

Representação de Objetos do Código de Trânsito Através de Uma Ontologia Para Aplicação em um Veículo Autônomo

Vithor Tozetto Ferreira¹, Gleifer Vaz Alves¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Ponta Grossa– PR – Brazil

***Abstract.** There are many aspects about the development of an autonomous vehicles (AV), among them the interaction of those vehicles with traffic laws. An AV, acting in traffic, will need to follow a set of rules, and its controller will need to be able to utilize these rules in the planning of its actions. The controller of an AV could be modelled as an intelligent agent, still being necessary a representation of the traffic rules, representation which could be done through an ontology. In this paper is presented the proposal of an ontology that will be utilized by an intelligent agent to ensure that the behaviour of the agent (AV) will be in agreement with a subset from the urban traffic rules.*

***Resumo.** Existem vários aspectos sobre o desenvolvimento de um veículos autônomos (VA), entre eles a interação desses veículos com as leis de trânsito. Um VA, agindo no trânsito, deverá seguir um conjunto de regras, e seu controlador deverá ser capaz de utilizar essas regras no planejamento de suas ações. O controlador de um VA pode ser modelado como um agente inteligente, sendo ainda necessária uma representação das regras de trânsito, representação que pode ser feita através de uma ontologia. Neste trabalho é apresentada a proposta de uma ontologia que será utilizada por um agente inteligente para assegurar que o comportamento do agente (VA) se dará em acordo com um fragmento das regras de trânsito urbano.*

1. Introdução

Nos últimos anos, ocorreu um crescimento no desenvolvimento de novas tecnologias automatizadas. Para a indústria automotiva, o lançamento de veículos autônomos (VA's) será um grande salto tecnológico. Um veículo cria muitos custos na vida urbana, desde o custo financeiro do valor de compra e manutenção do veículo, até o custo de tempo referente aos engarrafamentos das grandes cidades. Com o advento dos VA's, o motorista não precisaria controlar um veículo, e poderia utilizar o tempo de locomoção para realizar outras tarefas [Silberg et al. 2012].

Um dos grandes problemas que ainda impedem a utilização cotidiana de um VA é o de garantir a segurança do funcionamento desses veículos, e neste artigo, focando especificamente na segurança em relação ao comportamento do VA em acordo com leis de trânsito. Através de um conjunto de tecnologias para captura e interpretação de dados, os VA's atuais conseguem perceber e interagir com segurança e autonomia a certos obstáculos em seus ambientes [Gomes 2014]. Entretanto, para garantir realmente a segurança do funcionamento de um VA é importante que o veículo possua o conhecimento das regras de trânsito do local onde está trafegando, e que estas regras influenciem em seu comportamento [Vellinga 2017].

Conforme mencionado por Prakken [Prakken 2017], a interação de um VA com as regras de trânsito em geral não é tratada nas etapas de desenvolvimento de um VA, mesmo sabendo que nos ambientes comuns de trânsito o VA interagirá com outros veículos, e poderá surpreender um motorista ao tomar uma ação que não condiz com o código de trânsito em vigor onde está trafegando. O VA precisa ser capaz de perceber seu ambiente, considerar suas tarefas e planejar ações seguras para atingir seus objetivos de forma autônoma, e dessa forma, deve ser controlado por um sistema computacional que consiga realizar esta tarefa, e tal sistema pode ser representado por um agente.

De maneira geral, diz-se que um agente é uma entidade situada em certo ambiente, e que é capaz de realizar ações autônomas para atingir seus objetivos [Wooldridge and Jennings 1995]. A um agente inteligente, são também atribuídas as propriedades de autonomia, habilidade social, reatividade e proatividade. Tais propriedades são interessantes para um VA, já que são úteis no contexto de situações reais de trânsito. Mesmo com a utilização de um agente, uma grande dificuldade do desenvolvimento de um VA capaz de agir de forma segura no trânsito ainda permanece: como fazer com que um sistema computacional autônomo utilize as regras de trânsito em seu planejamento de ações.

A adaptação de um conjunto de regras de trânsito para o contexto de um mecanismo autônomo e inteligente é afetada pelo fato das leis estarem descritas em linguagem natural, com a eventual presença de ambiguidades, redundâncias e incoerências, e também por casos onde o comportamento no trânsito é puramente social, condicionado a partir do senso comum [Prakken 2017]. Se faz necessário utilizar uma representação destas leis, que poderá ser utilizada no controle do VA, e tal representação pode ser feita com o auxílio de uma ontologia. Uma ontologia é uma especificação de uma conceitualização, um modelo de dados que possui um domínio, elementos e a relação entre esses elementos e o domínio [Cimiano et al. 2014]. Com uma ontologia, é possível criar uma conexão entre o domínio da linguagem natural e da linguagem artificial, auxiliando no processo de interpretação do ambiente e das leis por parte do VA.

O objetivo específico deste trabalho é criar uma representação dos objetos e leis do Código de Trânsito Brasileiro [BRASIL 1997], e então incorporar esta representação em um agente inteligente modelado como um VA. Este trabalho está diretamente relacionado com o trabalho desenvolvido por Alves et. al [Alves et al. 2018], que tem como objetivo representar as regras de trânsito do Reino Unido por meio de uma formalização (usando operadores LTL), e incorporar tais regras em um agente inteligente, o qual representa um VA. Neste artigo, é apresentada uma representação de objetos através de uma ontologia para descrever elementos específicos de um subconjunto das regras do código de trânsito brasileiro. Além disso, é discutido como tal ontologia poderia ser encapsulada em um agente no controle de um VA, e também como seria possível explorar a verificação formal do comportamento do agente em relação as regras da ontologia.

2. Veículos Autônomos e código de trânsito

Na literatura da área, é muito comum encontrar em publicações de montadoras de veículos o termo direção automatizada, e raramente o termo direção autônoma. O primeiro termo envolve um conjunto de ferramentas que auxiliam na direção, enquanto o segundo se refere ao estado final da automação, onde o sistema teria controle total sobre todas as

funções de controle do veículo [Herrmann et al. 2018]. Em resumo, um veículo autônomo (VA) é um veículo controlado completamente por um sistema, sem o auxílio de um motorista.

Para a autonomia total é importante que, além desses veículos compreenderem e interpretarem seus ambientes de atuação, os VA's tenham a capacidade de atuarem corretamente em seus ambientes. No controle de um veículo, uma ação não pode ser definida somente pela habilidade de compreender obstáculos, sinalizações e usuários das vias terrestres. O VA precisará considerar o que precisa ser feito em determinada situação, e então planejar como realizar determinada ação de forma segura. Para garantir a segurança de suas ações no quesito de tráfego urbano, é necessário que o VA leve em consideração as regras referentes ao seu ambiente, ou seja, um VA situado no trânsito deve utilizar as Regras de Trânsito do local onde está situado para trafegar em seu ambiente.

Conforme mencionado por Prakken [Prakken 2017] e reforçado por Alves et. al [Alves et al. 2018], existe uma lacuna no desenvolvimento de VA's no que diz respeito aos seguintes aspectos: i.) A implantação de um VA considera adequadamente as regras de trânsito? ii.) O comportamento de um VA no tráfego urbano dá-se em acordo com as regras de trânsito? iii.) É necessário em alguma instância alterar e adaptar as regras de trânsito para o adequado comportamento de um VA? Esses aspectos reforçam a necessidade de representar o conhecimento das regras de trânsito para que sejam utilizadas por um agente representando um VA.

2.1. Código de Trânsito Brasileiro

De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro [BRASIL 1997], se configura como trânsito a movimentação e imobilização de veículos, pessoas e animais nas vias terrestres. Através do trânsito, as pessoas se movimentam pelas vias, urbanas e rurais, todos os dias. Cada país, dentro de seus territórios, delimitam um conjunto de regras destinadas a controlar o trânsito, e garantir a eficiência e segurança do tráfego.

Essas regras englobam todos os aspectos do trânsito, como o comportamento esperado dos usuários das vias terrestres, a infraestrutura das vias, as sinalizações de trânsito e as punições dadas aos infratores. É esperado que todo cidadão presente no trânsito esteja ciente destas regras, e que as cumpra visando manter a harmonia do trânsito. Os VA's, irão circular no ambiente de trânsito, e precisarão se adequar as regras de circulação dos locais onde trafegam. Para o desenvolvimento deste trabalho, é considerado um fragmento (conjunto de 7 artigos) das regras de cruzamento em vias urbanas do Código de Trânsito Brasileiro. Dentre as regras selecionadas, aqui destaca-se a seguinte:

Art. 44. Ao aproximar-se de qualquer tipo de cruzamento, o condutor do veículo deve demonstrar prudência especial, transitando em velocidade moderada, de forma que possa deter seu veículo com segurança para dar passagem a pedestre e a veículos que tenham o direito de preferência.

A partir do fragmento de regras do Código Brasileiro de Trânsito, foram extraídos os objetos presentes nestas regras, e estes objetos foram utilizados para a criação da ontologia demonstrada neste artigo. O objetivo desta ontologia é servir como uma base de conhecimento referente aos objetos do trânsito que poderá ser utilizada por um agente. Por exemplo, a partir do artigo 44, apresentado anteriormente, podem ser extraídos os objetos “cruzamento”, “veículo” e “pedestre”.

3. Definição dos Objetos de uma Ontologia para o Código de Trânsito Brasileiro

O termo ontologia pode ser definido como uma especificação de uma conceitualização. A definição de ontologia pode mudar de acordo com o autor, porém, é comum na grande maioria das definições o termo conceitualização, que se refere a uma visão de mundo, uma forma de descrever um domínio, seus objetos e as relações existentes entre tais objetos [Cimiano et al. 2014].

As ontologias possuem algumas propriedades essenciais: ontologias descrevem um domínio específico; a utilização dos termos deve ser consistente; os conceitos e relações devem ser definidos sem ambiguidades em uma linguagem formal; as relações entre os conceitos determinam a estrutura da ontologia; ontologias podem ser compreendidas e processadas por computadores [Freitas 2017]. A partir destes conceitos foi desenvolvida a *Road Junction Objects Ontology*, demonstrada na figura 1, que visa representar os objetos presentes em um ambiente de trânsito, extraídos a partir das regras do Código de Trânsito Brasileiro [BRASIL 1997].

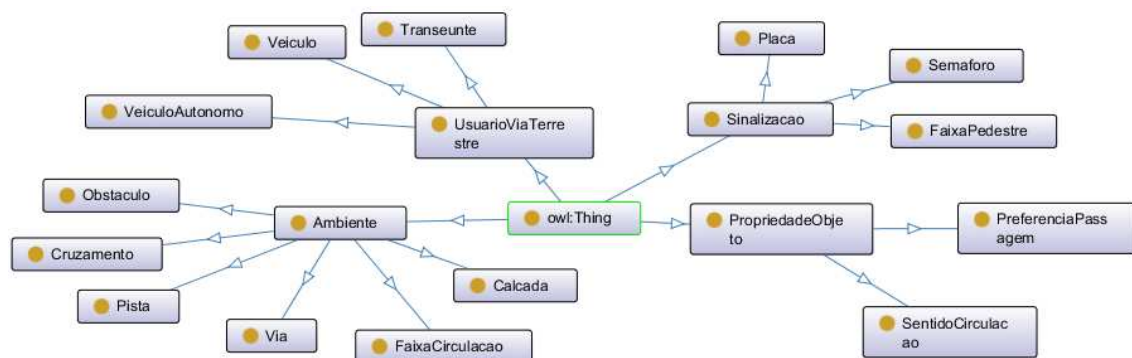


Figura 1. Road Junction Objects Ontology

Road Junction Objects Ontology: Ontologia que representa os objetos presentes no ambiente de trânsito de acordo com um fragmento de regras do Código de Trânsito Brasileiro.

UsuarioViaTerrestre: Os usuários presentes no ambiente.

Transeunte: Usuário das vias terrestres que não utiliza um veículo, e deve circular prioritariamente nas calçadas.

Veiculo: Um meio de transporte destinado à locomoção de passageiros ou cargas, com alguma forma de propulsão, controlado por um ser humano e que circula nas vias terrestres.

VeiculoAutonomo: Um meio de transporte destinado à locomoção de passageiros ou cargas, com alguma forma de propulsão, controlado por um sistema autônomo e inteligente, que pode eventualmente contar com a intervenção de um humano e que circula nas vias terrestres.

Ambiente: O local onde os usuários do trânsito estão presentes.

Via: Superfície por onde transitam todos os usuários das vias terrestres, compreendendo a pista, a calçada e outros espaços de circulação.

Cruzamento: Interseção entre duas vias.

FaixaCirculacao: As subdivisões longitudinais de uma pista que delimitam o espaço de circulação dos veículos.

Calçada: Parte da via reservada ao trânsito de pedestres. Obstáculo: Objeto que interfere na circulação do trânsito, como um pedestre atravessando a via.

Obstáculo: Objeto que interfere na circulação do trânsito, como um pedestre atravessando a via.

Pista: Parte da via destinada a circulação de veículos.

Sinalização: Objetos que ordenam ou dirigem como proceder no ambiente.

FaixaPedestre: Espaço destinado ao cruzamento da via por parte dos pedestres, demarcado por faixas no solo.

Placa: Objeto que informa os usuários sobre normas de circulação ou condições do ambiente.

Semaforo: Objeto de sinalização luminosa, que indica a prioridade de passagem no local.

PropriedadeObjeto: Características de um objeto que influenciam na interação do VA com o ambiente.

SentidoCirculacao: Propriedade que indica a direção que os usuários devem circular em uma via ou faixa de circulação.

PreferenciaPassagem: Propriedade referente a preferência de passagem em determinado ambiente.

Ao utilizar representações das regras, é possível desenvolver outras ontologias, similares a apresentada neste trabalho, que englobem as regras de trânsito de outros locais, como por exemplo, as regras de trânsito do Reino Unido. Desta forma, um VA (modelado como um agente inteligente) poderia ser capaz de se movimentar em diferentes jurisdições, alterando o conjunto de regras de trânsito que considera em seu planejamento de ações, visando a mobilidade da utilização desta tecnologia.

4. Considerações Finais

Este trabalho visa obter conclusões referentes a questões presentes na literatura de VA's, como aquelas levantadas por Prakken [Prakken 2017] e Vellinga [Vellinga 2017]: quais meios podem ser utilizados para a representação das regras de trânsito para o contexto de um VA; quais são as limitações de um VA no que se refere a compreensão e execução das regras de trânsito; e quais mudanças podem ser necessárias na legislação de trânsito para a adequação do uso de VA's.

Este artigo se propôs a demonstrar uma ontologia que representa os objetos presentes em um ambiente de trânsito, extraídos do Código de Trânsito Brasileiro, para o contexto de um agente modelado como um veículo autônomo. Como foi apresentado anteriormente, os veículos autônomos serão uma grande revolução tecnológica, mas ainda existem algumas barreiras que impedem a implantação dessa tecnologia, entre elas a dificuldade de garantir que um VA compreenda e obedeça à legislação de trânsito do local que trafega.

A ontologia apresentada neste trabalho ainda é uma fração do trabalho planejado, que visa desenvolver uma representação de conhecimento, que englobe objetos e regras de trânsito, e possa ser utilizada por um VA. A proposta de utilizar representações das regras de trânsito para adaptar estas leis a um contexto utilizável para um VA também é demonstrada em Alves et. al [Alves et al. 2018], onde um conjunto de regras de trânsito do Reino Unido é representado utilizando uma linguagem formal com operadores LTL

(*Linear Temporal Logic*), sendo ainda discutida a seguinte questão: como fazer para que um VA possa transitar entre diferentes países, de forma que possa facilmente reconhecer as diferentes legislações de trânsito em vigor nestes países?

Como trabalho futuro, pretende-se justamente agregar os resultados deste artigo e do trabalho supracitado, para assim expandir a Road Junction Objects Ontology. Nesta expansão a ontologia terá as regras de trânsito do Brasil e do Reino Unido. Além disso, a formalização das regras em LTL poderá beneficiar-se da representação dos objetos. Será então implementado um agente racional modelado como um VA, utilizando a linguagem de programação de agentes *Gwendolen* [Dennis 2017]. Após o desenvolvimento das representações de conhecimento e do agente, será possível realizar a verificação formal do comportamento do VA em relação às regras de trânsito, através da ferramenta AJPF (*Agent Java Pathfinder*) [Dennis et al. 2012].

Referências

- Alves, G. V., Dennis, L., and Fisher, M. (2018). Formalisation of the rules of the road for embedding into an autonomous vehicle agent. *International Workshop on Verification and Validation of Autonomous Systems*.
- BRASIL, D. (1997). Código brasileiro de trânsito. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9503.htm.
- Cimiano, P., Unger, C., and McCrae, J. (2014). Ontology-based interpretation of natural language. *Synthesis Lectures on Human Language Technologies*, 7(2):1–178.
- Dennis, L. A. (2017). Gwendolen Semantics: 2017. Technical Report ULCS-17-001, University of Liverpool, Department of Computer Science.
- Dennis, L. A., Fisher, M., Webster, M. P., and Bordini, R. H. (2012). Model checking agent programming languages. *Automated Software Engineering*, 19(1):5–63.
- Freitas, A. L. S. d. C. (2017). Model-driven engineering of multi-agent systems based on ontology.
- Gomes, L. (2014). Hidden obstacles for google’s self-driving cars. *MIT Technology Review*.
- Herrmann, A., Brenner, W., and Stadler, R. (2018). *Autonomous driving: how the driverless revolution will change the world*. Emerald Publishing, Bingley North America Japan India Malaysia China, first edition. OCLC: 1031123857.
- Prakken, H. (2017). On the problem of making autonomous vehicles conform to traffic law. *Artificial Intelligence and Law*, 25(3):341–363.
- Silberg, G., Wallace, R., Matuszak, G., Plessers, J., Brower, C., and Subramanian, D. (2012). Self-driving cars: The next revolution. *White paper, KPMG LLP & Center of Automotive Research*, page 36.
- Vellinga, N. E. (2017). From the testing to the deployment of self-driving cars: legal challenges to policymakers on the road ahead. *Computer Law & Security Review*, 33(6):847–863.
- Wooldridge, M. and Jennings, N. R. (1995). Intelligent agents: Theory and practice. *The knowledge engineering review*, 10(2):115–152.