

## APLICAÇÃO DO MODELO DE ESPAÇO DE HABILIDADES PARA CONTEÚDO DE TAREFAS ROBÓTICAS

**Cleber A. de Azevedo** – cleber.lestat2@gmail.com

**Marcelo da S. Hounsell**– marcelo@joinville.udesc.br

**Avanilde Kemczinski** – avanilde@joinville.udesc.br

**Roberto S. U. Rosso Jr.** – rosso@joinville.udesc.br

**André B. Leal** – leal@joinville.udesc.br

UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina

Campus Universitário “Prof. Avelino Marcante” S/N, Bairro: Bom Retiro

CEP 89223-100 – Joinville – SC

**Resumo:** *O Modelo de Espaço de Habilidades (MEH) é uma metodologia de representação de conteúdos educacionais para estruturá-lo de forma a facilitar uma exploração flexível e autônoma por parte do aprendiz. O MEH é apropriado para conteúdos técnicos onde se percebe a ortogonalidade de certos conceitos (tipificado pela possibilidade de ser ensinado em ordem indistinta mas, de conteúdos inter-relacionados). Este trabalho objetiva mostrar como o conteúdo da robótica fixa articulada pode ser descrito através de Tarefas Robóticas, organizadas em um MEH específico. Tarefas Robóticas representam o foco do uso de robôs para solução de problemas efetivos. Para a obtenção do MEH de Tarefas Robóticas, utilizou-se de uma metodologia interativa que proporcionou o refinamento e adequação do modelo para uma estrutura de curso prática e viável. Tomou-se como base um questionário aplicado a especialistas da área para se obter os elementos constituintes do conteúdo. O artigo apresenta o levantamento feito com os especialistas e os passos da metodologia para se chegar a um MEH-viável. O modelo enfatiza as habilidades necessárias para a solução de tarefas robóticas nas dimensões de “manipulação de objetos” e “caminhos” a serem traçados pelo braço robótico. As habilidades foram divididas em graus de dificuldade gerando uma matriz de pré-requisitos de 16 elementos que incluem análises como o do posicionamento da garra em relação ao objeto para a preensão e para movimentação, formato e suavidade do caminho e eventuais restrições do caminho, dentre outras.*

**Palavras-chave:** *Representação de conteúdo educacional, Modelo de espaço de habilidades, Programação, Robótica, Robôs articulados.*

### 1 INTRODUÇÃO

Com a robótica se tornando cada vez mais presente em aplicações industriais, doméstica e até recreativa, o ensino da robótica precisa ser estruturado de forma a facilitar o processo de ensino-aprendizagem. A robótica envolve desde conceitos anatômicos/construtivos, funcionais, e até físicos. Um robô é definido (SCHILLING, 1990) como um conjunto de peças mecânicas controladas por um software. Pode ser móvel, quando consegue movimentar sua estrutura no ambiente, e fixo, quando está fixado a uma localização física. Robôs são constituídos anatomicamente em juntas (que funcionam como articulações) e elos (que são partes rígidas do robô). A robótica define também: graus de liberdade (DOF – *Degrees Of*

*Freedom*) que determinam os vários tipos de movimentos, elementares e independentes entre si, que o robô consegue realizar. Quanto maior o número de juntas que um robô possuir, maior o número de DOF, mas uma única junta pode ter um número variado de DOF (REDEL & HOUNSELL, 2004); área de trabalho, que é o espaço em que o robô exerce seu trabalho; atuador final, que é a parte do robô que atua no ambiente (CARRARA, 2009) e; ainda, podem ser definidos os tipos de movimentação que o braço robótico tem, dentre outros.

O estudo da movimentação do braço robótico é feito sobretudo, pela sua análise cinemática que não leva em consideração as forças responsáveis pela realização do movimento (TSAI, 1999) preocupando-se apenas com o tempo e as propriedades geométricas de um determinado movimento. A cinemática é dividida em Cinemática Direta (CD) e Cinemática Inversa (CI). A primeira consiste em, partindo-se dos valores dos ângulos de cada uma das juntas de um robô manipulador, determinar a posição e orientação do atuador final em relação a um sistema de coordenadas fixo (SCHILLING, 1990). A forma mais conhecida para resolver o problema da CD é através do algoritmo de Denavit-Hartenberg (ROSÁRIO, 2005). O problema da CI é invertido ao da CD, ou seja, partindo-se da posição e orientação do atuador final em relação a um sistema de coordenadas fixo na base do robô, deve-se determinar os ângulos de cada uma das juntas do mesmo (SCHILLING, 1990). Na CI, cada problema pode gerar várias ou nenhuma solução possível (SPONG & VIDYASAGAR, 1989).

Com um conteúdo tão vasto e detalhado, cujos exemplos acima são apenas uma pequena parte do escopo, passa a ser importante uma estruturação dos conteúdos a fim de organizar e facilitar o Processo de Ensino-Aprendizagem (PEA) desta temática.

Entretanto, são poucas as fontes na literatura que apresentam detalhes sobre a estruturação e representação do conteúdo educacional (RCE) de robótica fixa (- o produto final). As fontes não demonstram como foi estabelecida a construção do ensino de robótica fixa (- o processo) e a maioria das fontes encontradas na literatura que apresentam casos de ensino de robótica, são para ensino de robótica móvel. Observou-se que, até o momento, o conteúdo de robótica fixa nunca foi trabalhado pelo Modelo de Espaço de Habilidade (MEH).

Portanto, este artigo mostrará como o conteúdo de programação de robôs no contexto de robótica fixa pode ser estruturado em tarefas robóticas baseado nos conhecimentos levantados por questionários preenchidos por especialistas da área e representado usando o MEH.

## 2 MODELO DE ESPAÇO DE HABILIDADE

O Modelo de Espaço de Habilidade (MEH) é uma metodologia de representação e estruturação de conteúdo educacional tal como:

- Hierarquia de Tópicos, que usa uma estrutura semelhante a uma árvore invertida e uma forma de herança (RODRIGUEZ & NOBRE, 2002);
- Mapas Conceituais, que usa uma estrutura semelhante a uma árvore dispersa, onde não existe unicidade de elaboração nem existe um padrão quanto à apresentação (MOREIRA & BUCHWEITZ, 1993);
- Mapa de Tópicos, que é uma forma padronizada de intercâmbio de conhecimento, com ênfase na habilidade de rastrear as informações. Sua representação torna-se flexível através de uma divisão em camadas e da utilização dos componentes: Tópico, Associação e Ocorrência (GARRIDO & TRAMULLAS, 2004);
- Grafos Conceituais, que em sua elaboração é necessário formar os conceitos e estabelecer as relações de interatividade entre os mesmos (SOWA, 2004).

Existem outras formas mas o MEH se destaca por ser uma representação que permite uma representação matricial com regras de pré-requisitos embutidos e contempla uma metodologia de criação (PIETRA *et al.*, 2009). Uma das suas principais vantagens é permitir que os aprendizes escolham qual o caminho que querem progredir no curso, sem perder o objetivo que o educador tinha colocado para eles (PIETRA *et al.*, 2009). Por ser uma

metodologia, gerar uma estrutura diferenciada e ter forte relação com conteúdos técnicos, o MEH foi escolhido como técnica de representação do conteúdo educacional da programação de robôs fixos articulados.

Para entender o MEH, é essencial compreender o seguinte (KEMCZINSKI *et al.*, 2005):

- **Dimensões de Habilidades:** São as diversas habilidades (conhecimentos) a serem apreendidas;
- **Dimensões de Habilidades Ortogonais:** A ortogonalidade indica que uma determinada dimensão não tem precedência (prioridade) sobre a outra mas o conhecimento em uma dimensão auxilia no entendimento da outra;
- **Graus de Habilidades:** é a seqüência do conteúdo em cada dimensão de habilidade, de forma que, um grau menor indique conteúdos mais fáceis e elementares e, graus maiores indicam conteúdos mais complexos;
- **Átomos de Conhecimento:** É o conteúdo de ensino (tópicos) relativo à interseção dos graus de habilidades das diversas dimensões;
- **Pré-requisito:** indica a seqüencialidade necessária de forma que o entendimento de um átomo de conhecimento depende do entendimento de seu átomo pré-requisito;
- **Vizinho:** É um átomo de conhecimento que se encontra nas imediações geográficas (estruturais) de um outro átomo de conhecimento. Os vizinhos se dividem em dois tipos: os visitados e os não visitados. Dentre os já visitados tem-se os que indicam conteúdos que já foram devidamente “conquistados” (já foram avaliados pelo instrutor e, portanto atestados por este como apreendido pelo aprendiz) e; os que foram visitados, mas ainda não conquistados;
- **Vizinho Imediato:** Vizinho não visitado de um átomo de conhecimento que está liberado para ser visitado pelo aprendiz, pois ele tem pré-requisito em todas as dimensões de habilidades necessárias.

Portanto, Kemczinski e colegas (2005) definem Espaços de Habilidades como sendo, uma representação estruturada de conteúdos que contempla várias “dimensões de habilidades ortogonais” onde cada “átomo de conhecimento” mantém individual e intrinsecamente os seus “pré-requisitos” organizados na forma de matriz e permitindo a livre exploração de “vizinhos imediatos”.

Um MEH possui as seguintes características para a representação de conteúdos educacionais técnicos (KEMCZINSKI *et al.*, 2005): permite definir e especificar várias habilidades de interesse independentes umas das outras; facilita a especificação das tarefas para cada habilidade, pois as definições dos graus de cada dimensão são feitas em momentos distintos, seguido da definição de que grau de cada dimensão um átomo pertence; segmenta o conteúdo tanto para quem vai defini-los quanto para quem vai explorá-los; facilita o processo de inter-relacionar as diversas habilidades simultâneas; parte de premissas educacionais simples e intuitivas (a do pré-requisito e a estruturação matricial); permite ao aprendiz explorar as habilidades de forma aparentemente livre (devido aos vizinhos imediatos controlarem o que está realmente livre), e que melhor se adapte ao seu estilo de aprendizagem; conduz o aprendiz de forma a ele não “pular” etapas; permite trabalhar conteúdos tanto teóricos quanto práticos (o que vai definido nos átomos de conhecimento é de total liberdade para o educador); independe da forma de avaliação de cada átomo de conhecimento (a avaliação pode ser especificada como projetos que podem ser divididos em pesquisas, seminários, apresentações e tarefas; como exercícios, auto-avaliações, provas e testes, os testes podem ser divididos em práticos, orais e escritos; o escrito pode ser dividido em objetivos e discursivos; os discursivos podem ser divididas em avaliações de dissertações e de respostas breves; e as objetivas podem ser divididos em avaliações de múltipla escolha, associação, ordenação, verdadeiro/falso e complemento); permite avaliar o desempenho do

usuário (onde para cada átomo de conhecimento define-se uma avaliação parcial que possibilita levar em consideração o conhecimento explorado e compreendido até o momento).

Portanto, depreende-se das inúmeras vantagens que, o MEH apresenta várias propriedades úteis para tratar o conteúdo de programação no contexto de robótica fixa.

### 3 LEVANTAMENTO DOS TÓPICOS: QUESTIONANDO ESPECIALISTAS

Os conteúdos educacionais relativo a robótica fixa têm sido explorados preferencialmente em cursos de graduação em engenharia elétrica onde é comum encontrar disciplinas com esta temática (FAAP, 2010) mas também aparece em cursos de engenharia mecânica, engenharia da computação e ciência da computação. Nas ementas destes cursos, observa-se tanto a abordagem teórica e matemática quanto alguns aspectos práticos que requerem robôs para serem trabalhados. Entretanto, duas questões aparecem: como lidar com a limitação na disponibilidade de robôs reais e, como definir e estruturar o ensino de programação de robôs fixos. Para a primeira questão, simuladores de robôs têm sido uma solução (SANTOS, 2006) (HOSS *et al.*, 2009).

A segunda questão traz consigo o fato de que a ênfase a ser dada é na robótica e não na linguagem de programação. Portanto, o conteúdo educacional deve ser estruturado com vistas ao conjunto de ações que exploram todo o potencial prático do robô, ou seja, deve-se estruturar em torno de “tarefas robóticas” (entendidas aqui por um ciclo completo e ordenado de ações de um robô para que este execute um trabalho útil, por exemplo, para a tarefa “*Pick and Place*” é composta de várias ações) e não de comandos de uma linguagem (como feito em PIETRA *et al.*, 2009) Para identificarem-se os elementos e tipos de tarefas robóticas então, é preciso consultar especialistas e usar uma metodologia para organizar o conteúdo.

Para se obter os tópicos que seriam importantes para compor o MEH, nove especialistas, todos do gênero masculino, responderam um questionário relacionado às tarefas que um robô fixo de 5 DOF poderia/deveria executar. Dos nove especialistas, cinco se auto avaliaram como tendo conhecimento avançado ou experiente mas, todos são profissionais que programam/programaram robôs e/ou lecionam/lecionaram disciplinas relacionadas a robótica.

Uma das questões era para enumerar os tipos de tarefas/ações que seriam interessantes ensinar/aprender para programar aquele tipo de robô. Outra questão tinha como objetivo definir quais aspectos/características estariam sendo ensinados/aprendidos com aquelas tarefas/ações indicadas por eles na primeira questão. Outra questão pedia ao especialista para detalhar como ele avaliaria cada tarefa/ação indicada por ele na primeira questão.

Uma análise foi feita sobre as respostas dadas para a primeira questão como um todo e foram agrupadas em áreas: manipulação de peças, precisão, montagem, operações, visão, restrição de movimento, movimento livre, força-velocidade-sincronismo do robô, uso de outros equipamentos. Notou-se que os especialistas deram mais ênfase nas habilidades de manipulação do robô para realização de tarefas, do que nas habilidades de utilização da linguagem de programação do robô para realizar aquela tarefa. Sincronismo e utilização de outros equipamentos, como esteira e mesa giratória, não foram considerados pois, o ensino pretendido baseia-se nos recursos oriundos do próprio robô.

Com base no agrupamento das respostas dos especialistas, pôde-se esboçar o MEH pretendido. A seguir as 11 dimensões de habilidades e graus de conhecimentos identificados onde o valor em parênteses no início é o número de graus (divisões) daquela dimensão (habilidade) seguido da identificação de cada um dos graus:

1. (2) Plano de referência (*reference plane*) – alinhado (*aligned*), inclinado (*inclined*);
2. (2) Posição relativa do objeto (*object picking*) – alinhado (*aligned*), inclinado (*inclined*);

3. (6) Abordagem da garra (*approach*) – livre (*free*), de frente (*front*), de trás (*back*), de cima (*up*), de baixo (*down*), fixa (*fixed*);
4. (6) Forma de apreensão (*object annexing*) – fechar garra (*close gripper*), aparafusar (*screwing*), perfurar (*drill\_in*), encaixar (*fit*), sugar (*suck*), pegar (*snap*);
5. (6) Abordagem ao longo da movimentação (*approach during transport*) – livre (*free*), de frente (*front*), de trás (*back*), de cima (*up*), de baixo (*down*), fixa (*fixed*);
6. (2) Repetibilidade de parte da tarefa (*repeatability*) – nenhum (*none*), vários (*many*);
7. (6) Forma de largar (*object releasing*) – abrir garra (*open gripper*), desaparafusar (*unscrewing*), sair da perfuração (*drill\_out*), desencaixar (*unfit*), parar de sugar (*unsuck*), soltar (*unsnap*);
8. (2) Sensor (*sensor*) – sem (*without*), com (*with*);
9. (2) Análise de cena (*scene analysis*) – sem obstáculo (*unblocked*), com obstáculo (*blocked*);
10. (3) Forma do caminho (*path shape*): reta (*straight*), circular (*arc*), curva suave (*smooth*);
11. (3) Restrição do caminho (*path constraint*): livre (*free*), pontos obrigatórios (*key points*), área a ser coberta (*key area*).

Na análise da questão sobre avaliação das tarefas programada pelo aluno concluiu-se que, na sua maioria, os especialistas a fazem através de variáveis simples de controle, como por exemplo: nível de dificuldade da tarefa, se a tarefa foi completada ou não, o erro no posicionamento final dos objetos manipulados, dentre outras, e são consideradas suficientes para poder exprimir uma nota para o aluno. Concluiu-se também que os especialistas não analisam as características intrínsecas dos programas gerados pelo aprendiz (modularidade, legibilidade número de linhas, etc).

O agrupamento em “termos relacionados” e a priorização dada na segunda questão ajudaram a identificar dados para compor um MEH retratando todas as nuances dos conteúdos indicados pelos especialistas, gerando o MEH-completo para tarefas robóticas que portanto, tem 11 dimensões de habilidades com um total de 373.248 átomos. Este MEH-completo contém muitas dimensões e muitos átomos para uma implementação prática que permita uma autoria e exploração por parte dos aprendizes (PIETRA *et al*, 2009). Assim, a metodologia tem como próximo passo a redução do MEH-completo numa versão MEH-viável.

## 4 UM MEH-VIÁVEL PARA TAREFAS ROBÓTICAS

O processo de redução do MEH-completo para o MEH-viável visa diminuir o número de átomos de conhecimento do modelo, diminuir o número de dimensões de exploração e tornar os átomos mais significativos pois, de outra forma, eles tendem a conter uma quantidade muito pequena de informação, muito dispersa e de difícil exploração por parte do aprendiz. Este processo envolve os seguintes passos:

- Analisar se há dimensões repetidas no conceito (na sua essência), muito assemelhadas, duais (de significados antônimos) ou, que podem ser unidas com outras por terem conteúdos cuja associação facilita a exemplificação;
- Analisar se há graus próximos que são simples e distintos o suficiente (em termos conceituais) para que possam ser unidos a outro, anterior ou posterior;
- Verificar se a quantidade de átomos é gerenciável pelo professor (que fará a autoria deles). Caso não seja, executar novamente os passos 1, 2 e 3.

Durante este processo observou-se que existem as mesmas habilidades de controle da abordagem da garra (*approach*) tanto no momento de pega quanto da largada que são assemelhados e duais. Exemplo: fecha garra (*close gripper*) tem o dual abre garra (*open gripper*); aparafusar (*screw*) tem o dual desaparafusar (*unscrew*).

O resultado final do processo de redução levou a uma reclassificação das dimensões e seus graus. Todas estas análises reduziram o MEH para as seguintes dimensões/átomos (número de graus em parênteses, a dimensão e os nomes dos graus em sequencia):

- (6) Abordagem da garra (*approach*): livre (*free*), de frente (*front*), de trás (*back*), de cima (*up*), de baixo (*down*), fixa (*fixed*);
- (6) Anexação (*annexing*): abrir/fechar garra (*open/close gripper*), aparafusar/desaparafusar (*screw/unscrew*), perfurar/sair da perfuração (*drill\_in/drill\_out*), encaixar/dencaixar (*fit/unfit*), sugar/parar de sugar (*suck/unsuck*), pegar/soltar (*snapping/unsnapping*);
- (2) Análise de cena (*scene analysis*): sem obstáculo (*unblocked*), com obstáculo (*blocked*);
- (3) Forma do caminho (*path shape*): reta (*straight*), circular (*arc*), curva suave (*smooth*);
- (3) Restrição do caminho (*path constraint*): livre (*free*), pontos obrigatórios (*key points*), área a ser coberta (*key area*).

As tarefas que envolvem repetição foram retiradas pois, elas estão diretamente ligadas um recurso específico da linguagem (*go to, for, while*) que, como dito anteriormente, não é foco do MEH aqui almejado mas, pode facilmente ser incluído para qualquer tarefa. Este novo MEH para tarefas robóticas com 5 dimensões tem um total de 648 átomos, tendo ainda muitas dimensões e muitos átomos para uma implementação prática, fazendo com que este segundo MEH ainda seja inviável.

Com as orientações de redução do modelo novamente em mente observou-se que normalmente uma tarefa robótica como um todo é simétrica no sentido que o início e final das ações que envolvem a garra e que portanto, as habilidades envolvidas estavam relacionadas basicamente com a manipulação dos objetos (*Object Handling*) e com a trajetória da movimentação destes (*Path*). Também, esta simplificação vem da constatação de que as dimensões anteriores podem se encaixar numa ou outra destas duas. Observou-se ainda que mesmo na movimentação, existiam os mesmos graus relativos à abordagem da garra durante a movimentação dos objetos.

Outros aspectos que precisaram ser levados em consideração foram as funcionalidades e restrições do simulador que será usado: no caso, ele é para um robô de 5 DOF, dispõe de abordagens padronizadas para a garra, tem uma pinça de dois dedos como garra e manipula objetos de geometrias primitivas (esferas, cilindros e cubos). Isto fez reduzir para apenas duas dimensões as habilidades do modelo, conforme ilustra a Figura 1 onde, exemplificam-se os átomos na forma de quadrados e dentro dos quadrados são definidos: na parte superior o nome de uma possível tarefa exemplo e; logo abaixo, as habilidades sendo tratadas naquele átomo de conhecimento.

A seguir são detalhadas as duas dimensões que geram o MEH-viável para Tarefas Robóticas:

Com relação a dimensão Trajetória (*Path*), os seguintes graus foram estabelecidos:

1. Movimento livre (*free*), sem obstáculo de cena (*unblocked*) e em linha reta (*straight path*);
2. Sem obstáculo de cena, com uma abordagem de garra padrão (com a abordagem “*up*”) ao longo do caminho, em arco e passando por pontos chaves (*key points*);
3. Com obstáculo na cena (*blocked*) e caminho com curvas interpoladoras suaves (*smooth*);
4. Com obstáculo de cena, com maneira de segurar fixa (*special*), com cobertura de toda uma área específica (*key area*) e com curvas suaves (*smooth*).

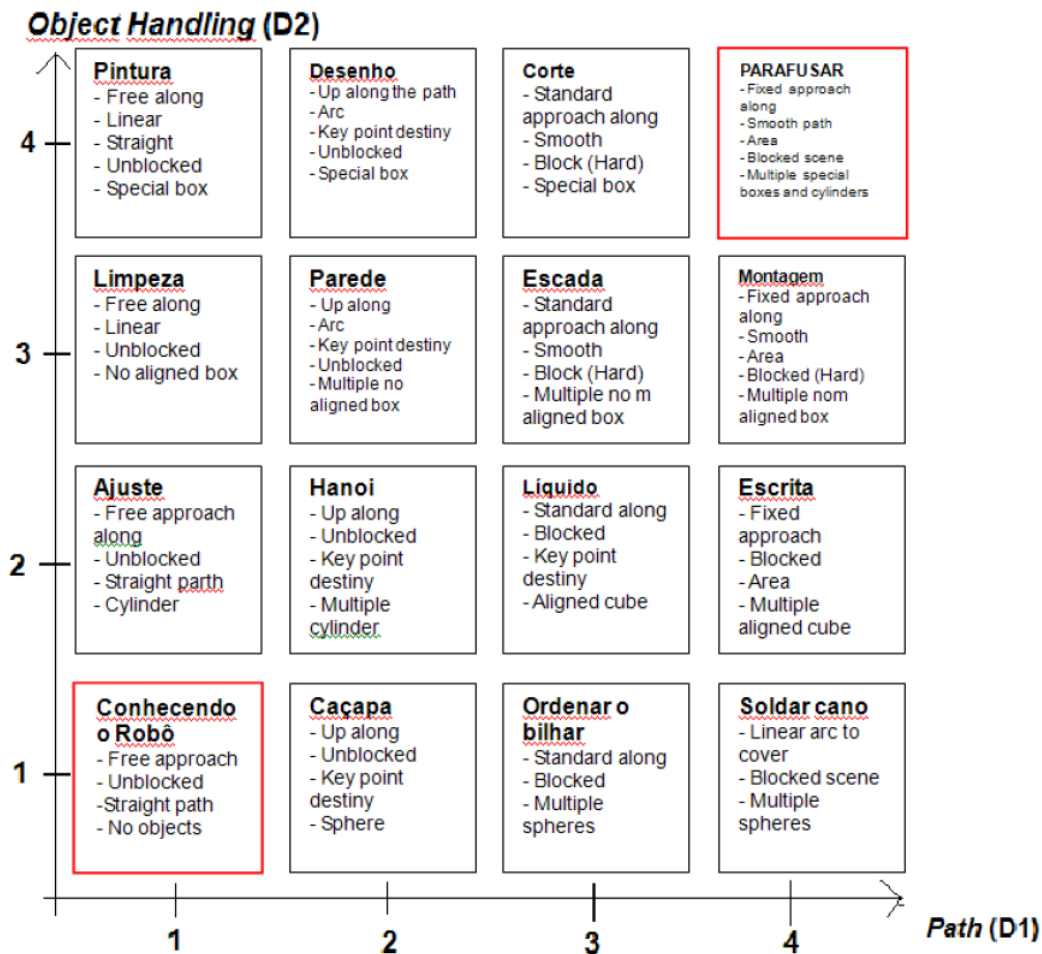


Figura 1. MEH-viável de robôs fixos

Com relação à dimensão Manipulação de Objetos (*Object Handling*), os seguintes graus foram estabelecidos:

1. Prensão livre (*free*, como a de uma esfera);
2. Abordagem pela frente/trás (*front/back*, como a de um cilindro ou caixa alinhada);
3. Abordagem por cima/baixo (*up/down*, como a de uma caixa não alinhada);
4. Fixa (*fixed*, caixa não alinhada e com uma única possível direção de prensão ou outro objeto com restrição para pegá-lo).

Ao final, o MEH-viável das tarefas robóticas ficou em duas dimensões (*Path* e *Object Handling*) e com dezesseis átomos ( $4 \times 4 = 16$ ), conforme a Figura 1. Uma vez definido como o conteúdo vai ser dividido e estruturado deve-se identificar para cada átomo de conhecimento, o seu objetivo pedagógico.

A seguir são descritas, a título de exemplo, duas tarefas (por questões de limitação de espaço) que relacionam-se com átomos do MEH-viável (indicadas em vermelho na Figura 1) onde a estrutura da descrição da tarefa é definida da seguinte forma “Átomo (grau da dimensão1, grau da dimensão2) - Nome da tarefa de referência - descrição da tarefa”:

- Átomo (1, 1) - Conhecendo o Robô – Este átomo apresenta uma tarefa robótica com movimentação livre, sem obstáculos e com manipulações no braço do robô sem necessariamente manipular objetos e visa a exploração do potencial articular do robô (seus limites e espaço de trabalho). Esse átomo tem como objetivo pedagógico: Fazer o aprendiz conhecer os limites de alcance do robô, identificar seu espaço de trabalho, limites

no sistema de coordenadas e limites de juntas bem como conhecer os recursos de controle do robô (CD e CI) e de controle da visualização no simulador utilizado;

- Átomo (4, 4) - Aparafusar – Este átomo propõe uma tarefa para tirar objetos de um local semi-fechado (com obstáculos não triviais), objetos que incluem tanto paralelepípedos cuja preensão só pode ser feita de uma única forma, quanto cilindros (simulando parafusos) e que devem ser rosqueados em encaixes disponíveis nos cantos superiores do cubo. Esse átomo tem como objetivo pedagógico: fazer o aprendiz conhecer como movimentar o robô em área com grande quantidade de barreiras, tendo que usar vários tipos de abordagens para manipulação dos objetos na cena em trajetórias suáveis e abordagens com restrição.

Após definir o objetivo pedagógico para cada átomo, deve-se: (a) compor a cena de trabalho no simulador escolhido; (b) produzir os testes apresentando os conceitos relativos aos itens daquele átomo e; (c) definir como a aprendizagem do conteúdo daquele átomo vai ser avaliada/verificada. As Figuras 2 e 3 mostram como poderiam ser as cenas de trabalho para os átomos (1,1) e (4,4) com suas respectivas tarefas. Observe na Figura 3(b) um destino identificado (posições 1, em verde) e os diversos objetos (2 a 5) a serem manipulados; os demais objetos da cena em marrom claro são obstáculos a serem evitados. Em especial, o cilindro (5) e cubo (3) estão enclausurados e requererão estratégias de abordagem e trajetórias diferentes para serem pegos pelo robô.

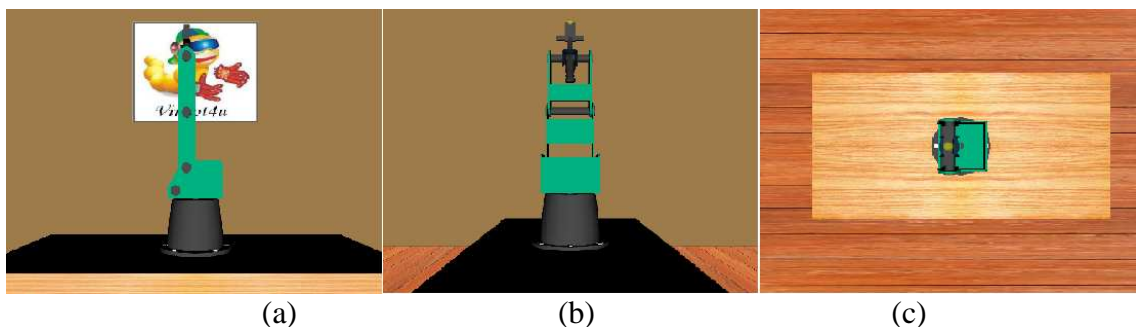


Figura 2. Visões (a) frontal, (b) lateral e (c) superior da Tarefa (1,1)

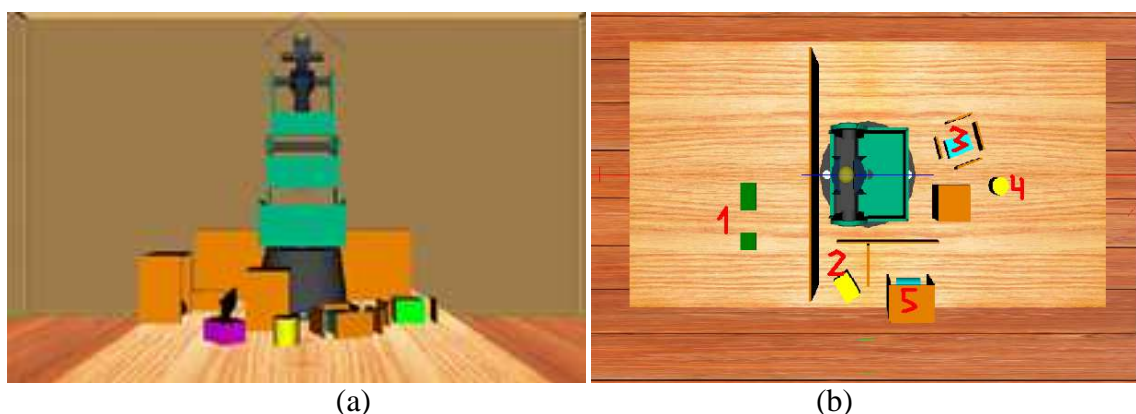


Figura 3. Visões (a) lateral e (b) superior da Tarefa (4,4)

## 5 CONCLUSÃO

Não é difícil de encontrar propostas pedagógicas para inserir conteúdos de robótica nos diversos níveis de ensino, desde o fundamental até o técnico. Entretanto quando se considera o conteúdo específico de robótica fixa articulada, isso já é mais difícil. Talvez pela aridez do



conteúdo (que inclui cálculos matriciais, por exemplo), vastidão do tópico (diversidade de dispositivos, explicações, configurações, etc) ou pela dificuldade de oferecer (em laboratórios com limitada capacidade de equipamentos) e organizar o conteúdo (sem uma metodologia específica).

Este trabalho adotou o Modelo de Espaço de Habilidade (sendo o MEH uma representação do espaço de ensino de um determinado conteúdo) que possibilita a exploração ortogonal pelo aprendiz permitindo a escolha da forma de progressão, a facilidade de entendimento do modelo e a possibilidade de construção de átomos conforme os graus de conhecimento a serem explorados.

O MEH foi utilizado por ter propriedades especiais e úteis para conteúdos técnicos, como o de programação de tarefas robóticas. Então, foi feito um levantamento dos conteúdos com especialistas e aplicada a metodologia que resultou em um MEH-completo e um MEH-viável para tarefas robóticas para robôs fixos de 5 DOFs. O MEH construído torna o trabalho de gerenciar, aplicar e avaliar tarefas robóticas de robôs fixos um trabalho mais dinâmico e organizado.

Apesar do MEH prover uma metodologia, isso não descarta a necessidade de um profundo conhecimento do conteúdo tanto para orientar a estruturação quanto para popular o conteúdo dos átomos de conhecimento com textos explicativos e para a composição de avaliações. Observou-se que a metodologia em si é simples e flexível e por isso requer atenção e perspicácia podendo gerar resultados diferentes para diferentes educadores. Apesar disso, a metodologia conduz para que todo o conteúdo seja contemplado, de um jeito ou de outro. O resultado é um conjunto de átomos que ensinam o tratamento de tarefas robóticas, organizado de forma gradual e crescente de complexidade e com alto teor de significado para o conteúdo em questão.

Como próximo passo desse trabalho, pretende-se tanto usar um sistema aderente à metodologia (PIETRA *et al.*, 2009) que permitiria que as tarefas fossem testadas em qualquer robô ou qualquer simulador. Ainda pretende-se definir todas as cenas de teste em um simulador e aplicar essas tarefas para comprovação de aprendizagem dos usuários.

## 6 REFERÊNCIAS

CARRARA, V. **Apostila de Robótica**. Universidade Braz Cubas, Área de Ciências Exatas Engenharia Mecânica, Engenharia de Controle e Automação, 2009. p. 13-27.

FAAP. **Fundação Armando Alvares Penteado**. Disponível em: <<http://www.faap.br/faculdades/engenharia/eletrica/index.htm?gclid=CITFoprvoqMCFYYf7godHFle5Q>> Acesso em: 05 nov. 2010.

GARRIDO, P.; TRAMULLAS, J. **Topic maps: an alternative or a complement to concept maps?**. **Anais:** First International Conference on Concept Mapping. Pamplona, Espanha, 2004, p. 1-4.

KEMCZINSKI, A.; SILVA, D. D.; HOUNSELL, M. S. **Espaço de Habilidades, Um Modelo de Software Educativo**. **Anais:** Global Congress on Engineering and Technology Education, Bertioga, SP. 2005, p.1648-1652.

HOSS, A.; LEAL, A. B.; HOUNSELL, M. S. **VirBot4u: Um Simulador de Robô usando X3D**. **Anais:** Simpósio de Computação Aplicada, Passo Fundo, RS, 2009, p. 1-15.

MOREIRA, M. A.; BUCHEWEITZ, B. **Novas Estratégias de Ensino e Aprendizagem: os mapas conceituais e o vê epistemológico**. Lisboa: Plátano Editora, 1993. p. 25.

- PIETRA, M. L.; HOUNSELL, M. S.; KEMCZINSKI, A. **The Skills-Space Model for Educational Content Representation as a Software Realization**. Anais: IFIP-WWCE: World Conference on Computers in Education, 2009, 1. p. 1-10.
- REDEL, R.; HOUNSELL, M. S. **Implementação de Simuladores de Robôs com o Uso da Tecnologia de Realidade Virtual**. Anais: IV Congresso Brasileiro de Computação, Itajaí, SC, 2004, p. 398-401.
- RODRIGUEZ, L. C. E.; NOBRE, S. R. **Base de Dados Relacional**. Apostila do Instituto de Pesquisa e Estudos da Universidade de São Paulo, 2002, p. 53.
- ROSÁRIO, J. M. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- SCHILLING, R. J. **Fundamentals of Robotics: analysis and control**. Prentice Hall, 1990, p. 425.
- SANTOS, M. C. C. **Avaliação do uso de realidade virtual na robótica**. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Ciência da Computação. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Dezembro, 2006.
- SOWA, J. F. **Conceptual graphs**. In: International standard, 2005. Disponível em: <<http://www.jfsowa.com/cg>> Acesso em: 05 nov. 2010.
- SPONG, M. W.; VIDYASAGAR, M. **Robot Dynamics and Control**. John Wiley & Sons, 1989, p. 336.
- TSAI, L. **Robot analysis: the mechanics of serial and parallel manipulators**. John Wiley & Sons, 1999, p. 50.

## APPLICATION OF THE SKILLS-SPACE MODEL TO ROBOTIC TASKS CONTENT

**Abstract:** *The Skills Space Model (SSM) is an educational content representation methodology that helps structure contents in a way to facilitate apprentice flexible and autonomous exploration. SSM is appropriate for technical contents that deal with orthogonal concepts (i.e. topics that can be taught in whatever order the teacher feels appropriate but they are interrelated somehow). This paper presents how the content of articulated robotics can be organized to teach Robotic Tasks by using a specific SSM model. Robotic Tasks refer to the focus on using robots to solve real problems. To do that, a questionnaire was presented to specialists in order to gather related knowledge. The paper presents the specialists points of views and all steps taken to develop a feasible SSM. The resulting model emphasizes the skills required for solving robotic tasks in the dimensions of “object handling” and “paths” that need to be followed by a robotic arm. All requiring skills were divided into 16 graded elements of knowledge that include analysis such as gripper positioning related to the target object for grasping or moving, path smoothness and constraints, among others.*

**Key-words:** *Educational content representation, Skills-space model, Programming, Robotics, Articulated robots.*