

APLICAÇÃO DA PLATAFORMA DE SIMULAÇÃO V-REP EM TRABALHOS ACADÊMICOS NO ENSINO DE ENGENHARIA

Caio Victor Elias de Albuquerque – cvea@ecom.poli.br
Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco
Rua Benfica, 455 POLI-UPE
50720-001 – Recife – PE

Clodomir Joaquim de Santana Junior – ecjsj@ecom.poli.br
Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco
Rua Benfica, 455 POLI-UPE
50720-001 – Recife – PE

Sergio Campello Oliveira – scampello@ecom.poli.br
Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco
Rua Benfica, 455 POLI-UPE
50720-001 – Recife – PE

Resumo: *No meio acadêmico, especialmente nas áreas das engenharias, física, dentre outras ciências exatas, estudantes e profissionais enfrentam situações onde a ausência de abordagens mais práticas acaba dificultando o aprendizado, causando desinteresse e até mesmo evasão. Uma forma de tornar o processo de aprendizado mais dinâmico e prático é utilizando ferramentas que permitam demonstrar, por meio de simulações, exemplos de como a teoria funciona na prática. Além disso, ferramentas de simulação também podem ser empregadas para validação de soluções, evitando gastos financeiros com o desenvolvimento protótipos. Este trabalho demonstra a utilização da plataforma de simulação V-REP, que pode ser utilizada para fins de ensino bem como para a modelagem, controle e execução de simulações em trabalhos acadêmicos. Também é apresentado como foi possível utilizar o V-REP para a realização de simulações em uma pesquisa que emprega o algoritmo PSO (Otimização por Enxame de Partículas) a um enxame de robôs terrestres que realizam em conjunto a busca por alvos em um ambiente tridimensional. Durante a busca é simulada a comunicação entre os robôs e é realizado o mapeamento do ambiente. O uso da ferramenta foi integrado a disciplinas e neste artigo é descrito um caso de sucesso durante o desenvolvimento de um Trabalho de Conclusão de Curso.*

Palavras-chave: *V-REP, Simulador, Enxame de Robôs, Trabalhos Acadêmicos*

1. INTRODUÇÃO

A rápida evolução das tecnologias introduzidas no cotidiano, obriga que também evoluam os meios como são conduzidos os estudos em qualquer nível de ensino (Oliveira, Oliveira e Barboza 2010). Uma possibilidade de evolução dessa metodologia de ensino pode decorrer, entre outros fatores, da utilização de ferramentas computacionais como meio de fortalecer o aprendizado dos alunos (Bada, Adewole e Olalekan 2009) (Becker 2001). Cursos de engenharia, computação, física e matemática são exemplos de cursos que possuem natureza teórica e necessitam de ferramentas, como *softwares* de simulação, para tornar o processo de aprendizado mais dinâmico.

Um exemplo de ferramenta possível de ser utilizada para realizar estudos e simulações em diversas aplicações robóticas é a plataforma de simulação V-REP, *Virtual Robot Experimentation Platform*. Ela possui recursos como: *API built-in*, robôs e objetos pré-fabricados, que simplificam sobremaneira o desenvolvimento de simulações utilizando robôs, fazendo da V-REP uma boa opção para a realização de simulações (Coppelia Robotic s.d.).

Neste artigo é apresentado um caso de sucesso com a utilização da plataforma V-REP como base para o desenvolvimento e testes de algoritmos para o controle e comunicação de enxames de robôs realizando ações de busca e mapeamento. O uso da plataforma permite que a física de movimentação seja abstraída, concentrando o desenvolvimento nos aspectos mais relevantes ao ensino das técnicas estudadas em cada disciplina.

Este artigo está organizado da seguinte forma: Na Seção 2, a plataforma de simulação é abordada de forma mais completa. A Seção 3 demonstra como o V-REP foi utilizado em um trabalho acadêmico envolvendo a simulação do comportamento de um enxame de robôs terrestres. E por fim, considerações finais e trabalhos futuros são descritos na Seção 4.

2. A PLATAFORMA V-REP

A princípio foi realizada uma busca por *softwares* similares ao V-REP e foi constatado que esta ferramenta seria a melhor escolha. Dentre programas em código aberto assim como o Gazebo, ARGoS e V-REP, o modelo desenvolvido pela Coppelia Robotics demonstrou ser o modelo mais rebuscado, permitindo uma grande variedade de edições quando se trata na modelação de cenários resultando em simulações mais detalhadas e de boa aparência. Contudo, este *software*, por ser bastante detalhado, no que se trata de execução com vários robôs torna-se limitado uma vez que sua execução fica lenta quando utilizado em computadores de baixa ou média performance (PITONAKOVA s.d.).

Ao contrário do Gazebo e ARGoS, por serem ferramentas mais simples comparadas ao V-REP, esses *softwares* permitem desenvolver uma simulação mais rápida quando trata da utilização de vários robôs. Todavia, o tempo para executar as simulações e a qualidade dos computadores não foram relevantes para que não fosse escolhida uma ferramenta diferente daquela que traria resultados melhores e mais detalhados.

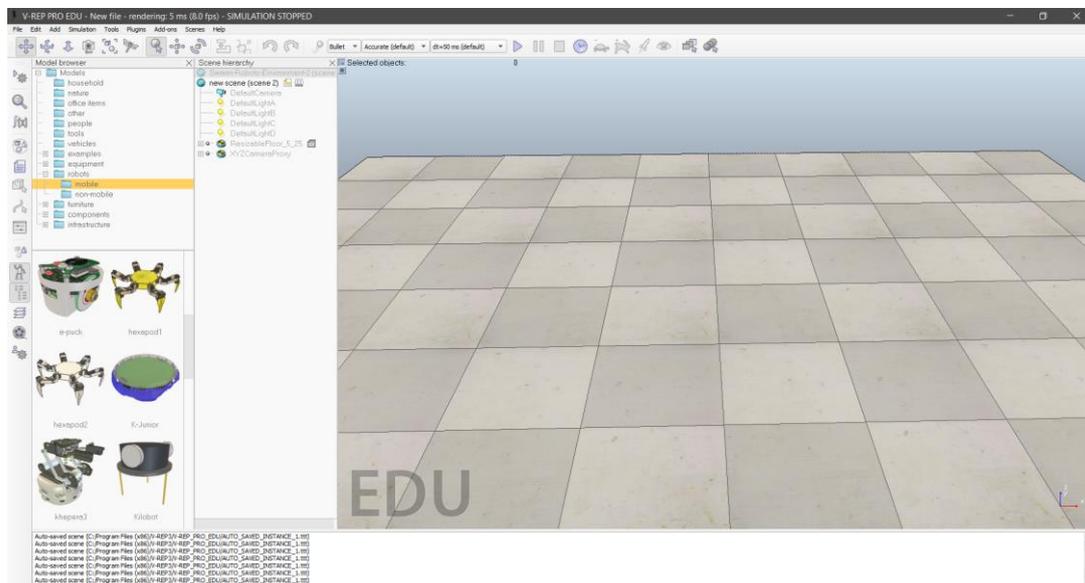
O V-REP é uma plataforma para criar, compor e simular cenários para simulações com robôs. A *Coppelia Robotics*, responsável pela plataforma, disponibiliza quatro versões da plataforma (Rohmer, Singh e Freese 2013):

- V-REP Pro Edu: gratuita e sem limitações. Disponibilizada para fins educacionais.
- V-REP Pro Eval: Versão de avaliação da ferramenta paga. Não é possível salvar as simulações ou modelos criados com essa versão.
- V-REP Pro: Versão destinada para fins comerciais.

- V-REP player: Ferramenta gratuita e de livre distribuição. Possui funcionalidades limitadas, sendo utilizada principalmente para a execução de simulações feitas em outras versões do V-REP.

Ele possui uma API (*Application Programming Interface*) pré-instalada que fornece ferramentas que simplificam os processos de criação, controle e execução de simulação tais como gravação de vídeo, *scripts* de controle personalizáveis e modelos de robôs que podem ser modificados para atender às necessidades do usuário (Freese, et al. 2010). A plataforma ainda conta com um ambiente de desenvolvimento integrado (Figura 1) baseada em uma arquitetura de controle distribuído: cada objeto/modelo pode ser controlado individualmente através de um *script* incorporado, um *plug-in* ou API remota. Essas características tornam o V-REP uma plataforma extremamente versátil.

Figura 1. Interface do V-REP Pro Edu.



Os *scripts* de controle podem ser escritos em C, C ++, Python, Java, Lua, MATLAB, Octave ou Urbi. Essa variedade de linguagens de programação suportadas pela ferramenta facilita e simplifica a integração com outros sistemas (Coppelia Robotic s.d.).

Além dos elementos mencionados anteriormente, o simulador também suporta a simulação de sensores, transmissores, atuadores e objetos pré-definidos, como paredes, mesas, cadeiras, portas, janelas, espelhos, etc. Além disso, o usuário pode definir as propriedades físicas de um elemento e especificar a interação entre os componentes e o ambiente. A ferramenta ainda permite a simulação em ambientes terrestres, aquáticos e aéreos. Neste último caso, ela conta com a possibilidade de simulação de jatos de ar. As simulações podem ser gravadas e salvas em arquivos de vídeo além da possibilidade de salvamento de dados obtidos da simulação.

O V-REP conta com sistema de processamento de imagens embutido e possui dois motores de simulação:

- *Open Dynamics Engine* - ODE: motor de simulação de física de alto nível construído em C/C++. Gratuito, com suporte a diversas figuras geométricas como: esfera, cilindro, caixa, etc. Possui módulo de detecção de colisão (Smith 2004).

- *Bullet*: motor de simulação física de código fonte aberto utilizado em jogos e filmes. Também conta com a detecção de colisão, dinâmica de corpo rígido e não rígido (Boeing e Bräunl 2007).

Os principais usos de V-REP estão relacionados com o desenvolvimento rápido de algoritmos, simulações de automação fabril, prototipagem rápida bem como verificação e ensino de robótica (Freese, et al. 2010). Por todas as razões listadas anteriormente, o V-REP mostrou-se uma ferramenta capaz de suprir a necessidade de profissionais que buscam uma ferramenta que auxilie no processo de ensino, servindo como laboratório virtual. Mas também pode ser utilizado como ferramenta para execução em experimentos em pesquisas acadêmicas.

3. ENXAMES DE ROBÔS

Devido a avanços nas tecnologias de desenvolvimento de sistemas computacionais, bem como a avanços nas áreas de inteligência computacional e robótica, o uso de robôs para realização de tarefas de busca e mapeamento é algo que vem se tornando cada vez mais frequente. Busca por sobreviventes dentro de prédios em chamadas (Marjovi, Marques e Penders 2009), busca por artefatos explosivos nos casos de alerta de bomba (Brusey, et al. 2009), exploração de planetas ou ambientes de difícil acesso (Schenker, et al. 2001), são exemplos de problemas do mundo real em que robôs vem sendo empregados atualmente em atividades de busca e mapeamento.

Uma possível solução para esses problemas é o emprego de grupos ou enxames de robôs que realizam a busca dentro do ambiente. Para os enxames de robôs a coordenação é feita a com base em algoritmos da Inteligência de Enxames. Em outras palavras, a Robótica de Enxames consiste em aplicar os conceitos e princípios da inteligência de enxame para a coordenação de sistemas multi-robôs (Multi-robot systems - MRS) (Khaldi e Cherif 2015).

A expressão Enxame de Robôs, do inglês Swarm Robotics (SR), pode ser descrita como a aplicação dos conceitos de inteligência de enxames em um grupo de robôs (Sharkey and Sharkey 2006). A ideia principal por trás da inteligência do enxame é a coletividade. Em um enxame, o conhecimento emerge do comportamento social dos elementos dentro da comunidade. A natureza é de onde os pesquisadores frequentemente se inspiram. Por exemplo, a Otimização de Colônia de Formigas (ACO) (Dorigo 1996) foi inspirada no comportamento de formigas em busca de comida, Otimização de Enxame de Partículas (PSO) (Kennedy e Eberhart 1995) se inspiram no comportamento de aves e no comportamento de cardumes de peixe, e o algoritmo Cuckoo Search (CS) (Xin-She e Suash 2009) que foi inspirado por algumas espécies de cuco que tem um comportamento de parasitismo obrigatório.

Um enxame é composto por muitos indivíduos, ou agentes, cada um desses indivíduos executa uma tarefa simples e em conjunto com os outros integrantes do enxame, trabalham afim de alcançar um objetivo. Os indivíduos são relativamente homogêneos e o mecanismo de locomoção geralmente depende da comunicação com outros agentes (caso do PSO) ou pelo meio ambiente (caso ACO).

De acordo com as prerrogativas dos enxames de robôs, o enxame necessita atuar sob a influência de três propriedades básicas que provem de grupos da natureza:

1. Robustez - o enxame tem capacidade de continuar operando apesar de qualquer perturbação, como uma irregularidade ou mudança do ambiente ou um comportamento não esperado por um indivíduo.

2. Flexibilidade - Em outras palavras, cada indivíduo deve ser capaz de executar tarefas de diferentes naturezas controladas por auto comportamentos.
3. Escalabilidade - O enxame tem a capacidade de suportar um grande número de membros sem nenhum problema significativo e ser capaz de operar com um número variável de agentes.

A subseção seguinte explica como o enxame foi controlado (subseção A)

A. OTIMIZAÇÃO POR ENXAME DE PARTÍCULAS (PSO)

No PSO, cada partícula (agente) calcula seu próximo movimento com base na melhor posição que encontrou e na melhor posição encontrada pelos seus vizinhos. Dependendo da topologia, o conjunto de vizinhos pode ser definido como uma partícula, as partículas mais próximas, um grupo específico de partículas, etc. O protocolo de comunicação é uma parte importante do algoritmo, pois afetará diretamente a velocidade de convergência do enxame.

O PSO passou por muitas mudanças desde sua introdução em 1995. Como os pesquisadores aprenderam sobre a técnica, eles derivaram novas versões, desenvolveram novas aplicações e publicaram estudos teóricos dos efeitos dos vários parâmetros e aspectos do algoritmo (Poli, Kennedy e Blackwell 2007).

As partículas de PSO têm os seguintes atributos:

- \vec{x} (posição atual) – um vetor com η elementos, um para cada dimensão do problema, para indicar a posição atual da partícula no cenário;
- \vec{v} (velocidade) – um vetor com a mesma dimensão do vetor de posição, determinando a direção do movimento da partícula;
- Pbest (“previous best”) – Se trata da melhor posição já encontrada pela partícula;
- Gbest (“global best”) – Se trata da melhor posição já encontrada pelo enxame. Ou seja, é o melhor “Pbest” já encontrado;
- Fitness – valor que qualifica a partícula.

O pseudocódigo abaixo mostra o fluxo de execução do PSO.

```
1 inicio
2   t = 0;
3   inicializa partículas P(t);
4   avaliar partículas P(t);
5   enquanto (condição de parada
6     não satisfeita)
7     inicio
8       t = t + 1;
9       atualizar pesos
10      selecionar pBest para cada partícula
11      selecionar gBest de P(t-1);
12      calcular velocidade da partícula P(t);
13      atualizar posição da partícula P(t);
14      avaliar partículas P(t);
15 fim
```

Figure 1. PSO pseudocódigo

A posição \vec{x} de cada partícula é alterada adicionando o vetor velocidade com o objetivo de escolher uma nova posição melhor. A velocidade e as posições são constantemente alteradas com base no Pbest e no Gbest. A equação para controlar a velocidade é a seguinte:

$$v_{i,d} = \omega v_{i,d} + (r_1 c_1)(Pbest_{i,d} - x_{i,d}) + (r_2 c_2)(Gbest_{i,d} - x_{i,d})$$

$$x_{i,d} = x_{i,d} + v_{i,d}$$

Onde $v_{i,d}$ é a velocidade da partícula ‘i’ na dimensão ‘d’, $x_{i,d}$ é a posição da partícula ‘i’ na dimensão ‘d’, c_1 é o componente cognitivo que determina o quanto “Pbest” influencia a velocidade da partícula, c_2 é o componente social que determina a influência relativa do “Gbest” na computação da velocidade da partícula. Também foram adicionados os componentes aleatórios r_1 e r_2 com valores entre 0 e 1, para manter a característica contínua em PSO. Outro componente presente na equação de velocidade é o peso de inércia, ω . O conceito de peso de inércia foi desenvolvido para melhor controlar os movimentos de exploração e exploração. A motivação era poder eliminar a necessidade de Vmax (velocidade máxima). A inclusão de um peso de inércia no algoritmo de otimização de enxame de partículas foi relatada pela primeira vez (Eberhart e Shi 2007). A função *fitness* usada é a distância euclidiana, em centímetros, entre o alvo mais próximo e a partícula.

4. V-REP APLICADO À SIMULAÇÃO DE ENXAME DE ROBÔS TERRESTRES

Devido a avanços nas tecnologias de desenvolvimento de sistemas computacionais, bem como a avanços nas áreas de inteligência computacional e robótica, o uso de robôs para realização de tarefas de busca e mapeamento é algo que vem se tornando cada vez mais frequente. Busca por sobreviventes dentro de prédios em chamas (Marjovi, Marques e Penders 2009), busca por artefatos explosivos nos casos de alerta de bomba (Brusey, et al. 2009), exploração de planetas ou ambientes de difícil acesso (Schenker, et al. 2001), são exemplos de problemas do mundo real em que robôs vem sendo empregados atualmente em atividades de busca e mapeamento.

Uma possível solução para esses problemas é o emprego de grupos ou enxames de robôs que realizam a busca dentro do ambiente. Para os enxames de robôs a coordenação é feita a com base em algoritmos da Inteligência de Enxames. Em outras palavras, a Robótica de Enxames consiste em aplicar os conceitos e princípios da inteligência de enxame para a coordenação de sistemas multi-robôs (Multi-robot systems - MRS) (Khaldi e Cherif 2015).

Dentro dessa linha de pesquisa, foi realizado um estudo para verificar o desempenho do algoritmo de enxames PSO aplicado à coordenação de enxame de robôs terrestres autônomos. Os robôs possuem o objetivo de percorrer um ambiente desconhecido em busca de alvos fixos, cobrindo a maior área possível. Nesse estudo, como a função fitness escolhida calculava a distância euclidiana entre o enxame e o alvo mais próximo, pode-se interpretar que o enxame já tinha conhecimento da posição dos alvos, e além disso, quando uma partícula se posicionava próximo o suficiente de um alvo a movimentação do robô era encerrada, mantendo a partícula estática. Para esse contexto, o V-REP foi adotado como ferramenta de modelagem dos cenários e robôs, assim como para a execução e o gerenciamento das simulações.

Utilizando o V-REP foi possível modelar um ambiente tridimensional que pode ser visto na Figura 2. O modelo desenvolvido simula um ambiente de 5 x 5 metros. As paredes possuem 10 centímetros de espessura, 1 metro de altura e comprimento variável, foram introduzidas no ambiente servindo como obstáculos para o enxame. Os alvos são representados por cubos vermelhos com 10 centímetros de aresta.

O V-REP disponibiliza modelos de diversos robôs que são comercializados como o Kilobot (Rubenstein, Ahler e Nagpal 2012) desenvolvido pela Universidade de Harvard, o e-puck (Mondada, et al. 2009) robô desenvolvido para fins educacionais, dentre vários outros robôs fixos e móveis. Para compor o enxame foi utilizado o robô K-Junior (K-Team Corporation 2002), ilustrado na Figura 3.

O V-REP permite a criação de *scripts* de controle que podem ser associados a elementos da simulação. Neste trabalho, uma versão adaptada do PSO foi desenvolvida em Lua e associada aos robôs do enxame.

Figura 2. Ambiente desenvolvido no V-REP.

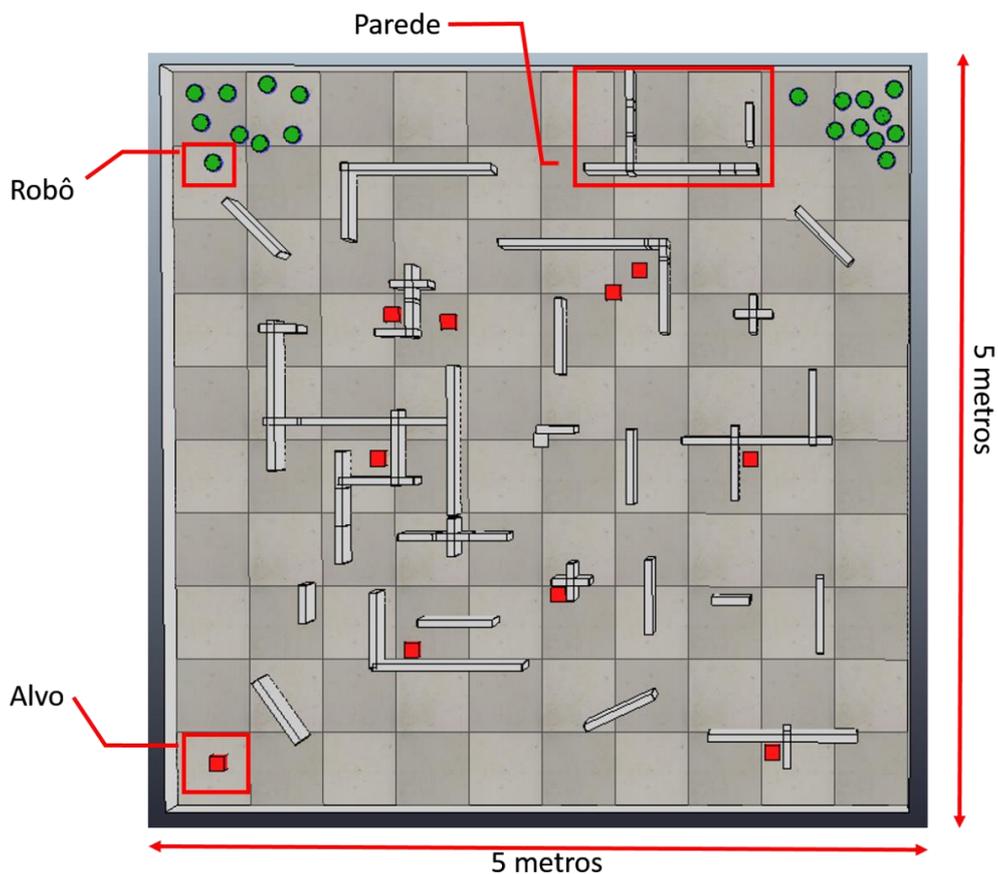
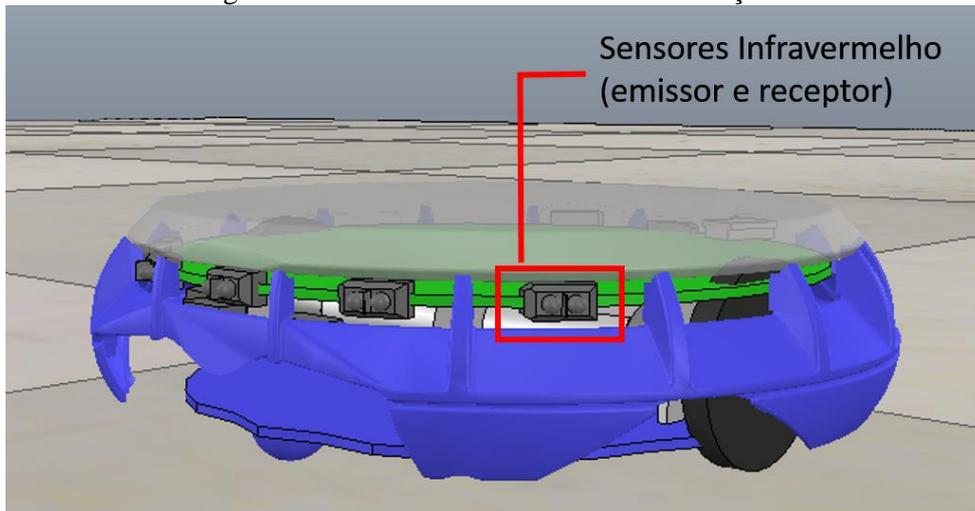


Figura 3. Robô K-Junior utilizado nas simulações.



Os experimentos consistiram em executar 30 simulações para cada cenário de teste, onde cada cenário é uma combinação entre um número de robôs (1, 5, 10, 15 ou 20) e um número de alvos (1, 2, 4, 6, 8 ou 10). Definiu-se o número máximo de alvos como sendo 10, para se obter uma melhor distribuição de alvos pelo ambiente, sendo esses inicializados nas posições para todas as execuções. Já o número máximo de robôs, foi determinado como 20 robôs para limitar o número de cenários, devido à restrição de tempo.

Para simplificar o gerenciamento dos experimentos, foi desenvolvida no V-REP uma interface de controle que pode ser vista na Figura 4. Também foi desenvolvido na ferramenta, um script que salva todos os dados resultantes das simulações. Informações como área de cobertura e número de alvos encontrados, são exportadas em um arquivo CSV ao final de cada simulação. De posse das informações resultantes das simulações é possível analisar o desempenho do enxame de modo a evoluir o seu comportamento ajustando os seus parâmetros. Resultados preliminares de simulação são mostrados na Figura 5

Figura 4. Interface do Gerenciamento das Simulações

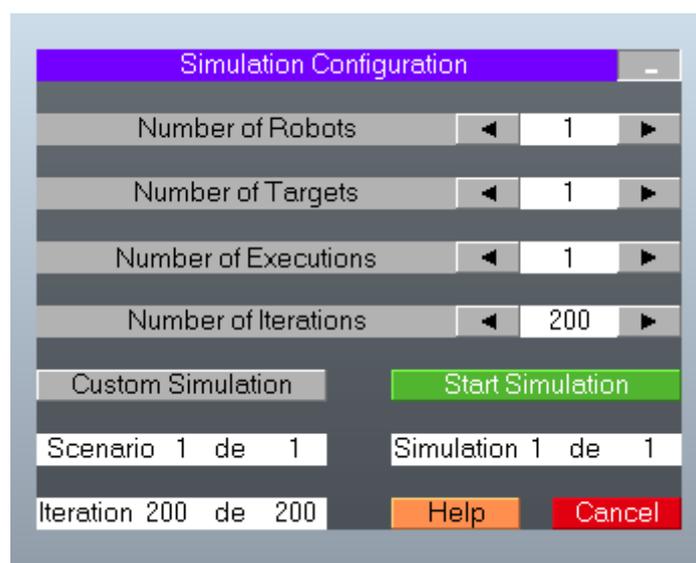
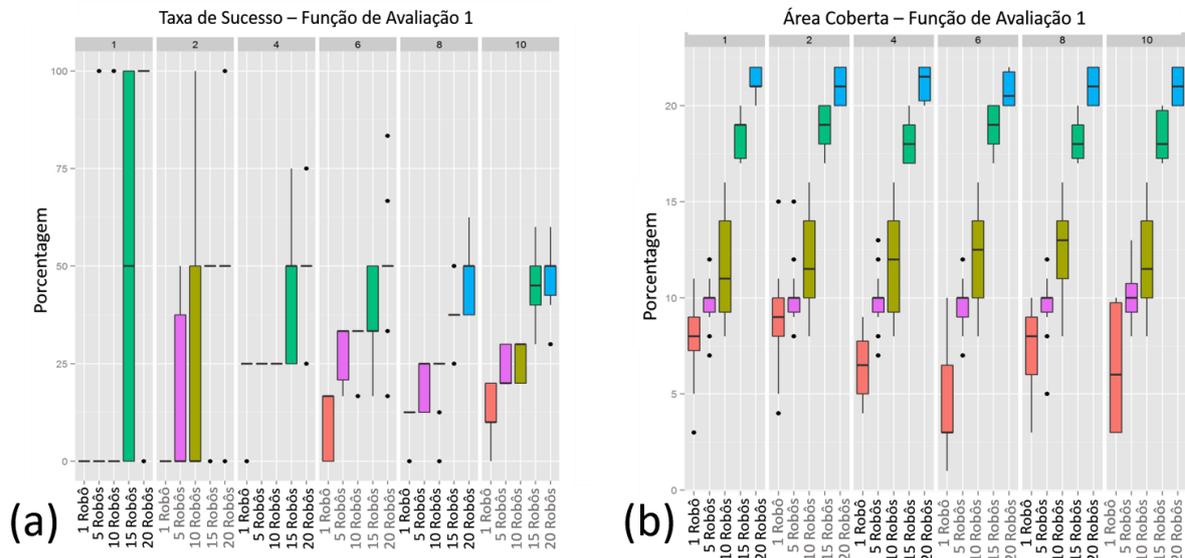


Figura 5. Gráficos (a) taxa de sucesso e (b) área de cobertura gerados a partir dos dados exportados pelo V-REP



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Analisando os resultados obtidos a partir da execução das simulações, foi possível observar que o número de robôs no enxame influencia o desempenho do enxame como um todo de modo que, um número muito baixo de robôs resulta em uma baixa área de cobertura e baixa quantidade de alvos detectados. Por outro lado, enxames muito populosos apresentam problemas de mobilidade, formando pontos de congestionamento nas áreas de acesso ao ambiente e em áreas que simulam corredores. Isso leva a necessidade de investigação de um número ótimo de robôs no enxame que maximize o seu desempenho. Também é preciso investigar se o número (ou faixa) ótimo será dependente do ambiente.

Os experimentos ainda permitiram observar situações em que um robô se distanciava demais do enxame, perdendo a capacidade de comunicação com os demais. Em outros casos, tanto pela ausência de um protocolo mais avançado que permitisse a difusão de informações quanto a escolha da função *fitness*, resultou em partículas se concentrando em alvos que já tinham sido descobertos previamente.

De maneira geral, as simulações realizadas foram bem-sucedidas, os resultados obtidos foram satisfatórios e as análises feitas permitiram verificar a viabilidade do emprego do PSO aplicado a coordenação de robôs para a realização de busca por alvos fixos em cenários desconhecidos.

A plataforma V-REP foi fundamental para a realização do trabalho, sendo utilizada para: a modelagem do cenário e dos robôs, controle das simulações e dos elementos do cenário, assim como a geração de dados que permitiram a análise de desempenho.

Como trabalho futuro, propõe-se a utilização da plataforma V-REP como laboratório virtual para ensino de robótica. Além disso, também seria recomendável realizar um estudo comparando o R-VEP com outras ferramentas similares assim como o Gazebo e ARGoS. Dessa forma, faz-se necessária a alteração na escolha da função *fitness* afim de simular um ambiente em que a localização dos alvos seja desconhecida e quando uma partícula encontrar um alvo, uma vez que são fixos, não necessita a permanência de um ou mais agentes próximo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- K-Team Corporation. *k-team.com*. 2002. <http://www.k-team.com/mobile-robotics-products/k-junior> (accessed Junho 09, 2016).
- Bada, Tayo, Ajibade Adewole, and Ojedokun Olalekan. "Uses of computer and its relevance to teaching and learning in Nigerian educational system." Setembro 22, 2009.
- Becker, Henry Jay. "How Are Teachers Using Computers in Instruction?" *Meetings of the American Educational Research Association*. Irvine, 2001.
- Boeing, Adrian, and Thomas Bräunl. "Evaluation of real-time physics simulation systems." *5th international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australia and Southeast Asia*, 2007: 281-288.
- Brusey, James, Ramona Rednic, Elena Gaura, John Kemp, and Nigel Poole. "Postural activity monitoring for increasing safety in bomb disposal missions." *Measurement Science and Technology* 20 (Junho 2009).
- Coppelia Robotic. *coppeliarobotic*. n.d. <http://coppeliarobotics.com/> (accessed Maio 21, 2016).
- Dorigo, Marco. "Ant system: optimization by a colony of cooperating agents." *IEEE Transactions on Cybernetics* 26, no. 1 (1996): 29-41.
- Eberhart, Russel, and Yuhui Shi. *Computational Intelligence*. Burlington: Elsevier Inc, 2007.
- Freese, Marc, Surya Singh, Fumio Ozaki, and Nobuto Matsuhira. "Virtual Robot Experimentation Platform V-REP: A Versatile 3D Robot Simulator." *Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots*, Novembro 2010: 51-62.
- Kennedy, J, and R Eberhart. "Particle Swarm Optimization." *IEEE International Conference on Neural Networks* 4 (1995): 1942-1948.
- Khalidi, Belkacem, and Foudil Cherif. "An Overview of Swarm Robotics: Swarm Intelligence Applied to Multi-robotics." *International Journal of Computer Applications*, Setembro 2015: 31-37.
- Marjovi, Ali, Lino Marques, and Jacques Penders. "Guardians Robot Swarm Exploration and Firefighter Assistance." *Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. St Louis, 2009.
- Mondada, Francesco, et al. "The e-puck, a Robot Designed for Education in Engineering." *9th Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions*. Castelo Branco: Instituto Politécnico de Castelo Branco, 2009. 59-65.
- Oliveira, Mercio Andrade, Sergio Campello Oliveira, and Michele Santana Barboza. "CONFECÇÃO DE KITS DE TREINAMENTO MONTADOS A PARTIR DE EQUIPAMENTOS OBSOLETOS OU DEFEITUOSOS DESCARTADOS." Setembro 2010.

Parker, Lynne E. "Current research in multirobot systems." *Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics*, 2002.

PITONAKOVA, LENKA. *lenkaspacespace*. n.d. <http://lenkaspacespace.net/> (accessed 05 10, 2018).

Poli, Riccardo, James Kennedy, and Tim Blackwell . "Particle swarm optimization: An overview." *Swarm Intell*, 2007.

Rohmer, Eric , Surya Singh , and Marc Freese. "V-REP: a Versatile and Scalable Robot Simulation Framework." *2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* . Tokyo: IEEE, 2013. 1321 - 1326.

Rubenstein , Michael , Christian Ahler, and Radhika Nagpal. "Kilobot: A low cost scalable robot system for collective behaviors." *2012 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, Maio 2012: 3293 - 3298.

Schenker, Paul, et al. "Robotic automation for space: planetary surface exploration, terrain-adaptive mobility, and multi-robot cooperative tasks." *Intelligent Robots and Computer Vision XX: Algorithms, Techniques, and Active Vision*. Boston, 2001.

Sharkey, Amanda J. C., and Noel Sharkey. "The Application of Swarm Intelligence to Collective Robots." *Advances in Applied Artificial Intelligence*, 2006.

Smith, Russell . "OPEN DYNAMICS ENGINE V0.5 USER GUIDE." 2004.

Xin-She, Yang, and Deb Suash. "Cuckoo Search via Levy Flights." *Proc. of World Congress on Nature \& Biologically Inspired Computing*, 2009: 210-214.

V-REP SIMULATION PLATFORM APLIED TO ACADEMIC STUDIES IN ENGINEERING TEACHING

Abstract: *In academia, especially in the areas like engineering, physics and nature sciences, students and professionals face situations where the absence of more practical approaches led to hindering learning. It causes disinterest and even students evasion in these courses. One way to turn the learning process more dynamic and practical is using tools to demonstrate, through simulations, examples of how the theory works in practice. Moreover, simulation tools can also be used for validating solutions avoiding financial expenses with prototype developments. This work demonstrates how the V-REP simulation platform can be used for educational purposes as well as for modeling, controlling and simulation executing in academic studies. It is also presented the use of the platform to perform simulations for a study that employs the Particle Optimization Swarm algorithm on a robot swarm used to search for targets in a three dimensional environment. During the search it is also simulated the communication between robots and the environment mapping is realized. The use of the simulating tool was integrated to disciplines and in this paper it is described a successful case of use during the graduation final paper.*

Key-words: *V-REP, Simulator, Robot Swarm, Academic Studies*

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

Avaliação Final (para o presidente da banca)*

No dia 8 de maio de 2018, às 16:00 horas, reuniu-se para deliberar a defesa da monografia de conclusão de curso do discente **CAIO VICTOR ELIAS DE ALBUQUERQUE**, orientado pelo professor **Sérgio Campello Oliveira**, sob título **APLICAÇÃO DA PLATAFORMA DE SIMULAÇÃO V-REP EM TRABALHOS ACADÊMICOS NO ENSINO DE ENGENHARIA**, a banca composta pelos professores:

Emmanuel Andrade de Barros Santos

Sérgio Campello Oliveira

Após a apresentação da monografia e discussão entre os membros da Banca, a mesma foi considerada:

Aprovada Aprovada com Restrições* Reprovada

e foi-lhe atribuída nota: 9,5 (nove e meio.)

*(Obrigatório o preenchimento do campo abaixo com comentários para o autor)

O discente terá 07 dias para entrega da versão final da monografia a contar da data deste documento.


EMMANUEL ANDRADE DE BARROS SANTOS


SÉRGIO CAMPELLO OLIVEIRA

Autorização de publicação de PFC

Eu, **CAIO VICTOR ELIAS DE ALBUQUERQUE**, autor do projeto de final de curso intitulado: **APLICAÇÃO DA PLATAFORMA DE SIMULAÇÃO V-REP EM TRABALHOS ACADÊMICOS NO ENSINO DE ENGENHARIA**, autorizo a publicação de seu conteúdo na internet nos portais da Escola Politécnica de Pernambuco e Universidade de Pernambuco.

O conteúdo do projeto de final de curso é de responsabilidade do autor.

Caio Albuquerque
Assinatura do Discente

13/05/2018
Data

Assinatura do(a) Orientador(a)

Data

Assinatura do(a) Professor de TCC

Data