

# Vehicle driving analysis in regards to fuel consumption using Fuzzy Logic and OBD-II devices

Avner Pereira  
PROCC, Universidade Federal  
de Sergipe  
São Cristóvão, Sergipe, Brasil  
avner.sp@gmail.com

Marcel Alves  
PROCC, Universidade Federal  
de Sergipe  
São Cristóvão, Sergipe, Brasil  
marcel.alves89@gmail.com

Hendrik Macedo  
DCOMP, Universidade Federal  
de Sergipe  
São Cristóvão, Sergipe, Brasil  
hendrik@dcomp.ufs.br

## ABSTRACT

Smart City is a concept used to describe a city that uses technology in order to improve the quality of life in the urban environment. One way to contribute to the improvement of urban life is the optimized use of resources. Given the high price of gasoline in Brazil and aiming to improve the quality of urban life, we developed a mobile application that uses fuzzy logic and data read from a OBD-II Bluetooth device (ELM 327) to classify the driver in regards to the quality of vehicle conduction, in order to encourage fuel consumption reduction. The set of data to be read was defined by expert knowledge. Results show that is possible to estimate instant consumption. Experiments carried out in routine traffic situation in Aracaju/SE city have shown an accuracy of more than 85% if compared to the onboard computer information.

## Keywords

Intelligent transportation; fuel consumption; mobile application; fuzzy logic; OBD-II

## 1. INTRODUÇÃO

O termo “Cidade Inteligente” se popularizou recentemente graças à ubiquidade de *smartphones* com maior poder de processamento e com acesso a uma maior quantidade de recursos, como GPS, câmera, acelerômetro. Uma cidade inteligente utiliza a tecnologia com o objetivo de otimizar a qualidade de vida urbana e o uso dos recursos. Variadas áreas tem sido alvo de preocupação científica no contexto de cidades inteligentes: transportes [3], segurança [9], saúde [16].

Considerando a importância na redução da emissão de poluentes e o interesse de motoristas na redução de gastos com combustível, é interessante identificar práticas que otimizem o consumo desse recurso. Dentre os fatores mais relevantes para tal otimização, os hábitos do condutor são de especial importância. Pesquisas mostram que dirigir mais lentamente, por exemplo, pode gerar uma economia entre 5% e 33% [14], entre 7% e 22% [4] ou até 14% [17].

Levantamos a hipótese de que o uso de dispositivos de leitura de dados veicular que utilizam o padrão OBD-II aliados a *smartphones* podem auxiliar na identificação desses padrões de condução e contribuir para confecção de aplicativos inteligentes para o trânsito.

Este artigo propõe uma modelagem baseada em Lógica fuzzy que, a partir da leitura de dados veiculares via padrão de comunicação OBD-II, é capaz de classificar a condução

com enfoque no consumo. Um aplicativo para *smartphone* que se comunica via *bluetooth* com o dispositivo foi também desenvolvido. As regras *fuzzy* foram definidas com apoio de um especialista em mecânica veicular.

[12, 2, 11] mostram o uso de dispositivos com interface OBD-II voltados apenas para o monitoramento e a estimativa do consumo de combustível. Na análise do comportamento de condutores de veículos, a maioria dos trabalhos focam em questões de segurança. Em [5], um algoritmo AdaBoost é utilizado para classificar comportamentos de motoristas. A lógica *fuzzy* é usada em [6], juntamente com redes neurais, para simular comportamentos de motoristas. Em [10] é apresentado o uso da lógica *fuzzy* para modelar o clima, a estrada e as condições climáticas, também com foco em questões de segurança no trânsito. Em [13] também há uma atenção para a questão da economia de combustível. A ideia proposta é a utilização de redes neurais em conjunto com um aplicativo de *smartphone* e um dispositivo OBD-II para classificar estilos de direção.

O restante deste artigo está organizado como se segue. Na seção 2 apresentamos o *background* técnico de sustentação ao método. Na seção 3, apresentamos o método de trabalho adotado. A seção 4 traz resultados e discussão. Finalmente, conclusões são apresentadas na seção 5.

## 2. BACKGROUND

### 2.1 OBD-II

A origem do OBD (*On-board diagnostics*) data de 1982, quando houve interesse por parte da Califórnia Air Resources Board em desenvolver um sistema de diagnóstico para automóveis que relatasse falhas na emissão de gases [1].

O OBD-II surgiu da necessidade de haver melhor padronização na comunicação, tendo em vista que o OBD-I necessitava de adaptadores para diferentes veículos [1]. O padrão OBD-II tornou-se obrigatório em todos os veículos novos comercializados nos Estados Unidos desde 1996 [12] e no Brasil desde 2010 [8].

Utilizando o padrão OBD-II, dispositivos podem extrair diversas informações veiculares, como velocidade, rotações por minuto, posição do pedal de acelerador, dentre outras.

### 2.2 ELM 327

O ELM 327 é um dispositivo que obedece ao padrão de comunicação OBD-II. Assim, com esse dispositivo conectado na interface OBD-II do veículo, é possível obter diversos dados, que podem ser repassados para outros dispositivos através de um *streaming wifi* ou *bluetooth*.

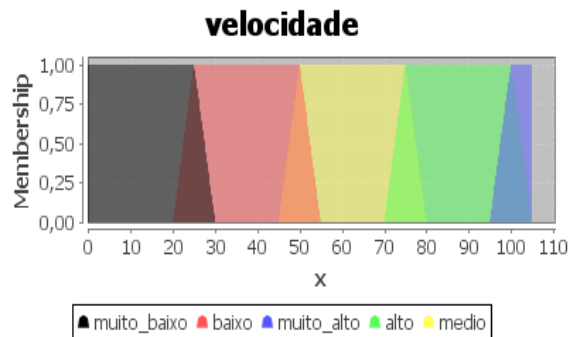


Figura 1: Velocidade na lógica fuzzy

### 2.3 Lógica Fuzzy

A lógica *fuzzy*, também conhecida como lógica difusa ou nebulosa, é utilizada na área de raciocínio e representação do conhecimento para representar valores imprecisos. Por exemplo: “o carro está em alta velocidade” é uma descrição relativamente vaga, tendo em vista que os valores para “alta” podem variar bastante - algumas pessoas podem considerar 80 km/h uma velocidade alta, mas outras pessoas não.

Para representar a imprecisão, existem os conjuntos *fuzzy*, onde cada conjunto é representado por uma função, como mostrado na Figura 1. Assim, nota-se que o carro pode estar em velocidade média e velocidade alta simultaneamente, como no caso entre 70 e 80 km/h, por exemplo.

Para a etapa de raciocínio, a lógica *fuzzy* se utiliza de regras de inferência. Exemplos de regras são:

R1: IF rpm IS alta THEN consumo IS alto

R2: IF velocidade IS moderada AND rpm IS moderada THEN consumo IS baixo

As etapas para a aplicação da lógica *fuzzy* são: *fuzzyficação*, inferência e *defuzzyficação*.

Na *fuzzyficação*, os dados brutos são convertidos para os dados em lógica *fuzzy*, ou seja, os dados passam a ser representados pelos valores dos conjuntos *fuzzy*. Assim, um valor de velocidade de 100 km/h obtido do ELM 327, por exemplo, seria convertido para o valor “alta” na lógica *fuzzy*.

Na inferência, as regras criadas são aplicadas aos conjuntos *fuzzy* e o resultado *fuzzy* é gerado. Por exemplo: pela regra *IF rpm IS alta THEN consumo IS alto*, é possível inferir que, se o valor do rpm estiver no conjunto classificado como “alta”, então o consumo será classificado como pertencente ao conjunto “alto”.

Na *defuzzyficação*, o resultado *fuzzy* é convertido para algum resultado que possa ser utilizado pelo programa. Por exemplo: consumo “alto” pode ser convertido para o número inteiro 7, representando um consumo de 7 km/l.

## 3. MÉTODO

Para possibilitar o desenvolvimento do aplicativo utilizando lógica *fuzzy* foi utilizado o jFuzzyLogic [7]. Já para auxiliar na comunicação entre o celular e o ELM 327, foi utilizado o OBD-Java-API 1.0 RC12 [15].

Em alto nível, o processo inteiro ocorre nas seguintes etapas: o ELM 327 disponibiliza as leituras do veículo; o aplicativo obtém as leituras através de uma conexão *bluetooth*; os dados obtidos passam pelas etapas da lógica *fuzzy* no aplicativo; o resultado, classificando o nível de consumo, é exibido

para o usuário. As explicações detalhadas encontram-se nas subseções a seguir.

### 3.1 Dados colhidos via ELM 327

Os dados escolhidos para serem analisados neste trabalho foram: velocidade, rotações por minuto e posição do acelerador. Tal escolha deveu-se à aparição destes mesmos dados em outros trabalhos ([13, 5]) e à opinião do especialista.

A velocidade é indicada pelo PID 0D no padrão OBD-II. Seu valor é inteiro e não negativo, representado em 1 *byte*, sendo o valor mínimo 0 e o máximo 255. A unidade desta medida é indicada em km/h.

A unidade de rotações por minuto é indicada pelo PID 0C no padrão OBD-II. Seu valor é real e não negativo, representado em 2 *bytes*, sendo o valor mínimo 0 e o máximo 16,383.75. A unidade desta medida é indicada em rpm.

A posição do acelerador é indicada pelo PID 11 no padrão OBD-II. Seu valor é inteiro e não negativo, representado em 1 *byte*, sendo o valor mínimo 0 e o máximo 100. A unidade desta medida é a porcentagem do pressionamento do pedal.

### 3.2 Comunicação do aplicativo com o ELM 327

O ELM 327 é conectado na porta OBD-II do veículo e a comunicação com o aplicativo de *smartphone* é realizada através de um *streaming bluetooth*.

Como vários dados são informados pelo padrão OBD-II através do *streaming*, os PIDs são utilizados pelo aplicativo para selecionar corretamente aqueles que serão usados. Neste caso, os PIDs utilizados são os citados na seção 4.1.

### 3.3 Regras Fuzzy

Na *fuzzyficação*, as variáveis convertidas para conjuntos *fuzzy* são as mesmas da seção 4.1. Tanto a velocidade como as rotações por minuto são representadas por conjuntos com cinco valores cada: muito baixo, baixo, medio, alto e muito alto, conforme mostrado nas Figura 1 e Figura 2. A posição do acelerador é representada por um conjunto que pode assumir três valores: moderado, muito e extremo, conforme demonstrado na Figura 3.

Na etapa de inferência, são utilizadas as regras estabelecidas, criadas em parceria com o especialista. A *posição do pedal do acelerador* é a variável mais importante na inferência do consumo, pois, quanto mais pressionado o pedal estiver, mais combustível será fornecido ao motor, independente dos valores das outras variáveis. O *RPM* é a segunda variável mais relevante, pois altos valores indicam alto consumo, mesmo em baixas velocidades. A *velocidade* é a variável menos relevante utilizada no trabalho, mas também influencia no consumo, tendo em vista que altas velocidades aumentam o consumo, como já citado na seção 1. Sabendo da importância de cada variável na determinação do consumo, um arquivo com 75 regras foi criado. Exemplos são:

IF velocidade IS muito\_baixo AND rpm IS muito\_baixo AND acelerador IS moderado THEN consumo IS baixo

IF velocidade IS muito\_baixo AND rpm IS muito\_baixo AND acelerador IS muito THEN consumo IS alto

Após a etapa de inferência, o resultado do consumo de combustível já está definido em um conjunto *fuzzy*, podendo assumir os valores: muito baixo, baixo, medio, alto e muito alto. Esse conjunto pode ser observado na Figura 4.

Na etapa de *defuzzyficação*, o valor do conjunto *fuzzy* de consumo de combustível obtido através da inferência é con-

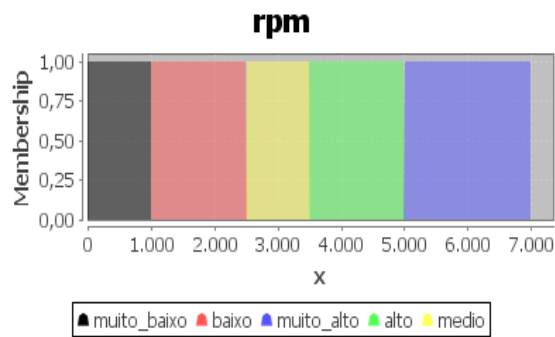


Figura 2: RPM na lógica fuzzy

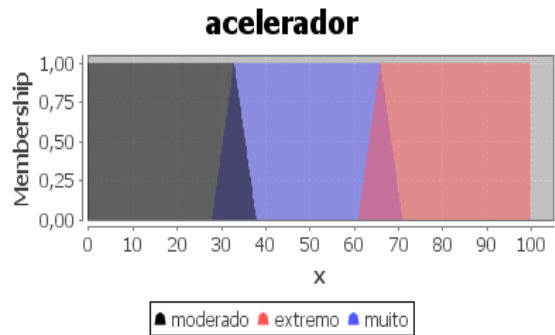


Figura 3: Pedal do acelerador na lógica fuzzy

vertido para um valor inteiro através do método de *defuzzificação* chamado “centro de gravidade”. O valor inteiro que representa o consumo de combustível está na unidade de km/l. No entanto, o valor *defuzzificado* não é utilizado - a seção 4.4 justifica essa escolha.

### 3.4 Resposta ao Usuário

O resultado final relativo ao consumo de combustível é exibido na tela do aplicativo como o padrão de consumo inferido para aquele momento.

Os valores possíveis para serem apresentados para o usuário são os mesmos do conjunto *fuzzy* do consumo: muito baixo, baixo, medio, alto, muito alto. Não é conveniente exibir o valor *defuzzificado* por dois motivos: 7 km/l pode representar baixo consumo para um veículo, mas alto con-

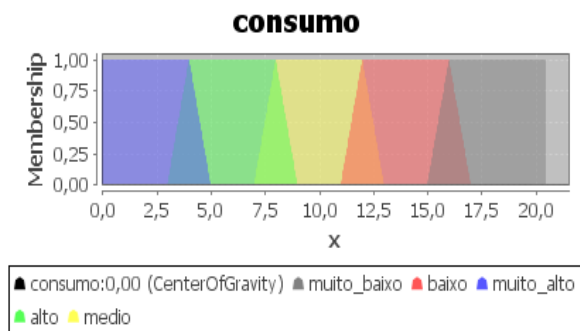


Figura 4: Consumo na lógica fuzzy

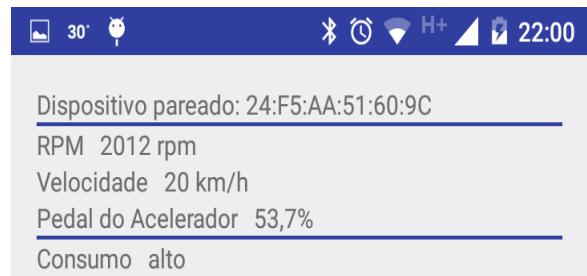


Figura 5: Exemplo de consumo alto

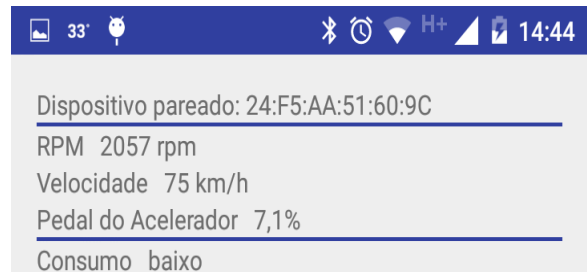


Figura 6: Exemplo de consumo baixo

sumo para outro; os parâmetros escolhidos no trabalho são genéricos para servir em situações onde 7 km/l é alto ou baixo para o veículo em questão (rpm muito alta ou pedal do acelerador muito pressionado, por exemplo, sempre indicarão alto consumo, para qualquer veículo).

A Figura 5 mostra um caso onde o consumo foi classificado como alto. Nesse caso, o pedal de acelerador está muito pressionado, de acordo com o conjunto mostrado na Figura 3. Por isso, mesmo com velocidade e rpm baixas, o consumo é classificado como alto.

A Figura 6 mostra uma situação onde o consumo foi classificado como baixo. Apesar de a velocidade estar classificada entre média e alta (conforme exposto na Figura 1), o pedal de acelerador está moderadamente pressionado e a rpm está baixa, criando assim a situação para baixo consumo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um veículo Fiat Palio Sporting 1.6, ano 2014, equipado com computador de bordo foi utilizado para validação da abordagem proposta. O computador de bordo em questão permite verificar o consumo instantâneo em km/l.

Inicialmente, foram coletados dados que servissem de base para comparação. Neste veículo, o consumo médio em ambiente predominantemente urbano marcava 8 km/l, levando em consideração mais de 30 mil km rodados. O maior consumo instantâneo exibido pelo computador de bordo foi de 4 km/l. Também foi registrado o consumo instantâneo de 20 km/l em situações de cruzeiro em baixa rpm. Assim, foi definido que 4 km/l seria um consumo muito alto, 8 km/l um consumo médio e 20 km/l um consumo muito baixo, estando os valores “baixo” e “alto” entre seus respectivos intervalos.

Conforme os resultados mostrados na Tabela 1, a técnica empregada neste trabalho apresenta bons resultados na classificação do consumo de combustível.

Ainda há necessidade de ajustes na lógica *fuzzy*, tendo em vista que em nenhum dos testes o consumo foi classificado

**Tabela 1: Resultados da Validação com Veículo**

	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Teste 6	Teste 7
Velocidade (km/h)	45	50	30	60	80	90	120
RPM	6500	1500	2600	3200	4400	5000	5000
Pos. Acelerador (%)	80	20	20	20	60	70	30
Consumo App	muito alto	baixo	medio	baixo	alto	medio	medio
Consumo Inst. Real (km/l)	4.0	20.0	9.5	13.0	6.5	8.0	9.1

como “muito baixo”. Ainda assim, o aplicativo foi capaz de identificar o consumo correto em mais de 85% dos casos.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta uma maneira assertiva de inferir o consumo de combustível instantâneo de um veículo a partir do comportamento do condutor. Para identificar o comportamento do condutor, são obtidos dados do veículo através de um dispositivo que obedeça ao padrão OBD-II. Os dados fornecidos pelo dispositivo veicular são capturados pelo aplicativo de *smartphone* e convertidos para lógica *fuzzy*, cujas regras e conjuntos foram desenvolvidos com um especialista.

O aplicativo apresenta o resultado ao condutor, informando se o consumo naquele instante é muito baixo, baixo, médio, alto ou muito alto.

Com o conhecimento sobre a forma de consumo, o condutor pode adaptar seus hábitos de direção com o intuito de reduzir o consumo de combustível do seu veículo.

A redução do consumo de combustível é pertinente dentro do contexto de Cidades Inteligentes, pois possibilita uma redução na emissão de gases poluentes, o que gera melhor qualidade de vida. Além disso, o alto preço do combustível também é fator relevante para um menor consumo.

Como trabalho futuro, é pretendido o uso de maior diversidade de dados provenientes do dispositivo ELM 327 e o refinamento da lógica *fuzzy* utilizada. Além disso, pretende-se desenvolver um serviço de recomendações de condução para melhor consumo.

## Agradecimentos

Os autores agradecem á UFS pelo suporte financeiro concedido [Edital POSGRAP/COPEs/UFS No 03/2014 14/2012 (HERMES), Processo 008325/14-72] e ao CNPq pela bolsa de produtividade concedida ao pesquisador Hendrik Macedo [Modalidade/Nível: DT-II, Processo 310446/2014-7].

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] AA1Car. Understanding onboard diagnostics obdii: Past, present future. <http://www.aalcar.com/library/us796obd.htm>. Acessado: 10-12-2015.
- [2] A. Alessandrini, F. Filippi, and F. Ortenzi. Consumption calculation of vehicles using obd data. In *2012 International Emission Inventory Conference*, 2012.
- [3] S.-h. An, B.-H. Lee, and D.-R. Shin. A survey of intelligent transportation systems. In *Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN), 2011 Third International Conference on*, pages 332–337. IEEE, 2011.
- [4] C. E. Center. Speeding and your vehicle’s mileage. <http://www.consumerenergycenter.org/transportation/>. Acessado: 10-12-2015.
- [5] S.-H. Chen, J.-S. Pan, and K. Lu. Driving behavior analysis based on vehicle obd information and adaboost algorithms. In *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, volume 1, 2015.
- [6] L. Chong, M. M. Abbas, A. M. Flintsch, and B. Higgs. A rule-based neural network approach to model driver naturalistic behavior in traffic. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 32:207–223, 2013.
- [7] P. Cingolani and J. Alcalá-Fdez. jfuzzylogic: a robust and flexible fuzzy-logic inference system language implementation. In *FUZZ-IEEE*, pages 1–8. Citeseer, 2012.
- [8] CONAMA. Resolução conama n 354, de 13 de dezembro de 2004. Acessado: 10-12-2015.
- [9] E. Ferrara, P. De Meo, S. Catanese, and G. Fiumara. Detecting criminal organizations in mobile phone networks. *Expert Systems with Applications*, 41(13):5733–5750, 2014.
- [10] S. Ghaemi, S. Khanmohammadi, and M. Tinati. Driver’s behavior modeling using fuzzy logic. *Mathematical Problems in Engineering*, 2010, 2010.
- [11] M. G. Lee, Y. K. Park, K. K. Jung, and J. J. Yoo. Estimation of fuel consumption using in-vehicle parameters. *International Journal of u-and e-Service, Science and Technology*, 4(4):37–46, 2011.
- [12] W. S. Ltd. Monitoring fuel consumption on your vehicle in “real-time”. <http://www.windmill.co.uk/obdii.pdf>. Acessado: 10-12-2015.
- [13] J. E. Meseguer, C. T. Calafate, J. C. Cano, and P. Manzoni. Characterizing the driving style behavior using artificial intelligence techniques.
- [14] U. S. D. of Energy. Driving more efficiently. <http://www.fueleconomy.gov/feg/driveHabits.jsp>. Acessado: 10-12-2015.
- [15] P. Pires. Obd-ii java api. <https://github.com/pires/obd-java-api>. Acessado: 10-12-2015.
- [16] A. Solanas, C. Patsakis, M. Conti, I. Vlachos, V. Ramos, F. Falcone, O. Postolache, P. Perez-martinez, R. Pietro, D. Perrea, et al. Smart health: a context-aware health paradigm within smart cities. *Communications Magazine, IEEE*, 52(8):74–81, 2014.
- [17] M. Veá. Improve mpg: The factors affecting fuel efficiency. <http://www.vnutz.com/articles/>. Acessado: 10-12-2015.