

# Navegação Social Humano-robô

Bolsista Murillo Rehder Batista (CTI) mbatista@cti.gov.br

## Resumo

*O oferecimento da capacidade de locomoção eficiente a um robô social permite que ele realize tarefas que não são possíveis para um robô social estático, como deslocamento para novos lugares, busca por indivíduos ou objetos, abordagem de pessoas e acompanhamento. Este documento relata as atividades desenvolvidas no período de Julho de 2019 a Julho de 2020 pelo bolsista Murillo Rehder Batista, com foco em navegação socialmente aceitável de robôs móveis.*

*Palavras-chave: Robótica Móvel, Navegação Socialmente Aceitável, Proxêmica.*

## 1. Introdução

Neste artigo, será descrito o que foi feito pelo bolsista durante o primeiro ano de atuação. As seguintes atividades foram indicadas para término previsto para este período:

- A1 – Levantamento e seleção de trabalhos relacionados à navegação social;
- A2 – Definição de estratégia de desenvolvimento e infraestrutura;
- A3 – Levantamento e definição do conjunto sensorial para detecção de pessoas.

Além destas atividades, foi realizada outra tarefa prevista para os anos seguintes:

- A5 – Introdução de capacidades de navegação ao robô Pioneer do CTI.

Nas Seções seguintes, será apresentado o que foi feito em relação a cada uma destas atividades.

## 2. Levantamento e seleção de trabalhos relacionados à navegação social

Foi realizado um levantamento de trabalhos que lidam com navegação social desde 2015. Nesta Seção, um resumo do que foi apresentado é mostrado.

O trabalho de Vega et. al. utiliza um método de planejamento de caminhos para robôs clássico na literatura, conhecido como Probabilistic RoadMap (PRM), em combinação com o método de navegação de banda elástica, que torna a trajetória mais suave e gerencia o desvio de obstáculos; o aspecto social é considerado na consideração de pessoas e potenciais objetos de interação como geradores de espaços em que o robô deve evitar realizar sua travessia (VEGA et. al., 2019).

A modelagem de espaços pessoais é feita através de Funções Gaussianas Assimétricas (FGAs); a região que deve ser considerada como obstáculo pelo robô é uma curva da FGA. Para a consideração de um grupo de pessoas, utiliza-se uma comparação do valor da soma das FGAs de todos os indivíduos presentes no ambiente com um limiar calculado para cada pessoa a partir dos seus próprios vizinhos.

O comportamento de abordagem de pessoas é importante para iniciar uma interação explícita com uma pessoa, não necessariamente com intenções amigáveis. Um trabalho que trata de um robô em um ambiente público mas não recorre ao Wizard of Oz para a realização dos experimentos e que mostra um caso de uso do modo de navegação como comunicação não-verbal é o de Mizumaru et. al.: nele, testam-se duas técnicas para abordagem de pessoas, sendo uma um comportamento “amigável” de abordagem e a outra visando advertir uma pessoa que esteja fazendo alguma coisa errada; ambas foram inspiradas em observações de deslocamento de um guarda realizando ambos os comportamentos (MIZUMARU et. al., 2019).

Um outro exemplo de trabalho que utiliza Funções Gaussianas Assimétricas para tratar de espaços pessoais considerando navegação socialmente aceitável de robôs é o apresentado por (BATISTA et. al., 2019). Apesar do enfoque do trabalho ser em formação de sistemas multirrobóticos navegando com um indivíduo, é apresentado um exemplo de como uma FGA pode ser utilizada em um comportamento de navegação de um robô ao lado de uma pessoa.

A abordagem de navegação lado-a-lado proposta utilizando o conceito de espaço pessoal modelado por FGA pressupõe que dois robôs navegarão ao lado da pessoa; um à sua esquerda e um à sua direita. A escolha de lado é dependente de uma escolha feita a cada iteração que considera a posição relativa dos robôs em relação à pessoa, dando prioridade de lado ao robô que estiver mais à frente da pessoa. Caso um único robô esteja navegando com a pessoa, o mesmo escolhe o lado que lhe for mais conveniente; é simples, portanto, determinar que o robô acompanhará à esquerda ou à direita da pessoa.

O trabalho de (MEAD et. al., 2017) abordou o problema de fazer um robô andar com uma pessoa de modo que sua posição relativa à pessoa otimize o envio e a recepção de sons e gestos. Tanto a pose relativa como a recepção e envio de informações sensoriais são modelados por uma rede Bayesiana.

A determinação da posição meta do robô em relação à pessoa é dada pelo cálculo da saída sensorial estimada de várias posições distintas obtidas por amostragem. A partir do momento em que o robô sabe sua meta, ele precisa saber como chegar até tal posição. Foram propostas duas estratégias: uma puramente reativa, que tenta simplesmente minimizar a diferença linear e angular da pose relativa do robô, e uma que visa realizar uma trajetória em que o potencial de interação seja maior, ou seja, que maximize a recepção sensorial de voz e gestos. Esta segunda estratégia também recebeu uma versão em que há uma ponderação por um peso que é recalculado durante a trajetória.

O trabalho de (GINÉS et. al., 2019) descreve uma estratégia de navegação social que, assim como a de (VEGA et. al., 2019), utiliza métodos tradicionais de navegação a partir de um mapa que considera como obstáculos regiões sociais, mas não aborda grupos de pessoas nem espaços gerados pela interação entre pessoas e objetos.

Uma diferença importante, entretanto, está no reconhecimento de emoções das pessoas e consequente integração no cálculo das regiões sociais. Quanto melhor o humor identificado pelo algoritmo de reconhecimento de expressões faciais, menor é o círculo que representa a região a ser evitada de fato pelo robô.

Pérez-Higueras et. al. optaram por combinar o algoritmo RRT\* (apesar de funcionar com outros algoritmos de planejamento de trajetória) com um método de aprendizado por reforço inverso (PÉREZ-HIGUERAS, 2018). A ideia do método é aplicar o aprendizado por reforço inverso, que realiza um aprendizado através de demonstrações dadas por um especialista, em uma RRT\* ao invés de um Processo de Decisão de Markov, o que trabalharia com o espaço de navegação, contínuo, de forma mais eficiente.

O método é comparado com outras duas estratégias de aprendizado por demonstração. Uma métrica interessante para comparação de dissimilaridade entre trajetórias é apresentada no trabalho, chamada Soma de Riemann; é feita uma soma de diferenças entre intervalos discretos de uma trajetória e o ponto mais próximo da outra trajetória. Métricas como a distância média robô-pessoa, invasões de espaço pessoal e soma de mudanças angulares são também utilizadas para avaliar as trajetórias. Concluiu-se que o método proposto foi o mais bem sucedido em aprender as trajetórias ensinadas.

### 3. Definição de estratégia de desenvolvimento e infraestrutura

Nesta Seção, serão descritas as estratégias de navegação e a infraestrutura para a implementação.

A estrutura levantada para a realização de experimentos com robô real é a plataforma robótica ROSANA, da qual o bolsista fez parte de sua elaboração (PAIVA et al., 2020). Ela é mostrada na Figura 1; consiste de uma base móvel Pioneer 3DX, sonares acoplados à base móvel, um sensor laser Hokuyo, um notebook com o *middleware* ROS instalado, um Kinect One, um botão de emergência para parar o robô em casos excepcionais e um monitor que mostra um avatar virtual. Este avatar, até o presente momento, é a assistente virtual ANA, desenvolvida no DISCF. Os módulos se comunicam através de mensagens do ROS.



Figura 1: a plataforma robótica ROSANA

A estratégia para a navegação visa a implementação de um framework de navegação socialmente aceitável em um robô social via Robot Operating System (ROS). A implementação será feita visando um modelo **generalizado**, capaz de lidar com diversos cenários de pessoas no ambiente. Considera-se que este robô possua recursos para comunicação verbal e não-verbal, além de métodos para detecção de pessoas e objetos. Existem dois diferenciais desta pesquisa em comparação ao visto na literatura:

- A elaboração dos métodos centrada não somente nos indivíduos, mas também em seus **focos de interação**, ou seja, a porção do ambiente que estas pessoas estão focando em um determinado momento;

- b. A generalização do problema de navegação social, contemplando abordagem e acompanhamento de pessoas como casos dentro do mesmo framework a partir de funções de custo.

A estrutura fundamental de navegação é uma estratégia de planejamento de trajetória. Para tal, o método deve ser capaz de considerar indivíduos isolados, grupos e pessoas em movimento. Para que a estratégia seja generalizável do ponto de vista de modelagem de espaços, ela irá partir do mesmo meio de modelagem dos espaços pessoais e de grupos que o trabalho de VEGA et. al. (2019), modelando ambos através de Funções Gaussianas Assimétricas (FGAs), que são duas metades de funções Gaussianas em  $R^2$  cujos centros coincidem e que os desvios padrão na direção perpendicular da junção das mesmas sejam diferentes.

Outra contribuição importante é a consideração dos focos de atenção das pessoas, ou seja, a região em que as mesmas estão focadas em um determinado momento. A identificação destes focos de atenção no caso de uma pessoa será relativamente simples, considerando um ponto fixo à sua frente; entretanto, quando se trata de um grupo de pessoas, este centro é uma posição que depende de todo um conjunto; isto leva à necessidade de identificar grupos de pessoas (Figura 2).

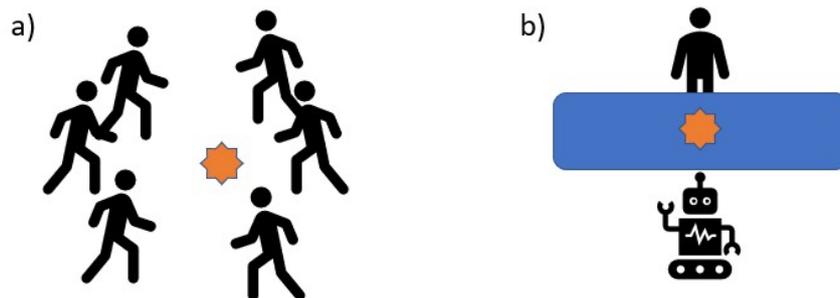


Figura 2: Focos de atenção de a) um grupo de pessoas; b) uma pessoa de frente para uma mesa.

Pretende-se expandir o método de identificação de grupos de pessoas de SILVA e MACHARET (2019), que agrupa segundo uma metodologia baseada em grafos e uma métrica de interação entre duas pessoas, para diferenciar pessoas e grupos em deslocamento. Isto será feito acrescentando parâmetros de velocidade, direção de deslocamento e de previsão de trajetória à métrica anteriormente proposta.

Além de navegar até determinados lugares, pretende-se que o robô seja capaz de abordar pessoas ou grupos de pessoas. Pode-se entender o problema de abordagem como um caso especial da navegação em que um robô deve não apenas atingir uma determinada pose (posição voltado a uma direção específica), mas chegar de maneira que chame a atenção de uma pessoa ou de um grupo de pessoas e estimule a interação; nos instantes finais da abordagem, o robô tipicamente desacelera e inicia mecanismos de comunicação verbal e não verbal.

A proposta para a realização deste comportamento se dá no sentido de determinar uma posição ideal para o robô navegar a partir de uma função de custo. Esta função de custo será calculada ao redor do foco de atenção da pessoa ou do grupo, e irá levar em consideração:

- A distância entre a posição do robô e o foco de atenção;
- O mapa social, determinado pelos espaços pessoais e espaços gerados por grupos de pessoas;
- Os demais obstáculos que possam vir a estar no local.

#### 4. Levantamento e definição do conjunto sensorial para detecção de pessoas

A escolha do conjunto sensorial de pessoas foi feita considerando que o robô deve ser o mais independente possível do ambiente, contando apenas com um servidor que auxilia no processamento de imagens. Para tal, foi escolhido o sensor Kinect One, que captura imagens e é capaz de estimar a distância de objetos dentro de seu campo de visão. Para identificar as pessoas segundo essas imagens, foi utilizado o software OpenPose, que não somente é capaz de identificar de forma robusta pessoas como gera um “esqueleto” de seu corpo. Este esqueleto foi utilizado em um trabalho que teve a participação do bolsista para a estimação da orientação da pessoa, informação importante para tratar a navegação social, especialmente no âmbito de identificação de grupos de pessoas.

#### 5. Introdução de capacidades de navegação ao robô Pioneer do CTI

A atividade de aferir capacidade de navegação ao robô Pioneer, base da plataforma ROSANA, pôde ser realizada dentro do primeiro ano, antes do que era esperado no planejamento. Isto deve-se à facilidade de usos dos diversos pacotes de navegação do ROS.

Para navegar considerando pessoas e os demais obstáculos de navegação, é utilizado um pacote de planejamento de trajetória disponível no ROS denominado *teb\_local\_planner*, que faz um planejamento de trajetória global através do algoritmo A\* e local através do Timed Elastic Band (RÖSMANN et. al., 2012); este pacote é capaz de dar a um robô uma trajetória desviando de obstáculos até que se alcance uma posição e ângulo desejados em  $R^2$ , ou seja, sua pose. A localização e mapeamento também são feitos a partir de uma ferramenta de ROS pré-existente, chamada *Gmapping*.

#### 6. Conclusão e trabalhos futuros

Este artigo apresentou as atividades desenvolvidas pelo bolsista de acordo com o planejamento de seu plano detalhado; as atividades foram conduzidas de forma a planejar como será implementada a estratégia de navegação.

Estão previstas como trabalhos futuros as seguintes atividades:

- A4 – Experimento com as alternativa(s) para detecção de pessoas;
- A6 – Estudos em simulação e práticos de técnicas de navegação social.

#### Referências

BATISTA, Murillo Rehder; MACHARET, Douglas Guimarães; ROMERO, Roseli Aparecida Francelin. Socially Acceptable Navigation of People with Multi-robot Teams. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, p. 1-30, 2019.

GINÉS, Jonatan et al. Social Navigation in a Cognitive Architecture Using Dynamic Proxemic Zones. *Sensors*, v. 19, n. 23, p. 5189, 2019.

MEAD, Ross; MATARIĆ, Maja J. Autonomous human–robot proxemics: socially aware navigation based on interaction potential. **Autonomous Robots**, v. 41, n. 5, p. 1189-1201, 2017.

MIZUMARU, Kazuki et al. Stop Doing it! Approaching Strategy for a Robot to Admonish Pedestrians. In: **14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)**. 2019. p. 449-457.

PAIVAA, Pedro et. al. ROSANA: Robot for Social Interaction in Unstructured Dynamic Environments. In: **Latin American Robotics Conference**. 2020. A ser publicado.

PAIVAB, Pedro et. al. Estimating human body orientation using skeletons and Extreme Gradient Boosting In: **Latin American Robotics Conference**. 2020. A ser publicado.

PÉREZ-HIGUERAS, Noé; CABALLERO, Fernando; MERINO, Luis. Teaching robot navigation behaviors to optimal rrt planners. **International Journal of Social Robotics**, v. 10, n. 2, p. 235-249, 2018.

RÖSMANN, Christoph et al. Trajectory modification considering dynamic constraints of autonomous robots. In: **ROBOTIK 2012; 7th German Conference on Robotics**. VDE, 2012. p. 1-6.

SILVA, Alan DG; MACHARET, Douglas G. Are You With Me? Determining the Association of Individuals and the Collective Social Space. In: **2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)**. IEEE, 2019. p. 313-318.

TROVATO, Gabriele et al. “Olá, my name is Ana”: A study on Brazilians interacting with a receptionist robot. In: **2015 International Conference on Advanced Robotics (ICAR)**. IEEE, 2015. p. 66-71.

VEGA, Araceli et al. Socially aware robot navigation system in human-populated and interactive environments based on an adaptive spatial density function and space affordances. **Pattern Recognition Letters**, v. 118, p. 72-84, 2019.