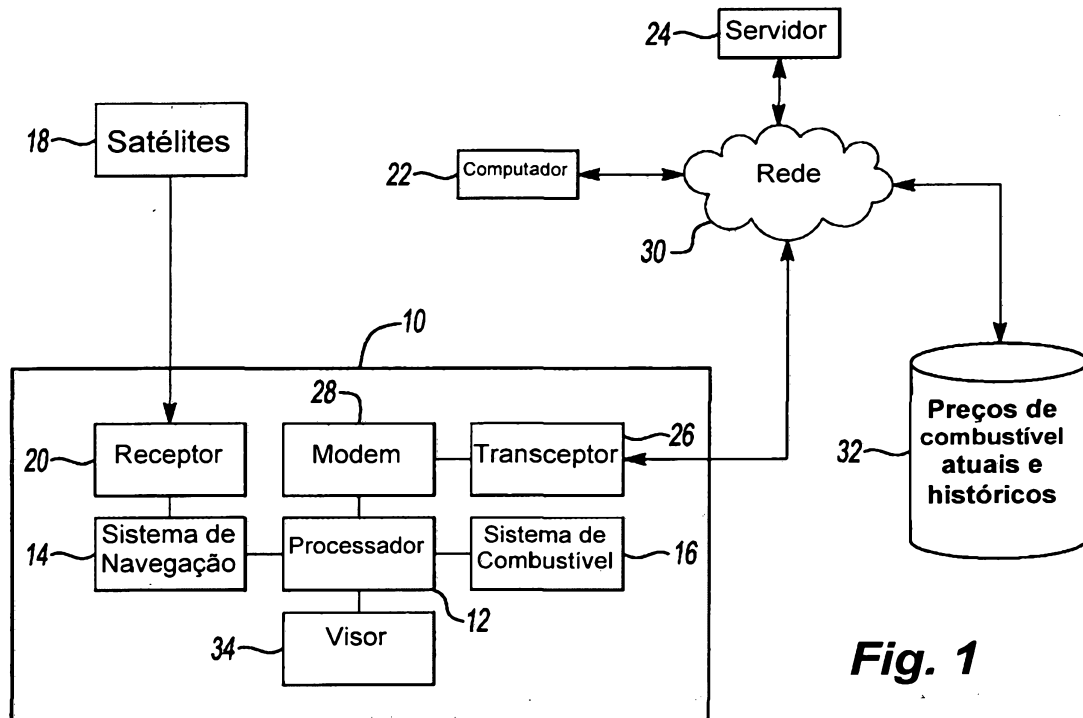


Fig. 1

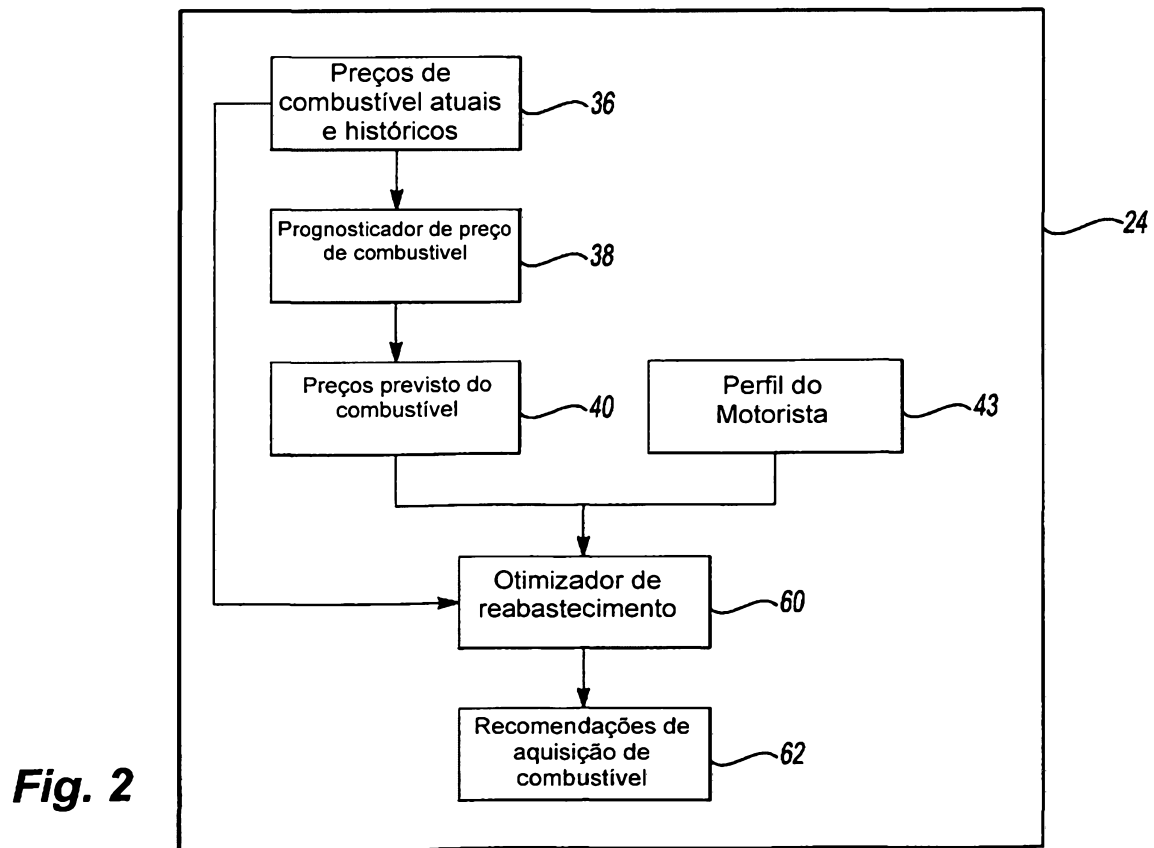


Fig. 2

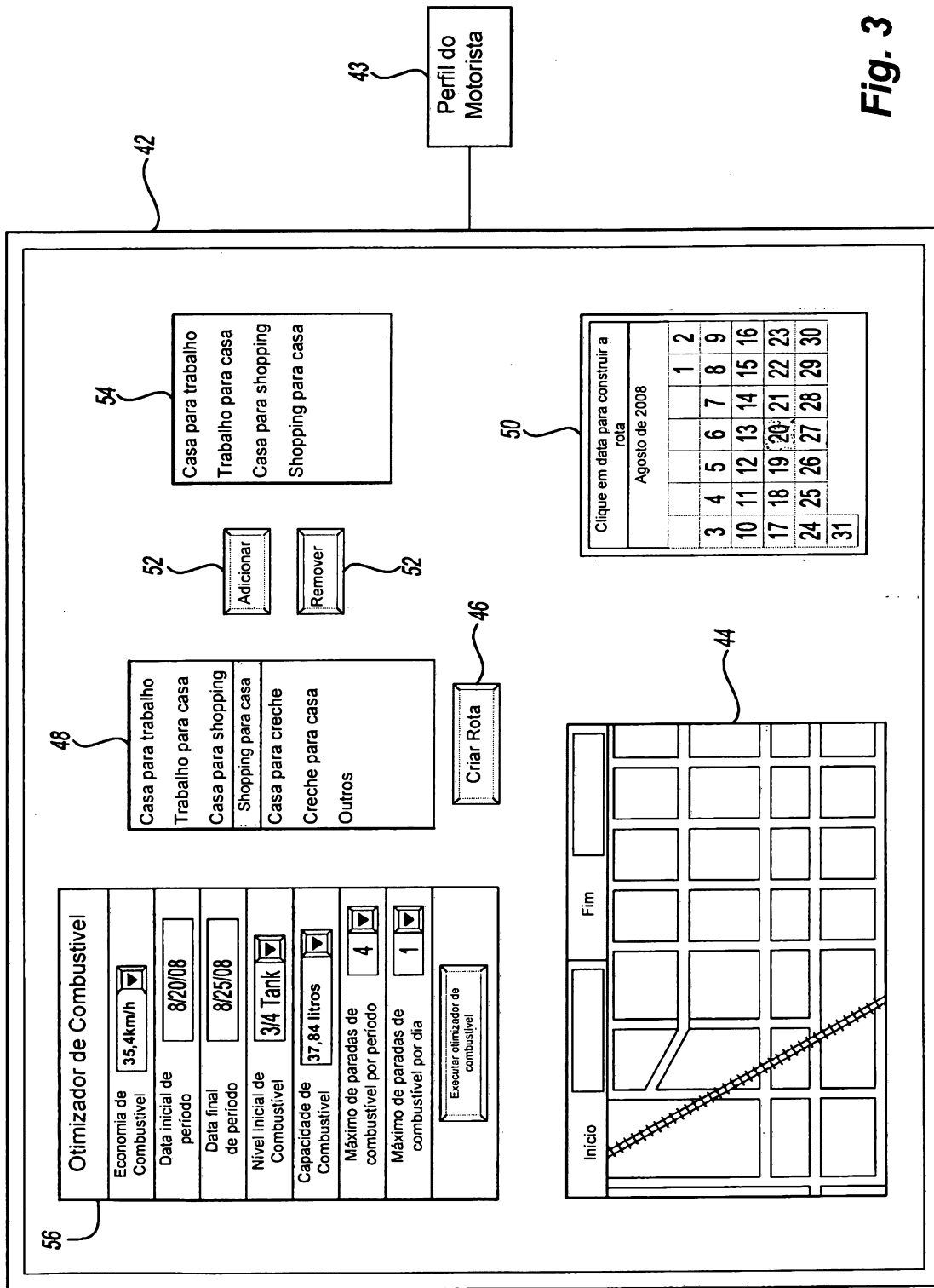


Fig. 3