



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS QUIXADÁ**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**MARQUES HENRIQUE DO NASCIMENTO AMARO**

**UMA ABORDAGEM COM SISTEMA MULTIAGENTES PARA O  
GERENCIAMENTO DO GASTO DE COMBUSTÍVEL EM FROTA DE VEÍCULOS**

**QUIXADÁ - CEARÁ**

**2016**

MARQUES HENRIQUE DO NASCIMENTO AMARO

UMA ABORDAGEM COM SISTEMA MULTIAGENTES PARA O GERENCIAMENTO DO  
GASTO DE COMBUSTÍVEL EM FROTA DE VEÍCULOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Sistemas de Informação  
do Campus Quixadá da Universidade Federal  
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
grau de bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio  
de Oliveira

QUIXADÁ - CEARÁ

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A522a Amaro, Marques Henrique do Nascimento.

Uma abordagem com sistema multiagentes para o gerenciamento do gasto de combustível em frota de veículos / Marques Henrique do Nascimento Amaro. – 2016.  
31 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Sistemas de Informação, Quixadá, 2016.

Orientação: Prof. Dr. Marcos Antonio de Oliveira.

1. Sistemas multiagentes. 2. Sensoriamento remoto. 3. Normas sociais. I. Título.

CDD 005

---

MARQUES HENRIQUE DO NASCIMENTO AMARO

UMA ABORDAGEM COM SISTEMA MULTIAGENTES PARA O GERENCIAMENTO DO  
GASTO DE COMBUSTÍVEL EM FROTA DE VEÍCULOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Sistemas de Informação  
do Campus Quixadá da Universidade Federal  
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
grau de bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marcos Antonio de Oliveira (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Paulo de Tarso Guerra Oliveira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. MSc. Enyo José Tavares Gonçalves  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho principalmente a meu pai e avô, por serem fonte de inspiração por toda minha vida, e minha avó e irmão. Dedico também a meus amigos, familiares e parentes.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Marcos Antonio de Oliveira por me orientar em minha monografia e me apoiar.

Ao meu avô e a meu pai por serem os homens que são meu exemplo por toda a vida. Além de serem, os maiores investidores no meu futuro.

A minha avó e irmão que sempre cuidam de mim quando estamos em casa. E por sempre acreditarem no meu potencial.

Aos meus amigos, familiares, parentes e pessoas que conheci ao decorrer da vida. Por cada um ter contribuído a sua maneira pra mim chegar até aqui.

A todos os professores que participaram da minha formação acadêmica.

E a Deus por conceber toda a existência.

“Para todo fim, um recomeço.”

(Antoine de Saint-Exupéry)

## RESUMO

Este trabalho apresenta um sistema multiagentes que objetiva gerenciar por meio do conceito de reputação condutores em uma frota de veículos que circulam em rodovias. A reputação dos condutores rotula os mesmos em bons ou maus condutores de acordo com perfis de desperdício de combustível. Para a realização do trabalho o sistema multiagentes representa toda a estrutura de monitoramento de uma frota de veículos através de elementos como: computador de bordo para fazer a leitura dos dados de carros, agentes monitores que fazem a leitura desses dados e informam a um agente juiz que pune ou recompensa o condutor, dependendo se o condutor excedeu ou não um limite de velocidade especificado. A partir da avaliação da condução do condutor, e do ato dele infringir ou não a velocidade uma reputação vai sendo calculada. Quanto maior a reputação menos combustível espera-se que o condutor desperdice.

**Palavras-chave:** Sistema Multiagentes Organizacional, Telemetria, Modelo de reputação.

## ABSTRACT

This monography presents a multi-agent system that uses the concept of reputation to label drivers in a fleet of vehicles according with their fuel consumption, and accepted driving standards. In order to carry out the work, the multi-agent system does the entire monitoring of a fleet of vehicles, with on-board computers to read the data from vehicles. Agent monitors who read this data inform an judgment agent that punishes or rewards the driver, depending on whether or not the driver has exceeded a specified speed limit. From the evaluation of the driver's conduct, and from the act of infringing or not speed limits, a reputation is being calculated, according to adaptation of a reputation model presented, the higher the reputation the less fuel is expected the driver has wasted.

**Keywords:** Organizational Multiagent Systems. Telimetry. Model reputation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Declaração dos papéis de agentes na organização . . . . .	22
Figura 2 – Declaração plano de execução dos planos de agentes na organização . . . . .	22
Figura 3 – Código arquivo gerenciador_frota . . . . .	23
Figura 4 – Arquitetura do sistema multiagentes . . . . .	24
Figura 5 – Classes do SistemaDeReputacao . . . . .	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de gastos de combustível . . . . .	27
Tabela 2 – Tabela de gastos de combustível . . . . .	27
Tabela 3 – Tabela de gastos de combustível . . . . .	28

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> . . . . .	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Sistema Multiagentes Organizacional</b> . . . . .	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Telemetria</b> . . . . .	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Modelo de reputação</b> . . . . .	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b> . . . . .	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>AA Research: Standard Metrics for Transport and Driver Safety and Fuel Economy</b> . . . . .	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>Analyzing Vehicle Fuel Saving Opportunities through Intelligent Driver Feedback</b> . . . . .	<b>17</b>
<b>3.3</b>	<b>Monitoramento do consumo de combustível de veículos de transporte rodoviário de madeira utilizando computador de bordo</b> . . . . .	<b>18</b>
<b>3.4</b>	<b>Uso dos trabalhos relacionados no SMA</b> . . . . .	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO DO SMA</b> . . . . .	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> . . . . .	<b>26</b>
<b>5.1</b>	<b>Resultados do primeira simulação</b> . . . . .	<b>26</b>
<b>5.2</b>	<b>Resultados do segunda simulação</b> . . . . .	<b>27</b>
<b>5.3</b>	<b>Resultados da terceira simulação</b> . . . . .	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b> . . . . .	<b>29</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As empresas evitam ao máximo o desperdício de seus recursos e na administração de frotas de veículos isto está entre os maiores desafios. Em empresas que possuem frotas de carros, grande parte de seus custos refere-se a combustível para os automóveis (MARTINS *et al.*, 2014). Uma forma de reduzir estes custos seria por meio do monitoramento destes carros, utilizando-se um aparelho que coleta dados de telemetria do veículo, como consumo de combustível, aceleração/desaceleração, dentre outros. E a partir dos dados coletados, informar ao condutor quando ele está infringindo limites estabelecidos pela organização e ao mesmo tempo orientando ele a que atitude deve tomar. Utilizando-se dessa estratégia é possível reduzir em até 20% o consumo de combustível (GONDER *et al.*, 2012).

Um SMA é composto por múltiplos agentes, que possuem comportamento autônomo e que interagem com os outros agentes presentes no sistema. Estes agentes que são de software, inspirados nos humanos e no seu comportamento em sociedade, podem cooperar ou competir para atingir seus próprios objetivos (GIRARDI, 2004). Sendo assim um SMA permite imitar organizações do mundo real em software, sendo o comportamento de cada pessoa da organização representado por um agente. Normas e convenções normalmente são usadas por organizações humanas, para aplicar ordem social (DIGNUM; DIGNUM, 2001). Segundo Hoelz (2014), reputação é a medida de o quão bem o comportamento de um agente é adequado a uma organização.

Este trabalho apresenta um Sistema Multiagentes (SMA), que indica pela reputação se condutores apresentam maior gasto de combustível que outros em uma frota de veículos que circulam em rodovias. Uma simulação representando o sistema de monitoramento de uma frota de veículos, com monitoramento por meio de telemetria é implementada no SMA, normas são estabelecidas com base na velocidade que leva a um maior gasto de combustível, e de acordo com o cumprimento ou não dessas normas, a reputação sofre modificações.

A aplicação que será apresentada neste trabalho procura estabelecer normas para condutores fictícios. Esperando que eles venham a seguir essas regras definidas pela organização, mas que ao não seguir seja indicado que um condutores de maior reputação gastam menos que os de menor reputação. Diferente de outros trabalhos relacionados o gerenciamento ou monitoramento de frotas para economia de combustível, tudo será realizado em um SMA e testado por meio de informações geradas randomicamente.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Sistema Multiagentes Organizacional

Sistema multiagentes faz parte de uma subárea da Inteligência Artificial Distribuída que estuda o comportamento de agentes autônomos. Cada agente existe independente dos outros agentes. E acredita-se que a partir do comportamento individual dos agentes que cooperam ou competem, o grupo alcançará um grau de inteligência.

Não existe uma única definição de agente que seja consenso de toda a comunidade de Inteligência Artificial, mas pode-se definir um agente como: uma entidade real ou virtual que tem capacidade de agir sobre seu ambiente, podendo estabelecer comunicação com outros agentes. Seu conhecimento e comportamento são adquiridos por meio de interações com outros agentes e percepções do ambiente (WEISS, 1999).

Basicamente, pode-se classificar os agentes em reativos ou cognitivos (PINTO; OSÓRIO, 2008). Os agentes reativos não possuem representação explícita do ambiente e dos outros agentes, eles são desprovidos de memorizar o passado e planejar o futuro. Mas os agentes cognitivos possuem uma representação explícita do ambiente e dos outros agentes, geralmente eles são capazes de memorizar o passado e planejar o futuro (SICHMAN, 2003). E segundo Bastos (1998), os dois tipos de agentes tem capacidade de se comunicar por meio de mensagens.

Um SMA pode ser melhor compreendido e desenvolvido com base na sociedade humana. Um SMA pode usar organizações como modelo, pois elas podem ser vistas como conjuntos de entidades reguladas por mecanismos de ordem social, composta por atores autônomos para atingir um objetivo comum. Tendo organizações como modelo para um SMA, deve-se ter estruturas de coordenação que imitam a estrutura da organização e que são capazes de adaptar-se às mudanças de estrutura e objetivos (WEIGLAND *et al.*, 2001).

Segundo Dignum e Dignum (2001), é esperado que uma organização forme um sistema coerente e estável para realizar os objetivos desejados em sua concepção. E quando o SMA é considerado do ponto de vista organizacional, torna-se essencial o conceito de comportamento social desejável. Ou seja, o comportamento individual dos agentes em uma organização, deve ser entendido e descrito em relação à estrutura social e objetivos globais da organização.

As organizações humanas, normalmente utilizam de normas e convenções para lidar com ordem social. Normas e convenções especificam o comportamento que indivíduos da sociedade devem ter (DIGNUM; DIGNUM, 2001). Agentes podem receber uma reputação de

acordo com o cumprimento ou não de normas estabelecidas em uma organização. A reputação é uma impressão compartilhada por membros de uma organização, ela é construída dentro dos padrões e normas estabelecidos por essa organização. A boa reputação é uma recompensa social pelo respeito a norma e a má reputação é uma punição pelo descumprimento da norma (CASTELFRANCHI *et al.*, 1998).

Este trabalho apresenta um SMA que usa de reputação para indicar o quanto condutores desperdiçam combustível. Ele representa a estrutura de um sistema de monitoramento de uma frota de veículos. Ele define elementos como computadores de bordo, que representam equipamentos capazes de fazer a leitura dos dados de veículos, e agentes monitores que são responsáveis por ler estes dados do computador de bordo. Existe ainda um agente juiz que recebe informações dos monitores e julga se deve punir ou recompensar condutores fictícios. A medida que punições e recompensas são feitas a reputação é alterada.

## **2.2 Telemetria**

A telemetria é a transferência e utilização de dados adquiridos por equipamentos remotos para monitoramento, controle e medição desses dados (FERREIRA, 2015). Telemetria é um processo pelo qual as variáveis medidas são transmitidas para uma estação receptora distante, onde são exibidas instantaneamente e armazenadas. A transmissão pode ser feita através de fios de cobre, fibras óticas ou ondas eletromagnéticas. Na área automobilística, a telemetria é realizada por radiofrequência, ela proporciona grandes avanços em tecnologia, torna veículos mais seguros e econômicos (DIAS, 2010).

A telemetria automotiva é bastante utilizada em veículos comerciais, onde é instalado um computador de bordo e vários sensores no veículo, para extrair: quantidade de combustível consumida, distância dirigida, locais visitados, rotas utilizadas, velocidade. Apesar disso, a instalação de muitos sensores no veículo possui duas desvantagens que é seu custo e possíveis falhas em componentes eletrônicos. No entanto, os automóveis produzidos a partir 1996 possuem um padrão de diagnóstico de bordo que atende a todos os requisitos necessários para a execução de telemetria, sem a necessidade de instalar sensores e fazer grandes intervenções no sistema elétrico do veículo, chamado OBD-II (TEIXEIRA *et al.*, 2014).

É possível usar adaptadores para interagir com a porta OBD-II, podendo eles se comunicar via USB, Wi-fi ou Bluetooth. Eles interagem com o utilizador através de software específico para computador e celular, o que permite os mesmos extraírem as mesmas informações

que um computador de bordo, mas tem um custo monetário (PINA, 2015).

O SMA descrito neste trabalho possui a representação de um computador de bordo, que é responsável por informar os dados sobre velocidade gerados randomicamente, como se fossem medições feitas de veículos a distância.

### 2.3 Modelo de reputação

A reputação pode ser considerada um mecanismo social para reduzir incertezas, quando não é possível conhecer previamente características importantes na interação dos indivíduos, como qualidade e desempenho. Um sistema de reputação tem o dever de coletar, distribuir e reunir as informações sobre o comportamento passado de seus agentes, estimulando o comportamento de acordo com as normas (CASARE, 2005).

Os modelos de reputação podem ser centralizados, distribuídos ou híbridos. Nos modelos centralizados as interações que acontecem entre duplas de agentes são registradas em um único local, para posterior consulta de partes interessadas e com autorização. Na abordagem distribuída, o registro das interações entre agentes, fica a cargo de cada um dos agentes, cada agente guarda o resultado de suas interações com outro agente, e pode permitir que outros consultem esse resultado, para saber a reputação dos agentes que ele entrou em contato no passado, e no híbrido há um casamento das duas abordagens (HOELZ, 2014).

O modelo de reputação adotado nesse trabalho é centralizado, e uma adaptação do experimentos realizados por Purvis *et al.* (2006), que usa a cooperação dos agentes para o cálculo da reputação. O experimento é uma simulação com base no *Tragedy of the Commons* segundo o trabalho de Hardin (1968), sendo um estudo que aponta que o uso indiscriminado de recursos pode levar ao seu esgotamento, isso é causado pelo ato egoísta dos indivíduos que não cooperam, sendo um estudo que aponta a cooperação como um fator para economia de recurso, que no caso deste trabalho seria o combustível.

A simulação também é baseado no *Prisioneiro's Dilemma* segundo Axelrod (1984), onde dois prisioneiros são encarcerados e interrogados separadamente. Cada criminoso pode cooperar ou não, entregando seu comparsa. São estabelecidas recompensas e punições, não de forma numérica, mas de menor e maior peso, para cada situação possível. Para o caso de todos cooperarem, os dois recebem um valor R de recompensa, caso todos não cooperem recebem um valor P de punição. Quando um criminoso coopera e outro não, o que não coopera leva um T de tentação como recompensa por entregar o companheiro e o que coopera leva um punição severa

S. Sendo que os valores de recompensa e punição devem seguir a seguinte medida:  $T > R > P > S$ .

No experimento de Purvis *et al.* (2006), são colocados 250 agentes divididos em 5 grupos de 50. Os agentes recebem um limiar de cooperação constante denominado  $c_t$  gerado aleatoriamente entre os valores de 0 e 1 na inicialização. No jogo são realizadas 200 rodadas, para cada rodada todos os agentes disputam 10 partidas, sendo que cada uma das partidas o agente disputa com outro agente escolhido aleatoriamente do seu grupo.

Em cada partida um valor entre 0 e 1 é sorteado para cada um dos dois agentes, se esse valor for maior ou igual o  $c_t$ , é porque ele cooperou, caso contrário ele não cooperou, além disso uma pontuação é calculada e atribuída a cada um dos dois jogadores, se houve cooperação dos dois a pontuação mais alta é atribuída, senão uma pontuação mais baixa é atribuída, assim como no *Prisioneiro's Dilemma*, mas não são estabelecidos valores para a pontuação. Um agente muda de grupo, caso sua pontuação em uma rodada seja menor que 90% da rodada anterior, ele é colocado em um novo grupo pelo agente institucional de acordo com sua reputação denominada  $r_{Tag}$  que varia de 0 a 9, onde 0 indica pior reputação e 9 melhor. O  $r_{Tag}$  é inicializado com valor 5. Os cinco grupos que existem são divididos da seguinte forma: existe o grupo para agentes de reputação 0, reputação 1 ou 2, 3 ou 4, 5 ou 6, 7 ou 9.

Existe um agente monitor para cada grupo que verifica quando deve haver a mudança de reputação de cada agente presente no grupo, ele fica atualizando uma variável denominada  $coop-index$  que inicia com valor 0, mas pode assumir valores entre -5 e +5. Quando um agente não coopera é incrementado 1 no  $coop-index$  e quando ele coopera é decrementado 1 do  $coop-index$ . Caso o  $coop-index$  de um agente atinja +5 o agente monitor informa o agente institucional o ocorrido e ele decrementa 1 da reputação do agente, então  $coop-index$  recebe 0. Quando o valor de  $coop-index$  chegar a -5 o agente institucional é informado também, mas agora ele deve incrementar 1 da reputação do agente, e logo em seguida  $coop-index$  receber 0. Com adaptações do modelo de reputação de Purvis *et al.* (2006), implementadas no SMA deste trabalho, faz-se uso da reputação para indicar que condutores com maior reputação gastam menos combustível que condutores com menor reputação.

### **3 TRABALHOS RELACIONADOS**

#### **3.1 AA Research: Standard Metrics for Transport and Driver Safety and Fuel Economy**

No relatório feito por Frith e Cenek (2012) são analisados os principais fatores na condução dos motoristas, que podem influenciar a economia de combustível de um veículo e as métricas que podem ser usadas para medir o desempenho do condutor. O trabalho deles também analisa métricas que estão em uso, gestores de frotas, instrutores de direção e o uso de seguros para incentivar o bom comportamento do condutor. O relatório deles leva em consideração a segurança do condutor, que não pode ser prejudicada no processo que leva a economia de combustível.

O relatório de Frith e Cenek (2012) afirma que a influência direta do condutor sobre a economia de combustível é limitada a no máximo cerca de 12%. São apontados como alguns dos principais fatores no consumo de combustível: velocidade durante a condução em estrada, frequência e intensidade de frenagem e aceleração, frequência de paradas e marcha lenta. E o uso de GPS (Sistema de Posicionamento Global) é comum em frotas, para obter informação sobre a localização do carro e o tempo que o veículo fica parado.

Este trabalho, assim como o de Frith e Cenek (2012), fez uma análise dos principais fatores que implicam no gasto de combustível. Mas como resultado elegeu apenas a velocidade para ser usada na avaliação do SMA implementado que apresenta a estrutura de um sistema de monitoramento de veículos, usando normas e reputação, sendo a reputação pra indicar o quanto o condutor que é fictício desperdiça combustível.

#### **3.2 Analyzing Vehicle Fuel Saving Opportunities through Intelligent Driver Feedback**

O artigo de Gonder *et al.* (2012), procura métodos que tornem uma condução mais eficiente e melhores maneiras de incentivar o condutor a adotar estes métodos. A equipe que desenvolveu o trabalho fez uma pesquisa de literatura para saber o que influencia o comportamento do condutor de forma eficiente e um experimento que aponta percentual de economia ao realizar uma condução. Com base no estudo feito, três recomendações são feitas para maximizar a economia de combustível: um prática de incentivos, um feedback que facilite e seja amplamente implementável, e utilizar tecnologias que permitam conexão entre veículos para atingir melhorias generalizadas.

Segundo Gonder *et al.* (2012), um modelo de veículo que se aproxima de Chevrolet Malibu tamanho médio foi idealizado e adotado para o experimento que quantifica o percentual de economia, com base em dados de viagens colhidos por GPS (Sistema de Posicionamento Global) em 2006, em um estudo realizado por Texas Transportation Institute e Texas Departamento of Transport.

Para saber o quanto a condução eficiente implica em economia de combustível, um equipamento para telemetria foi instalado em um Mercedes C100 para coletar os dados que interessam para comparação. Uma rota em uma cidade movimentada foi adotada e outra em uma autoestrada, dois condutores foram escalados para fazer os percursos de três formas diferentes cada um: dirigindo normalmente, dirigindo de forma eficiente e dirigindo com o máximo de velocidade possível, mas de forma segura. Com base nos resultados após os testes, foi possível verificar que a adoção de uma sistema de feedback para uma frota de automóveis possibilita economia de combustível significativa, atingindo os 20% em autoestrada e 5-10% em uma cidade movimentada. Para atingir esse percentual é preciso seguir algumas regras:

- Estar atento a estrada, respeitar lei e dirigir com segurança.
- Evitar velocidades abaixo de 33 Km/h e acima de 96 Km/h.
- Ficar em velocidade constante na faixa de 25 à 88 Km/h aproximadamente.
- Acima de 16 Km/h aproximadamente (demorar entre 2 e 3 segundos para cada aumento de velocidade de 16 km/h).
- Desligar o motor quando estacionado.

Este trabalho assim como o de Gonder *et al.* (2012), usa um fator para avaliar o gasto de combustível que é a velocidade. Porém a velocidade não é obtida de veículos, e sim gerada de forma randômica de acordo com um fator de cooperação com as normas do sistema. E este trabalho apresenta um SMA que a partir dessa velocidade avalia se condutores fictícios estão respeitando ou não o máximo de velocidade para economia de combustível. A partir disso, a reputação dele pode sofrer alterações. A reputação serve como indicador de quanto um condutor desperdiça combustível.

### **3.3 Monitoramento do consumo de combustível de veículos de transporte rodoviário de madeira utilizando computador de bordo**

Em Silveira (2003), foram analisados os efeitos dos fatores marcha lenta, excesso de rotação do motor para valores acima de 2000 rpm (rotações por minuto), pontos neutros e veloci-

dades acima de 80 km/h, sobre consumo de combustível em veículos de duas transportadoras. Este trabalho ressalta que os valores estabelecidos não podem ser generalizados para todos os veículos, pois depende muito do tipo de automóvel e forma do carro, além disso nem todos os tipos de combustíveis podem ser considerados. O veículo utilizado é um Mercedes-Benz e o combustível é diesel.

Para extrair as informações desejadas do veículo, é instalado um microcomputador de bordo que é um sistema composto por um equipamento adaptado ao veículo que recebe e analisa as informações monitoradas. Depois de realizar os experimentos com veículo em rotas pré-estabelecidas é concluído que deve-se evitar pontos neutros e marcha lenta, pois marcha lenta é o que mais gasta combustível seguido de ponto neutro, o ponto ideal de rotação do motor é no máximo 1700 rpm (rotações por minuto), e respeitar o Código Nacional de Trânsito contribui para redução do consumo de combustível, no caso um exemplo disso é a velocidade abaixo de 80 Km/h. Em sua pesquisa ainda é apresentado que a cada 1 Km/h acima de 80 Km/h um caminhão qualquer gasta 1,5% a mais de combustível que seu valor médio de gasto, que no exemplo pode ser um veículo de 3.36 Km/L.

Este trabalho como o de Silveira (2003), realiza o monitoramento de um fator que implica no gasto de combustível. Mas o único valor verificado é a velocidade, ela é gerada de forma randômica e não medida realmente de um veículo, além disso, a implementação do SMA assume como se os dados fossem coletados a distância, ou seja, existe um intervalo de tempo entre cada coleta. O SMA também não avalia diretamente o gasto em combustível de um condutor, e sim calcula a reputação para indicar como está o nível de gasto do condutor.

### **3.4 Uso dos trabalhos relacionados no SMA**

Para obter um sistema com limites impostos pela organização que visam o menor gasto de combustível, é preciso saber quais são os fatores que definem uma condução eficiente em relação ao gasto de combustível. Os possíveis fatores para uso foram apresentados nas seções anteriores deste capítulo, sendo eles: velocidade, frequência e intensidade de frenagem e aceleração, frequência de paradas, marcha lenta, ponto neutro e rotação do motor.

Repositórios com registro de conduções reais foram procurados para analisar fatores armazenados. Foram encontrados dois repositórios em (DATA.RIO, 2016) sobre frotas de veículos que circulam dentro da cidade, e o outro em (TRANSPORTATION, 2016) sobre frotas de veículos que circulam na cidade de Minnesota nos Estados Unidos, inclusive este último que

possuía apenas dados sobre Minnesota, veio a sofrer atualização cerca de dois meses atrás com novos dados, mas que não foram levados em consideração nesse trabalho.

Nos repositórios encontrados o único fator encontrado foi a velocidade, sem um gasto de combustível registrado, logo, não foi possível usar para esta avaliação. Os condutores não atingiam velocidades acima de 80 Km/h, o que impossibilitaria o cálculo do gasto de acordo com a métrica fornecida na em Silveira (2003), que a cada 1 Km/h acima de 80 Km/h, gasta-se 1.5% de combustível a mais que a média normal do veículo de 3.36 Km/L. Então como o fator velocidade é citado em todas os trabalhos e um cálculo pode ser realizado para obter o excesso de combustível gasto acima dos 80 Km/h, a velocidade pode ser gerada de forma randômica, para validação do SMA apresentado neste trabalho.

Foram estabelecidas normas para este sistema envolvendo a velocidade, sendo que os agentes condutores não devem ultrapassar 80 km/h, por causar gasto excessivo de combustível. Para representar no ambiente do SMA o dispositivo que coleta dados dos veículos foi escolhido a denominação computador de bordo.

## 4 IMPLEMENTAÇÃO DO SMA

Para a construção do SMA deste trabalho, foi adotado o framework JaCaMo versão 0.5, que segundo Boissier *et al.* (2013), o JaCaMo (2016) é um framework conceitual e plataforma que permite a construção de um sistema multiagentes em três partes principais: os agentes, o ambiente e a organização. O framework é resultado da integração de três plataformas:

- Jason: é um interpretador para linguagem AgentSpeak, baseado na arquitetura BDI (Beliefs-Desires-Intentions) que permite a construção de agentes cognitivos (BORDINI; HÜBNER, 2007).
- CArtAgO (Common ARtifact infrastructure for AGent Open environments): é um framework e uma infraestrutura para a programação e execução de ambientes baseados em artefatos feito em java. Ele permite a construção e uso de artefatos no ambiente, além da integração por meio de uma API de linguagens/frameworks para programação de agentes. Os artefatos são entidades de software que representam objetos do meio ambiente dos agentes, e permitem obtenção de recursos para suas necessidades (RICCI *et al.*, 2011).
- Moise: é uma framework que possui um modelo de programação para organização. Ou seja, tem uma linguagem para modelar a organização, uma estrutura para seu gerenciamento e apoio aos mecanismos de raciocínio dos agente.

O JaCaMo apresentou a características necessárias para a construção do sistema, o CArtAgO pode representar os equipamentos necessários do ambiente e o Jason os agentes. As normas do Moise não são adequadas para a captura de velocidades acima do permitido pelo SMA, pois precisariam em qualquer momento que não forem respeitadas serem capturadas pelo sistema. No entanto, isso não acontece pois elas possuem um período de tempo (deadline) para serem consideradas cumpridas, e ao se passar esse tempo é que são consideradas descumpridas. Devido a impossibilidade de usar as normas do Moise para capturar velocidades acima do limite, um agente chamado juiz será responsável por essa norma. Apesar disso o Moise é usado na inicialização do sistema, como será apresentado nos parágrafos a seguir.

No SMA foram criados 100 artefatos computadores de bordo, responsáveis por passar dados de velocidade gerados randomicamente, numa faixa de 0 a 120 Km/h, assim como 100 agentes monitores, um agente juiz, e um artefato "SistemaDeReputacao". Foram adotados 100 agentes monitores ao invés de 250, por incapacidade da máquina de processador intel(R) Core(TM) i5-2450, e memória RAM de 4GB, conseguir executar com tantos agentes, devido

cada agente no JaCaMo ser uma thread. E como 100 agentes ainda representa um número considerável de agentes monitores, foi adotado esta quantia. Para implementação desse sistema, foram adotados também o IDE Eclipse Luna, com o plugin do JaCaMo, que tem o exemplo de uso e instalação em JaCaMo (2016). Para que fosse possível instanciar vários agentes e artefatos com poucas instruções, num projeto JaCaMo criado no Eclipse foi necessário criar um `conducao.xml`, que representa uma organização no Moise. No xml foi declarado papéis dos agentes, com seus mínimo e máximo de agente para cada papel da organização, na Figura 1 pode-se ver esta declaração.

Figura 1 – Declaração dos papéis de agentes na organização

```
<role-definitions>
  <role id="inicializador"/>
  <role id="juiz" />
  <role id="monitor" />
</role-definitions>

<group-specification id="grupoConducao">
  <roles>
    <role id="inicializador" min="1" max="1"/>
    <role id="juiz" min="1" max="1"/>
    <role id="monitor" min="100" max="100"/>
  </roles>
</group-specification>
```

Para definir como deve ser a inicialização do SMA foi declarado, um plano de execução para inicialização do nível de cooperação de cada agente, com objetivo "inicializa", assim como observação do agente monitor no artefato computador de bordo, com objetivo "observe". Na Figura 2, isso podea declaração no Moise pode ser visualizada.

Figura 2 – Declaração plano de execução dos planos de agentes na organização

```
<functional-specification>
  <scheme id="fazerConducao">
    <goal id="conducao">
      <plan operator="sequence">
        <goal id="observe" ttf="10 minutes"></goal>
        <goal id="envia ct" ttf="10 minutes"></goal>
        <goal id="inicializa" ttf="10 minutes"></goal>
      </plan>
    </goal>
    <mission id="obs" min="100" max="100">
      <goal id="observe"/>
      <goal id="envia ct"/>
      <goal id="inicializa"></goal>
    </mission>
  </scheme>
</functional-specification>

<normative-specification>
  <norm id="norm2" type="obligation" role="monitor" mission="obs"/>
</normative-specifications>
```

Para instanciar os agentes da organização do Moise foi usado, o arquivo gerenciador\_frota.jcm, que para funcionar de acordo com `conducao.xml`, deve possuir o código, como apresentado na Figura 3. Os agentes precisam ser declarados duas vezes, como pode-se observar no código, a primeira vez é apenas a instanciação e a segunda é dentro da organização do Moise.

Figura 3 – Código arquivo gerenciador\_frota

```

agent init : inicializador.asl
agent juiz : juiz.asl
agent mo : monitor.asl{
    instances : 100
}

organisation tes : conducao.xml{
    group grupConducao : grupoConducao{
        players: init inicializador
                juiz juiz,
                mo monitor
    }
}

debug
}
}

```

O limiar de cooperação constante denominado "fatorDeCooperacao" é sorteado entre 0 e 100 na inicialização do sistema para cada computador de bordo, não foi adotado como no modelo de reputação apresentado anteriormente, valores entre 0 e 1, pois devido uma imprecisão na geração dos números reais, nunca pode ser sorteado 1, impossibilitando que um condutor fictício tenha tendência de sempre cooperar.

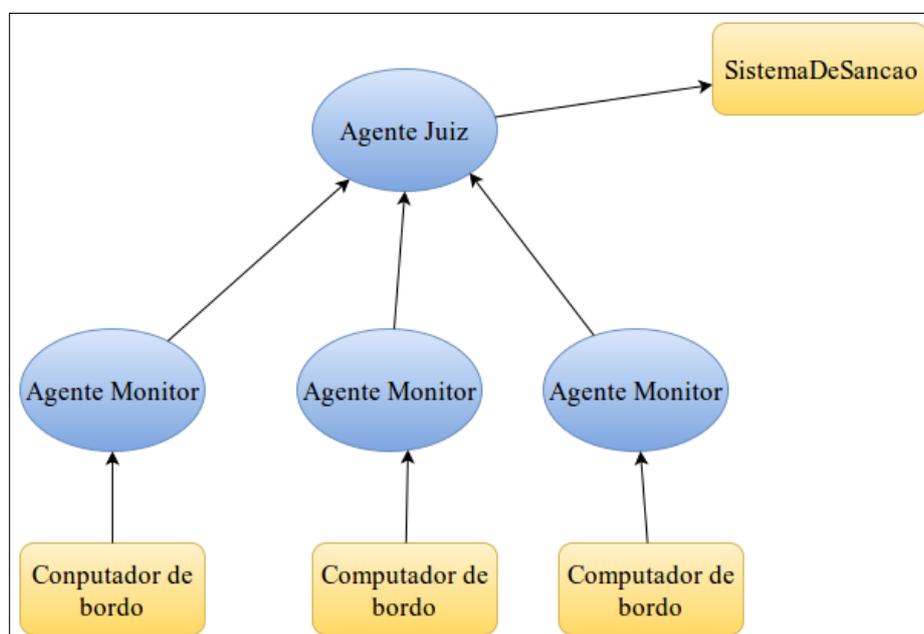
No SMA existe um agente monitor para cada artefato computador de bordo que recebe a informação de velocidade. Para decidir a velocidade um artefato computador de bordo sorteia um valor entre 0 e 100 e compara ao "fatorDeCooperacao", caso o valor seja menor ou igual o "fatorDeCooperacao" é porque a velocidade deve ser sorteada entre 0 e 80 Km/h, caso contrário deve ser sorteado um valor entre 81 e 120 Km/h.

Um agente juiz recebe a informação de velocidade de todos o agentes monitores, e determina se está acima ou abaixo dos limites permitidos pela organização, que é 80 Km/h. Caso a velocidade esteja acima do permitido na organização, ele pede ao artefato "SistemaDeSancao" para punir o condutor fictício, onde será incrementado 1 no "coopIndex" do condutor, caso contrário pede pra recompensar e o "coopIndex" é decrementado 1. Assim como no modelo da seção anterior, o valor que o "coopIndex" pode assumir varia entre -5 e 5 e as regras para mudança de reputação são as mesmas, assim como os valores que a reputação de um condutor pode assumir variam entre 0 e 9.

Existem algumas diferenças do modelo de reputação empregado aqui para o do modelo de reputação de Purvis *et al.* (2006), um deles é o fato que não será calculada nenhuma pontuação mas sim calculado a reputação do agente de acordo com o seu gasto de combustível. Assim cada condutor será colocado pelo monitor em um grupo equivalente a sua reputação atual. A pontuação de um condutor pode ser sempre adequada para sua permanência em um grupo, apesar de sua reputação indicar que ele deveria estar em outro grupo. Por isso a cada nova medição será verificado se o agente está no grupo de reputação correspondente a sua reputação. Cinco grupos de reputação serão adotados neste SMA, o primeiro grupo que recebe agentes de reputação 0 e 1, o segundo 2 e 3, o terceiro 4 e 5, o quarto 6 e 7, o último 8 e 9. Cada grupo inicia com 50 condutores fictícios e cada condutor inicia com reputação 5.

A arquitetura apresentada na Figura 4, a seguir, descreve a comunicação que é feita entre agentes e artefatos. O artefatos computadores de bordo mandam informações para os agentes monitores, que informa um único agente juiz do sistema, que pede para o artefato "SistemaDeSancao" punir ou recompensar os condutores fictícios, podendo alterar a reputação deles caso necessário, assim como realizar uma mudança de grupo de reputação.

Figura 4 – Arquitetura do sistema multiagentes

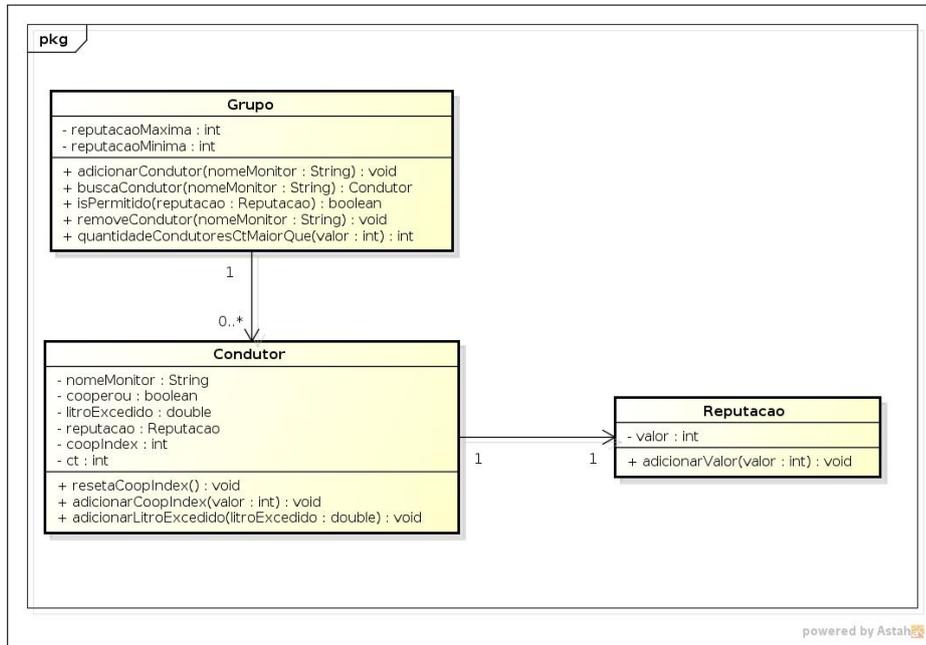


Fonte: Elaborada pelo autor.

O "SistemaDeSancao" possui algumas classes, com seus respectivos métodos (não estão no diagrama métodos beans do java, mas estão no código) e atributos, para que seja possível realizar tudo que foi descrito sobre a reputação. O diagrama de classe das entidades pode ser

visualizado na Figura 5.

Figura 5 – Classes do SistemaDeReputacao



Fonte: Elaborada pelo autor.

## 5 RESULTADOS

Para avaliar o SMA feito neste trabalho, foram realizados três simulações, onde em cada uma delas é calculado o gasto de combustível acima dos 80 Km/h de cada agente e a média de cada grupo, ao final de uma quantidade de medições pré-estabelecidas. A fórmula para esse cálculo, está logo abaixo.

$$C = F \times Q \times S \quad (5.1)$$

A Equação 5.1 define o custo extra  $C$ , ocasionado por condutor que dirige à uma velocidade acima de 80 Km/h, na qual  $F$  é o fator de aumento para cada 1 Km/h acima de 80 Km/h que é igual a 0.015.  $Q$  é a quantidade de quilômetros percorridos com velocidade acima de 80 km/h e  $S$  é o tempo para gastar 1 litro de combustível estando a 80 Km/h. O valor de  $S$  é  $6.6138 \times 10^{-3}$  e foi obtido a partir do fato de que o gasto médio dos veículos das simulações, será 3.36 Km/L extraído do trabalho de Silveira (2003), ao usar a fórmula da velocidade média é possível transformar esse gasto médio em  $6.6138 \times 10^{-3}$  L/segundo.

Abaixo são apresentados os resultados das simulações com diferentes quantidades de medições, para simular períodos de tempo de condução.

### 5.1 Resultados do primeira simulação

Na primeira simulação são realizadas 480 medições por artefato computador de bordo. Para medições que acontecem em ambiente real, como em Pina (2015), ele diz que o período das medições podem ser configurados, coloquei o deste em intervalos de 1 minuto, como 1 hora equivale a 60 minutos, são realizadas 480 medições. Sendo assim computado o equivalente a um período de 8 horas de condução ou aproximadamente um expediente de trabalho.

As medições servem para avaliar se condutores de maior reputação são os mais cooperativos e formam grupos com menor gasto médio por condutor. Será avaliado como condutor mais cooperativo os que possuem "fatorDeCooperacao" acima da média da escala de cooperação adotada que é de 0 a 100, ou seja, condutores com "fatorDeCooperação" acima de 50. A média do gasto do condutor tem valores com aproximação de 3 casas decimais, e está em litros. Abaixo é apresentado uma tabela com os resultados, após a execução.

Tabela 1 – Tabela de gastos de combustível

Grupo	Média de gasto por condutor	Condutores mais cooperativos	Quantidade de condutores
0-1	0.734	0	52
2-3	0.528	0	1
4-5	0.487	1	2
6-7	0.475	1	1
8-9	0.217	44	44

A Tabela 1, apresenta resultado satisfatório. O grupo de melhor reputação, que é formado por praticamente metade dos condutores, tem apenas agentes mais cooperativos e tem o gasto médio por condutor o menor valor entre os grupos. Além disso, o grupo de menor cooperação, que possui mais da metade dos condutores, não tem nenhum agente mais cooperativo, e possui o maior gasto médio por condutor entre os grupos. Ainda ficam alguns condutores em outros grupos, mas que considerando o gasto médio e número de condutores mais cooperativos, estão bem distribuídos. Para avaliar, se isso repete-se em mais tempo de condução um experimento com mais medições foi realizado em seguida.

## 5.2 Resultados do segunda simulação

Nesta simulação a única mudança para a anterior é a quantidade de medições, que passará a ser 1440 por artefato computador de bordo. Com 1440 medições são realizadas o equivalente a 24 horas de condução, aproximadamente 3 dias de expediente. Abaixo pode-se encontrar o resultado do experimento, no formato de uma tabela.

Tabela 2 – Tabela de gastos de combustível

Grupo	Média de gasto por condutor	Condutores mais cooperativos	Quantidade de condutores
0-1	2.284	0	48
2-3	1.460	0	1
4-5	0	0	0
6-7	1.407	3	3
8-9	0.736	47	48

A Tabela 2 acima, leva em consideração os mesmos critérios da simulação anterior. Nesses resultados o grupo de melhor reputação não é formado apenas por condutores mais cooperativos, apesar de ter o melhor gasto médio entre os grupos. Existe um fator que pode levar isso a ocorrer, que é o fato do modelo de reputação avaliar apenas se ele cooperou. E no caso, ele pode ter cooperado bem menos, mas nas vezes que não cooperou, seu gasto de combustível foi baixo, mas o modelo de reputação não considera um peso para o quanto foi ruim em gasto aquela

não cooperação. Para avaliar se com mais medições, o sistema de reputação vem a obter mais agentes em grupos com reputação inadequada a sua cooperação, foi feita uma última simulação com mais medições.

### 5.3 Resultados da terceira simulação

Nesta simulação são realizadas 2400 medições por artefato computador de bordo, totalizando aproximadamente uma semana de expediente. Abaixo pode-se encontrar o resultado da simulação, no formato de uma tabela.

Tabela 3 – Tabela de gastos de combustível

Grupo	Média de gasto por condutor	Condutores mais cooperativos	Quantidade de condutores
0-1	3.812	0	51
2-3	2.414	1	2
4-5	2.635	0	1
6-7	2.140	1	1
8-9	1.221	45	45

A Tabela 3 acima, apresenta resultado satisfatório e assemelhasse muito a primeira simulação. O grupo de agentes de menor reputação não tem nenhum agente mais cooperativo, e possui mais da metade dos condutores. O grupo de maior reputação tem quase a metade dos condutores e todos os agentes são mais cooperativos. Os outros grupos também apresentam uma boa divisão de grupos para mais cooperativos e menos cooperativos.

## 6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O SMA feito neste trabalho está com seu código fonte disponível no endereço do github ([https://github.com/Marques32/gerenciador\\_frota](https://github.com/Marques32/gerenciador_frota)). Apesar de apresentar resultados positivos nas simulações, sendo capaz de separar condutores que economizam mais combustível dos que gastam menos, com a reputação. Foram poucas simulações realizadas para mostrar a eficácia em um sistema de monitoramento real, então não se pode afirmar a eficiência do sistema. Além disso, a aplicação feita com o JaCaMo não chegou a ser testada em um servidor na nuvem, para ver o número máximo de agentes que o framework suporta. Então a abordagem multiagentes apresenta resultados que indicam a possibilidade de uso em ambiente real, mas precisa de mais teste para que isso seja confirmado.

Para tirar conclusões sobre a eficácia do sistema em ambiente real, o sistema deverá ser hospedado em um servidor na nuvem e ser testado com dados de conduções reais, ao invés, de dados aleatórios, com a possibilidade de acréscimo de novos fatores. Deve ser avaliado se existe a necessidade de certos ajustes em seu modelo de reputação, para considerar também qual o peso de uma não cooperação no gasto de combustível, pois dependendo da velocidade que ele atingiu pode ter maior ou menor significância para a mudança de reputação de um condutor. Também é interessante que o SMA que já foi feito, sofra alguns ajustes para ser colocado em um servidor na nuvem, e uma aplicação cliente seja criada com agentes para ser o computador de bordo de veículos. E então sejam realizados testes com dados de frotas de veículos que circulam em rodovias, seja de um banco de dados ou medições feitas diretamente de carros.

## REFERÊNCIAS

- AXELROD, R. M. **The evolution of cooperation**. [S.l.]: Basic books, 1984.
- BASTOS, R. M. O planejamento de alocação de recursos baseado em sistemas multiagentes. 1998.
- BOISSIER, O.; BORDINI, R. H.; HÜBNER, J. F.; RICCI, A.; SANTI, A. Multi-agent oriented programming with jacamo. **Science of Computer Programming**, Elsevier, v. 78, n. 6, p. 747–761, 2013.
- BORDINI, R. H.; HÜBNER, J. F. A java-based interpreter for an extended version of agentspeak. **University of Durham, Universidade Regional de Blumenau**, 2007.
- CASARE, S. J. **Uma ontologia funcional de reputação para agentes**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2005.
- CASTELFRANCHI, C.; CONTE, R.; PAOLUCCI, M. Normative reputation and the costs of compliance. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, Journal of Artificial Societies and Social Simulation, v. 1, n. 3, 1998.
- DATA.RIO. **Onibus - GPS 2**. 2016. Disponível em: <<http://data.rio/dataset/onibus-gps-2>>. Acesso em: 15 dez 2016.
- DIAS, J. E. A. Eletrônica, instrumentação e telemetria do veículo ufvbaja. Viçosa, 2010.
- DIGNUM, V.; DIGNUM, F. Modelling agent societies: Co-ordination frameworks and institutions. In: **Progress in Artificial Intelligence, LNAI 2258**. [S.l.: s.n.], 2001.
- FERREIRA, B. M. Utilização de rádio frequência para telemetria de motores automotivos. Curitiba, 2015.
- FRITH, W.; CENEK, P. Aa research: Standard metrics for transport and driver safety and fuel economy. **Opus International Consultants Central Laboratories**, n. 0, p. 51, 2012.
- GIRARDI, R. Engenharia de software baseada em agentes. In: **Procedimentos do IV Congresso Brasileiro de Ciência da Computação (CBCComp 2004)**. [S.l.: s.n.], 2004.
- GONDER, J.; EARLEYWINE, M.; SPARKS, W. Analyzing vehicle fuel saving opportunities through intelligent driver feedback. **SAE International Journal of Passenger Cars-Electronic and Electrical Systems**, v. 5, n. 2012-01-0494, p. 450–461, 2012.
- HARDIN, G. The tragedy of the commons. **Science**, v. 162, p. 1243–1248, 1968.
- HOELZ, B. W. P. Metamodelo para adaptação de confiança e reputação em sistemas multiagente dinâmicos. 2014.
- JACAMO. **Official JaCaMo Site**. 2016. Disponível em: <<http://jacamo.sourceforge.net/>>. Acesso em: 15 dez 2016.
- MARTINS, T. M.; CARVALHO, L. S.; OLIVEIRA, M. A.; SILVA, M. D.; SANTOS, J. P.; SANTOS, J. A.; ARAUJO, P. J. L. Redução de custo com combustível para uma frota. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT**, Aracaju, v. 2, n. 1, p. 55–62, 2014.

PINA, J. A. L. **Sistema de localização de veículos para smartphone android**. Tese (Doutorado), 2015.

PINTO, S.; OSÓRIO, F. Simulação e avaliação de comportamentos em sistemas multi-agentes baseados em modelos de reputação e interação. **UNISINOS-Computação Aplicada (PIPICA)–RS/USP–ICMC, SP–Brazil**, 2008.

PURVIS, M.; SAVARIMUTHU, S.; OLIVEIRA, M. D.; PURVIS, M. Mechanisms for cooperative behaviour in agent institutions. In: IEEE. **2006 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology**. [S.l.], 2006. p. 121–124.

RICCI, A.; PIUNTI, M.; VIROLI, M. Environment programming in multi-agent systems: an artifact-based perspective. **Auton Agent Multi-Agent Syst**, v. 23, p. 158–192, 2011.

SICHMAN, J. S. **Raciocínio social e organizacional em sistemas multiagentes: avanços e perspectivas**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2003.

SILVEIRA, G. L. d. **Monitoramento do consumo de combustível de veículos de transporte rodoviário de madeira utilizando computador de bordo**. 2003. 55p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

TEIXEIRA, F. C. R.; OLIVEIRA, M. C. de; HELLENO, A. L. Telemetria automotiva via internet móvel. **Revista Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 28/29, 2014.

TRANSPORTATION, U. D. of. **Federal Highway Administration**. 2016. Disponível em: <<https://www.its-rde.net/>>. Acesso em: 15 dez 2016.

WEIGLAND, H.; DIGNUM, M.; XU, L. Agent societies: Towards framework-based design. In: THE 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS. **Proceedings of the 2nd Workshop on Agent-Oriented Software Engineering**. [S.l.], 2001. p. 25–32.

WEISS, G. **Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence**. MIT Press, 1999. (Intelligent Robotics and Autonomous Agents Series). ISBN 9780262731317. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=JYcznFCN3xcC>>.