



METODOLOGIA ATIVA PROJECT BASED LEARNING: UM ESTUDO DE CASO NO DESENVOLVIMENTO DE UMA CÉLULA ROBOTIZADA

Cleginaldo Pereira de Carvalho

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Guaratinguetá, São Paulo, Brasil

Centro Universitário Salesiano de São Paulo, UNISAL, Lorena, São Paulo, Brasil

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena, EEL-USPI, Lorena, São Paulo, Brasil

Email:cleginaldopcarvalho@hotmail.com

1.INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da metodologia da aprendizagem por projeto teve início em 1900, quando o filósofo americano John Dewey (1859 – 1952) provou que o aprendizado baseado no fazer era um caminho revolucionário de estudo. Ele conduziu uma pesquisa sobre a capacidade dos estudantes em pensar de uma forma gradativa, a aquisição do conhecimento relacionada à habilidade de resolver projetos reais, adicionando ao conteúdo da área de estudo ao desenvolvimento físico, emocional e intelectual utilizando meios experimentais.

O Construtivismo explica o que o ser humano aprende através da interação com o ambiente, e esta experiência é percebida de forma diferente para cada indivíduo. Embora o estudante aprenda com seu conhecimento atual a respeito de um objetivo (Markham, Larmer & Ravitz, 2008). Já o Construcionismo promove uma verificação de um aprendizado individual, detalhando todos os passos de um caminho, conforme o ser humano aprende melhor quando ele constrói e divide algo com outras pessoas (Grant,2002)

O aprendizado baseado em projetos está relacionado ao construtivismo, onde o conhecimento não é absoluto, mas sim construído pelo estudante através de seu entendimento e percepção global, dimensionando a necessidade de um aprendizado profundo, amplificando e integrando o conhecimento (Bolander, Fisher & Hansen,2011; Crawley *et al.*,2007).

As principais características da metodologia Project – Based Learning (PBL) são (Niewoehner *et al.*, 2011; Wilkerson & Gijsselaers, 1996; Mazur, 1996): o estudante se torna o centro do processo de aprendizagem, desenvolvimento das habilidades pessoais e profissionais, como: comunicação, capacidade de trabalhar em times, processo ativo, cooperativismo, aprendizado integrado e multidisciplinar.

Podemos também mencionar o programa CDIO cujo o foco está no desenvolvimento pelos alunos de um produto real baseando-se no seu ciclo de vida, onde os principais passos são: *Conceiving*(Conceber), *Designing* (Projetar), *Implementing* (Implementar) e *Operating* (Operacionalizar). Considerando os padrões da INICIATIVA CDIO como guias, orientou-se os alunos no desenvolvimento deste PBL. Seguindo os padrões pode-se orientar os alunos para considerar a análise do produto, projeto e responsabilidade social. Finalmente, seguindo os padrões, avaliou-se os alunos baseando-se em como eles desenvolveram seus projetos (Roslöf, 2015).

De acordo com o CDIO, pode-se definir PBL como um método de instrução no qual os estudantes aprendem uma vasta gama de habilidades, ao mesmo tempo, criando seus próprios projetos, os quais podem ser uma solução para um caso real, sendo que o mais importante são os conhecimentos adquiridos durante este processo. Eles trabalham em grupos e trazem suas próprias experiências, habilidades, estilos de aprendizagem e perspectivas para o projeto.

Niewoehner *et al.*, (2011) conduziu um estudo que suporta o artigo de Susan Ambrose “*How Learning Works:7 Research Based Principles for Smart Teaching*” como a sustentação do PBL na engenharia. Em seus estudos, eles também conduziram a trajetória da INICIATIVA CDIO na reforma educacional de engenharia, enfatizando que o aprendizado se dá com a prática do chamado *hands-on* e que o PBL comumente coincide ou se sobrepõe aos programas da INICIATIVA.

De acordo com Niku (2014), robótica é o estudo da aplicação de robôs substituindo atividades humanas. Os robôs podem ser classificados em quatro categorias, seis diferentes classes e suas principais características são: *payload* (capacidade de carga), *stroke* (alcance), *accuracy* (precisão) e *repeatability* (repetibilidade). O setor industrial é o mais beneficiado pelo serviço de aplicação de robôs. Para aplicações em universidades, pode-se ter robôs industriais, montados a partir de kits onde os estudantes desenvolvem seus próprios robôs.

O conceito de Arduino teve início na Itália,2005, com o objetivo de se criar um dispositivo que pudesse ser utilizado em projetos e protótipos a um custo reduzido como

alternativa aos *hardwares* normais de mercado. Tanto *hardware* como *software* são baratos e disponíveis em muitos lugares. O Arduino é um processador capaz de medir variáveis em um ambiente externo e transfere sinais elétricos, usando sensores em sua entrada e, então, processa todas as informações gerando sinais de saída (McRoberts, 2011).

Este artigo tem como objetivo avaliar a aplicação do PBL como uma metodologia inovadora de aprendizado utilizando o projeto de uma célula robotizada para manuseio como o meio para motivar e ensinar os alunos. Iniciando pelos dados de entrada para o projeto e adotando o Arduino como micro processador, os estudantes, definiram o projeto do robô, a fabricação, a programação e a implementação. Os padrões da INICIATIVA CDIO foram adotados na condução deste projeto (CDIO, 2010). Como um dos resultados foi apresentada uma célula robotizada por cada grupo de estudantes bem como a eficiência do PBL foi avaliada. Finalmente, algumas recomendações para projetos futuros foram apresentadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir serão descritos aspectos relativos à Pedagogia por Projetos e ao *Project-Based-Learning*

2.1- PEDAGOGIA DE PROJETOS

De acordo com a Resolução no 11/2002 (CFE/CES) que estabeleceu as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos Cursos de Graduação em Engenharia, o ensino de engenharia deve estar alinhado com as exigências impostas pela globalização, pois de acordo com o Art. 3º, a formação do engenheiro deve ser generalista, humanista, crítica e reflexiva, que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade.

Assim os egressos, deverão ser preparados para saber apresentar soluções aos problemas que surgem na sua vida profissional, utilizando os princípios tecnológicos com criatividade, considerando os aspectos sociais, ambientais, éticos, econômicos e internacionalizados. Para tanto, devem ser estimulados durante o seu curso a trabalhar com projetos com níveis crescentes de complexibilidade, o que vai exigir também dos docentes uma mudança na metodologia aplicada. Para tanto, as instituições devem criar condições para o oferecimento de formação continuada aos mesmos, que deve ser solicitado pela equipe gestora do curso.

Neste contexto, os estudos sobre a qualificação profissional desejável de engenheiros convergem para a promoção simultânea de conhecimentos, habilidades e atitudes e de acordo com Mesquita *et al.* (2009):

1. Conhecimentos: ciência e tecnologia, computação, administração, impactos ambientais e sociais da tecnologia entre outros;
2. Habilidades: desenvolvimento de projetos, solução de problemas, comunicação, trabalho em equipe, autoavaliação e avaliação de pares entre outros;
3. Atitudes: ética, responsabilidade para com colegas, sociedade e profissão, iniciativa, flexibilidade, empreendedorismo, motivação para o aprendizado autônomo ao longo da vida, dentre outras.

O processo de formação do engenheiro deve contemplar uma formação integral, mas o desafio maior é a promoção da aquisição de conhecimentos crescente, complexo e mutável, paralelamente ao desenvolvimento dos atributos profissionais que passam necessariamente pelos métodos diferenciados e alternativos para facilitar essa formação.

O conceito de aprendizagem ao longo da vida está associado a uma estratégia direcionada para o emprego e reúne consensos relativos a quatro áreas globais de formação: realização pessoal, cidadania ativa, inclusão social e empregabilidade/adaptabilidade.

A valorização da aprendizagem (formal e não formal) é um dos vetores principais na formação completa do ser humano, pois aprendizagem e competência são as duas faces de uma política de educação e formação centrada no conhecimento. A aquisição de competências, embora se dê em um processo de colaboração com outros seres humanos, não ocorre à revelia do indivíduo, sem sua ativa participação. É por isso que se afirma, corretamente, que a aprendizagem é sempre ativa e colaborativa, ou seja, com elementos que enfatizam a ação e o trabalho em conjunto ou equipe (LU, 2007). Para tanto, a filosofia dos objetivos educacionais deve passar do conhecimento para a competência e do ensino para a aprendizagem, sendo que os alunos, na medida do possível, devem assumir a responsabilidade da sua própria aprendizagem, procurando ativamente a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de suas competências (LIMA, 2012).

A análise dos projetos deve ser feita, sem perder de vista que a educação, ao longo de toda a vida, baseia-se em quatro pilares: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender conviver e aprender a ser. Além disso, o papel da Universidade também pode oferecer aquilo que o mercado valoriza, ou seja, uma formação básica, ampla e consistente. As outras habilidades deverão ser adquiridas indiretamente, por meio de atividades extracurriculares que

envolvam reflexão de estudos e de pesquisa (LITZINGER, 2011), conforme preconiza o § 2º do artigo 5º das Diretrizes Curriculares dos Cursos de Engenharia (Resolução no 11/2002 CFE/CES).

A construção da aprendizagem é algo que só acontece quando o aluno é ativo, quando está interessado no que está fazendo, quando sua motivação é intrínseca, não extrínseca. Isso significa, que a aprendizagem, para ser bem sucedida, é autogerada e também, autoconduzida e autossustentada. Ela decorre daquilo que o aluno faz, não de algo que o professor mostre para ele ou faça por ele.

Em um procedimento de projeto, a característica fundamental é que o docente insista no desafio do êxito daquela tarefa específica, lembrando que a mesma perde o seu sentido se não chegar a um produto acabado. Frequentemente esse desafio pessoal e coletivo é acompanhado por um contrato moral com terceiros.

De um modo geral, a importância especial do projeto, deve ser associada à singular mediação realizada entre a criação individual, a intenção de reprodução, a habilidade de criação e o desenvolvimento, levando a uma realização pessoal abrangente entre as expectativas do novo e a consolidação de padrões no imaginário coletivo, numa busca contínua pela excelência da qualidade.

Assim, a aprendizagem que acontece quando os alunos se envolvem em PBLs, de sua própria escolha, alicerçados em seus interesses, e em geral transdisciplinares, é a aprendizagem mais desejável, pois:

- 1) A aprendizagem é o principal mecanismo pelo qual o ser humano projeta e constrói a sua própria vida, e, portanto, intrinsecamente motivado;
- 2) Incentiva o aluno a explorar e a investigar seus interesses - as coisas que ele gosta de fazer e que gostaria de aprender - e atribui ao educador a responsabilidade de encontrar maneiras de tornar tal atividade útil no desenvolvimento das competências básicas necessárias;
- 3) Procura evitar que a aprendizagem se torne algo passivo, e, por conseguinte, desinteressante, possibilitando o envolvimento ativo do aluno, não só na concepção e na elaboração dos seus projetos de aprendizagem, mas também na sua implementação e avaliação, pois esse envolvimento, além de estimulante (por estar relacionado com seus interesses), torna a sua aprendizagem ativa e significativa - um real fazer, mais do que um mero absorver de informações;

4) Procura estabelecer uma estreita relação entre a aprendizagem que acontece na escola e a vida e a experiência do aluno, reconstituindo o vínculo entre seus processos cognitivos e seus processos vitais;

5) Rejeita a noção de que todas as pessoas devam aprender as mesmas coisas, pelos mesmos métodos, nos mesmos ritmos e nos mesmos momentos, independentemente de seus interesses, de suas aptidões, de seu estilo cognitivo, de seu estado de espírito;

6) Busca evitar que o objetivo do aprendizado escolar seja definido como a absorção de grandes quantidades de informações (fatos, conceitos, princípios, valores, procedimentos), e que o aprender seja visto como o subproduto esperado da ação do professor;

7) A tecnologia digital é parte integrante e indissociável na metodologia de projetos de aprendizagem pelo fato de ser um espaço efetivo para: interação, aprendizagem colaborativa, disseminação de processos e resultados.

2.2-PROJECT – BASED –LEARNING (PBL)

A eficiência da metodologia PBL pode ser comprovada por meio da aferição dos conceitos apreendidos durante as aulas práticas, na área das engenharias, onde se pode constatar que a aprendizagem é mais efetiva que nas aulas teóricas.

A busca constante pelo desenvolvimento de novas metodologias de ensino é a razão básica do crescimento e da popularidade da PBL, objetivando uma transformação constante. Assim existe a necessidade de se incorporar o recente pensamento sobre padrões e avaliação, com a finalidade do delineamento do processo de planejamento para projetos focados em padrões (FELDER,2006).

Segundo Jollands (2012), a Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL) tem sido um dos principais focos da discussão não apenas como abordagem de aprendizagem ativa, mas como alternativa para se elaborar currículos e se adotar práticas inovadoras na educação em engenharia. PBL é uma estratégia de ensino e aprendizagem do século XXI, que passa a exigir muito mais empenho dos alunos e dos professores. Exige que o professor reflita sobre a atividade docente e mude a sua postura tradicional de especialista em conteúdo para treinador de aprendizagem, e que os estudantes, assumam maior responsabilidade por sua própria aprendizagem, com a compreensão de que o conhecimento obtido com o seu esforço pessoal será mais duradouro do que aquele obtido apenas por informações de terceiros.

As principais características dessa metodologia são:

- O aluno é o centro do processo;
- Desenvolve-se em grupos tutoriais;

- Caracteriza-se por ser um processo ativo, cooperativo, integrado e interdisciplinar e orientado para a aprendizagem do aluno.

Os estudos acerca da metodologia PBL têm se enriquecido com os conhecimentos sobre a gênese do processo cognitivo, da aprendizagem do adulto e da fisiologia da memória, ressaltando-se a importância da experiência prévia e da participação ativa como pontos fundamentais para a motivação e aquisição de conhecimentos e objetiva:

- Conscientizar o aluno do que ele sabe e do que precisa aprender e o motivar a buscar informações relevantes;

- Estimular no aluno a capacidade de aprender a aprender, de trabalhar em equipe, de ouvir outras opiniões (mesmo que contrárias às suas), induzindo-o a assumir um papel ativo e responsável pelo seu aprendizado;

- Uma mudança radical no papel do professor que deixa de ser o transmissor do saber e passa a ser um estimulador e parceiro do estudante na descoberta do conhecimento. O professor orienta a discussão de modo a abordar os objetivos previamente definidos a serem alcançados naquele problema e estimula o aprofundamento da discussão, facilita a dinâmica do grupo e avalia o aluno do ponto de vista cognitivo e comportamental. Em síntese, o professor deve ajudar os alunos a atingirem os objetivos do projeto, quais sejam: aprender a fazer um exame analítico e minucioso do problema, identificar os objetivos de aprendizagem, buscar as informações relevantes e aprender a trabalhar em grupo.

Neste contexto, os alunos devem:

- Participar ativamente da discussão contribuindo com seu conhecimento e experiências prévias na primeira reunião e nas seguintes, com os novos conhecimentos adquiridos, justificando-os com as referências bibliográficas estudadas;

- Ajudar o grupo a solucionar os problemas que possam atrapalhar o desenvolvimento do projeto.

Para o êxito da Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL), é fundamental a gestão da aprendizagem, que possa simplificar a administração de programas educacionais, possibilitando a disponibilização e a análise do conteúdo, bem como a geração de relatórios que facilitem a condução e aperfeiçoamento do ensino, especialmente quando se fala em ensino de engenharia.

O desenvolvimento de um Projeto de Engenharia é um processo complexo, pois envolve a aptidão dos alunos para o desenvolvimento dos mesmos considerando todas as variáveis envolvidas, como a limitação do tempo e dos recursos, entre outros, bem como as

competências e habilidades adquiridas; a reorganização do espaço da sala de aula para facilitação da interação e do desenvolvimento compartilhado do conhecimento; integração das novas tecnologias computacionais; reavaliação do sistema de avaliação, entre outras.

Portanto a sua gestão, pela sua complexidade, é fundamental para o seu sucesso.

Uma das primeiras definições de PBL foi dada por Adderley *et al.* (1975). Para o quais, PBL:

- (1) envolve a solução de um problema nem sempre proposto pelos alunos,
- (2) envolve a iniciativa do estudante (ou grupo de estudantes),
- (3) usualmente resulta em um produto final, como um artigo, um protótipo, relatório de um projeto, entre outros,
- (4) conduzem os professores a se engajarem com a função de consultores, suavizando a posição de autoridade, em todas as fases do projeto.

Mesquita (2009) buscando responder a questão: “O que deve ter um projeto para ser considerado um exemplo de PBL?” apresentou quadro critérios principais para uma abordagem de sucesso:

- (1) Centralização: Projetos são uma parte integrante do *currículum*. Eles não são periféricos. Eles fazem parte da estratégia da educação, uma vez que os estudantes irão aprender os conceitos principais da disciplina através deles,
- (2) Resolução de Questões: Projetos devem ser focados em questões ou problemas que levem os alunos a encontrar (e muitas vezes se defrontar) o ponto central dos fundamentos da disciplina,
- (3) Autonomia: O desenvolvimento do projeto é de responsabilidade dos alunos e,
- (4) Realismo: Os projetos devem ser realistas, lidando com o concreto, problemas tangíveis. Isto não deve ser uma mera atividade acadêmica. Os projetos devem ter características que permitam aos alunos sentirem a autenticidade em realizá-los

De acordo com Lima *et al.* (2012), PBL envolve estudantes trabalhando em times com o objetivo de resolverem problemas pelo uso da teoria na prática. Além disso, eles devem também aprender a relacionar o que eles estão aprendendo com suas futuras profissões. O PBL coloca o aluno como ator principal no processo de ensino-aprendizagem e apresenta um caráter multidisciplinar.

Helle *et al.* (2006) buscaram definir e enfatizar as razões pedagógicas e psicológicas para a abordagem com a utilização do PBL. Para eles, a característica mais importante do

PBL é o fato de se ter a orientação direta para problemas, o que serve para conduzir as atividades de aprendizado.

Para Duch *et al.* (2001), PBL deve conduzir os estudantes a pesquisa da solução de um problema aberto, bem como na aquisição de habilidades, como solução de problemas, comunicação oral, comunicação escrita e trabalho em time, entre outras.

Para Lehtovuori *et al.* (2007), o mercado de trabalho demanda habilidades extraordinárias do profissional e conhecimento não é tudo. Assim, ensinar via PBL traz enormes benefícios aos alunos e desenvolve sua prática acadêmica.

3.MATERIAL E MÉTODO

Na sequência, são descritos os aspectos relativos à construção de um robô, o *hardware* utilizado, a programação e a metodologia para gerenciamento do projeto e para a avaliação do PBL

3.1ROBÔ

➤ Classificação dos robôs

De acordo com a *Japanese Industrial Robot Association* (JIRA), os robôs são classificados de acordo com:

- **Classe 1** – *Dispositivo de Movimentação Manual*: dispositivo com vários graus de liberdade acionado por um operador.
- **Classe 2** – *Robô de Sequência Fixa*: um dispositivo executa etapas sucessivas de uma tarefa de acordo com um determinado método que não pode ser alterado.
- **Classe 3** – *Robô de Sequência Variável*: um dispositivo executa etapas sucessivas de uma tarefa de acordo com um determinado método que permite alterações.
- **Classe 4** – *Robô de Reprodução*: um operador humano realiza a tarefa manualmente, levando o robô, que registra os movimentos. O robô repetirá os mesmos movimentos de acordo com as informações gravadas.
- **Classe 5** – *Robô de Controle Numérico*: o operador fornece ao robô um programa de movimentos sem a necessidade de efetuar manualmente para a gravação.
- **Classe 6** – *Robô Inteligente*: um robô capaz de interpretar seu ambiente e concluir com êxito uma tarefa, mesmo sofrendo alterações nas condições do ambiente.

➤ **Sistemas de controle robôs**

Os acionamentos das articulações individuais precisam ser controlados de maneira coordenada para que se realize o ciclo de movimentos desejados. Diferentes tipos de controle são necessários para diferentes aplicações. Eles são classificados em quatro categorias.

- **Cat. 1** – *Controle de sequência limitado*: este é o tipo de controle mais elementar, usado para ciclos de movimentos simples, como por exemplo, pegar um objeto em um lugar e colocar em outro. Ele estabelece limites ou paradas mecânicas para cada articulação para conclusão do ciclo.

- **Cat. 2** – *Controle ponto a ponto*: controles programáveis mais sofisticados comparados a robôs de sequência limitada. O controlador contém uma memória para gravar a sequência de movimentos de um determinado ciclo, além de posições e velocidade associada a cada movimento. Essas posições não são limitadas e consiste em um conjunto de valores representando localizações no raio de ação de cada manipulador. Desse modo cada “ponto” consiste em cinco ou seis valores correspondendo às posições de cada articulação.

- **Cat. 3** – *Controle de percurso contínuo*: Robôs com controle de percurso contínuo contém a mesma capacidade de execução do tipo “ponto a ponto”, porém são capazes de maior capacidade de armazenamento do número de localizações que podem ser registradas na memória. Desse modo, constituem o ciclo de movimento podem ser espaçados e permitir um movimento mais suave. E capaz de efetuar cálculos de interpolação, ou seja, o controlador calcula o percurso entre o ponto de partida e o ponto de chegada de cada movimento utilizando rotinas de interpolação linear e circular.

- **Cat. 4** – *Controle inteligente*: exibe um comportamento que o faz ter características inteligentes como, por exemplo, interagir com o meio, tomar decisões quando detectam algum erro durante o ciclo de trabalho, comunica-se com pessoas, efetuam cálculos e reagem à entrada de dados sensórios com visão de máquinas.

➤ **Atuadores**: São os “músculos” dos manipuladores. O controlador envia o comando para os atuadores, os quais movimentam as articulações e elos do robô. Os tipos de atuadores são servo motores, motor de passo, atuadores pneumáticos e atuadores hidráulicos.

➤ **Sensores**: Os sensores são usados para coletar dados internos do robô ou se comunicar com o ambiente externo. O robô precisa saber a localização de cada elo para entender sua configuração e executá-la.

➤ **Controlador:** Recebe os dados do computador (cérebro do sistema), controla os movimentos dos atuadores e coordena os movimentos com a informação de realimentação sensorial.

➤ **Processador:** É o cérebro do robô. Tem a função de calcular o local a velocidade desejada e supervisiona as ações coordenadas do controlador e dos sensores. O processador é geralmente um computador.

➤ **Software:** Contém três grupos de programas usados em um robô. Sistema operacional que opera o processador; software robótico que calcula os movimentos de cada articulação e o último grupo é o conjunto de rotinas orientadas a aplicações e programas desenvolvidos para uso do robô ou de seus periféricos para tarefas específicas como montagem, carregamento de máquinas, manuseio de materiais.

➤ **Características de um robô**

Os robôs são caracterizados conforme definições sobre sua.

- **Carga útil:** é o peso que um robô pode carregar e ainda permanecer suas outras especificações como, por exemplo, manter preciso a sua trajetória em seus movimentos e não ter desvios excessivos.

- **Alcance:** é a distância máxima que um robô pode alcançar dentro de seu espaço de trabalho.

- **Precisão:** É definida como o quanto se consegue chegar próximo a um determinado ponto de alcance. Esta é uma função dos atuadores e sensores de que quanto eles são precisos para executar seus movimentos de posição e velocidade com carga.

- **Repetitividade:** É a precisão com que o robô executa os movimentos na mesma posição e velocidades repetindo várias vezes.

Visando atender as necessidades da disciplina, definimos que o robô que iremos trabalhar será um robô conforme Classe 3, ou seja, robô de sequência variável e Categoria 2, ou seja, controle ponto a ponto. O conceito de robô adotado foi o que possui três juntas, um gripper e cinco servo-motores. A estrutura do robô foi toda construída pelos alunos, utilizando plástico estrutural, como matéria-prima, corte a laser e usinagem em mandriladora CNC

Para o desenvolvimento da programação foi utilizado um método de atribuição dos comandos pela placa de controle, onde cada componente responsável pela movimentação, gravação e acionamento do braço, envia um sinal e o mesmo é armazenado no código de programação.

Adotou-se este método por ser uma forma de programar intuitiva, ou seja, para se determinar as rotinas a serem executadas pelo robô não necessita a utilização de computador, a não ser que seja necessário efetuar alguma alteração na programação.

Para a programação do robô foi utilizado o Arduino Mega, principalmente devido a sua ótima relação custo x benefício, pois trata-se de um Arduino com microprocessador com uma boa taxa de processamento e também por possuir um grande número de entradas analógicas, digitais e PWN.

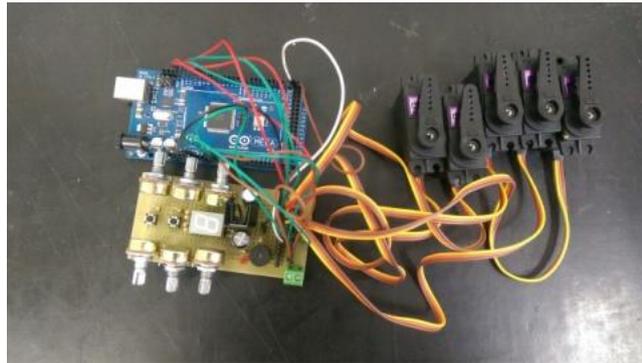


Figura 1 - Módulo Arduino, Placa de Controle e Servo Motores

Fonte: Autor

O braço será capaz de realizar até 09 rotinas diferentes pré-determinadas, e como rotina principal realizará a movimentação de um bloco de uma posição A para uma posição B, o acionamento será feito através de um sensor infravermelho que ao detectar o bloco envia o comando ao braço para que realize a rotina escolhido



Figura 2 –Layout geral e conceito do Robô

Fonte: Autor

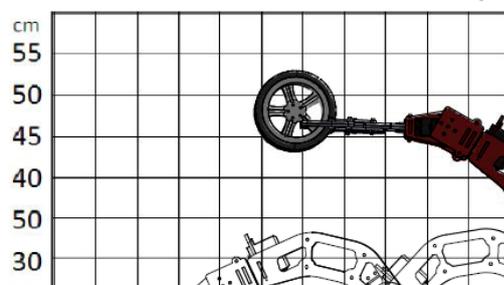


Figura 3. Simulação dos movimentos do Robô utilizando *SolidWorks* (Licença Educacional)

Fonte: Autor

3.2-HARDWARE ARDUINO

Até o momento existe uma série de versões do Arduino, todas baseadas em um microprocessador de 8 bits Atmel AVR *reduced instruction set computer* (RISC). A primeira placa foi baseada no ATmega8 rodando a uma velocidade de *clock* de 16 MHz com memória flash de 8 KB; mais tarde, placas tais como a Arduino NG *plus* e a *Diecimila* (nome italiano para 10.000) usava o ATmega168 com memória flash de 16 KB. As versões mais recentes do Arduino, Duemilanove e Uno, usam o ATmega328 com memória flash de 32 KB e podem comutar automaticamente entre USB e corrente contínua (DC). Para projetos que exigem mais Entrada/Saída e memória, há o Arduino Mega1280, com memória de 128 KB, ou o mais recente Arduino Mega2560, com memória de 256 KB. As placas têm 14 pinos digitais, e cada um pode ser definido como entrada ou saída, e seis entradas analógicas. Além disso, seis dos pinos digitais podem ser programados para fornecer uma saída de modulação por largura de pulso (PWM). Diversos protocolos de comunicação estão disponíveis, incluindo serial, *busserial* de interface periférica (SPI) e I2C/TWI. Incluídos em cada placa como recurso padrão estão um conector de programação *serial in-circuit* (ICSP) e um botão de reset.

A. *Arduino Mega (utilizado neste projeto).*

O irmão mais velho da família Arduino, o Mega, usa um microprocessador de maior superfície de montagem. O ATmega1280, o Mega, foi atualizado ao mesmo tempo que o

Uno, e o microprocessador usado agora é o ATmega2560. A nova versão possui memória flash de 256 KB, superior aos 128 KB do original. Mega fornece um aumento significativo na funcionalidade de entrada-saída em relação ao Arduino padrão; portanto, com o aumento da memória, ele é ideal para aqueles projetos maiores que controlam grandes quantidades de *LEDs*, possuem um grande número de entradas e saídas ou necessitam de mais de uma porta serial de *hardware* – o Arduino Mega possui quatro. As placas possuem 54 pinos digitais de entrada-saída, 14 dos quais podem fornecer saída analógica PWM, e 16 pinos de entrada analógica. A comunicação é feita com até quatro portas seriais de hardware. A comunicação SPI e o suporte para dispositivos I2C/TWI estão também disponíveis. A placa também inclui um conector ICSP e um botão de reset. Um ATmega8U2 substitui o chipset FTDI usado pelo seu antecessor e processa a comunicação serial USB. O Mega opera com a maioria dos *shields* disponíveis, mas é uma boa ideia verificar se um *shield* será compatível com seu Mega antes de comprá-lo. Compre o Mega quando você realmente necessitar utilizar pinos adicionais de entrada-saída e precisar de maior capacidade de memória.



Figura 4. Visão geral do microprocessador Arduino AT Mega 2560 UNO

Fonte: Autor

3.3-PROGRAMAÇÃO

A programação dos servo-motores com arduino possui um grau de dificuldade moderado, porém como optamos por extrair o máximo de desempenho tanto do braço como do arduino, optamos por uma programação mais profunda, com funções que visam diferenciar o nosso braço dos demais, vale destacar que o arduino possui várias funções e bibliotecas que facilitam e muito na hora de programar.

A ideia para a concepção da programação foi a de que toda a movimentação dos servos seria feita por potenciômetros e com um acionar de um botão suas respectivas posições

ficariam gravadas na memória, após a gravação das posições necessárias para a execução da rotina desejada, finalizaríamos a programação apertando e segurando o mesmo botão por alguns segundos. Essas posições ficam gravadas diretamente na *eprom* do arduino e são atribuídas a uma posição no display de 7 segmentos. É possível guardar até 4096 posições na *eprom* do arduino, porém por estarmos utilizando um *display* de 7 segmentos decidimos restringir para 10 rotinas (0 a 9 no *display*), o que é mais que necessário para atender as especificações do projeto.

Para o acionamento do braço, escolhemos um sensor infravermelho, sempre que um objeto entrar no campo de acionamento do sensor, o braço automaticamente executa a rotina determinada e repete o comando sempre que algo se posicionar frente ao sensor.

Toda a programação foi feita antes mesmo de montarmos o braço, testamos a execução via monitor serial, desta forma quando montamos o braço robótico partimos diretamente para os testes reais.

3.4-CRONOGRAMA DE GERENCIAMENTO DO PROJETO

O estudantes foram divididos em times de no máximo seis alunos, e antes de iniciarem suas atividades, cada grupo elaborou o cronograma de gerenciamento do projeto utilizando a ferramenta 5W2H. Esta ferramenta permite o gerenciamento de projetos através da abordagem das tarefas respondendo as seguintes questões:

- *What:* Define a tarefa que irá ser executada;
- *When:* Quando a ação deverá ser concluída;
- *Where:* Espaço físico onde será realizada a tarefa;
- *Why:* A razão principal para que a ação seja tomada;
- *How:* O procedimento ou o recurso que será utilizado para realizar a ação;
- *How much:* Custos e investimentos envolvidos
-

O cronograma de gerenciamento foi utilizado como uma forma de avaliar a capacidade dos alunos em termos de gerenciamento de projeto. Na sequência, reuniões de

verificação foram agendadas quinzenalmente com os times, com o objetivo de avaliar o andamento das atividades e que planos de ações os alunos estavam tomando para corrigirem os desvios entre o planejado e o executado.

5W2H Planning

Objective Group Student 1, Student 2, Student 3
Student 4, Student 5, Student 6, Student 7

What	Who	When		Where	How	Why	How Much	% Completed	Today	Situation
		Beginning	End							
Choosing the Project	Everyone	20-Aug	27-Aug	UNIVERSITY	Agreement	Starting Point	-	100%	100%	ok
Internet Research	Everyone	20-Aug	24-Nov	UNIVERSITY	Google, Mags	Concept (design)	-	100%	100%	ok
Theoric Research	Student 1, Student 4, Student 5	20-Aug	3-Sep	UNIVERSITY	Library, Google	Theoric Basis	-	100%	100%	ok
Project (Sketch)	Student 3, Student 6	27-Aug	10-Sep	UNIVERSITY	AutoCad	Sketch for assembly	-	100%	100%	ok
List of Material	Student 2	22-Aug	15-Oct	UNIVERSITY	Manual	To provide materials	-	100%	100%	ok
Prototype Assembly	Student 7	29-Aug	20-Oct	Student 7 House	Office	To prepare assembly	-	100%	100%	ok
Material Purchase	Everyone	2-Sep	2-Nov	UNIVERSITY	Manual or Tools	Prototype	-	0%	80%	not ok
Programming	Everyone	1-Sep	2-Nov	UNIVERSITY	Arduino	To move the arm	-	0%	60%	not ok
Prototype Testing	Everyone	2-Sep	24-Nov	University Lab	Function Test	To assure correct function	-	0%	50%	not ok
Final Assessment	Everyone	2-Sep	24-Nov	UNIVERSITY	MS Word	To show the professor	-	0%	30%	not ok
Presentation	Everyone	16-Sep	24-Nov	University Lab	MS Powerpoint	For final avaliation	-	0%	0%	not ok
Final Data	Everyone	14-Sep	26-Nov	UNIVERSITY	Written work and presentation	Avaliation	-	0%	0%	not ok

Figura 5. Tabela de gerenciamento do projeto utilizando o conceito 5W2H

Fonte: Autor

3.5-METODOLOGIA ADOTADA PARA AVALIAÇÃO DA EFECIÊNCIA DO PBL

Os dados foram coletados via a aplicação de um questionário eletrônico, o qual foi respondido pelos alunos sem interferência do professor. O questionário gerou dados estatísticos e os resultados foram exportados para uma planilha *Excel*. O questionário foi composto por quatro questões apresentadas na seguinte ordem:

- Sobre a qualidade do trabalho executado pelo time;
- Nível de comprometimento do time com o resultado;
- O conceito do protótipo;
- Capacidade do time em gerenciamento do projeto;

Durante as reuniões de *check points*, todos os grupos são avaliados e suas atividades são verificadas, caso haja algum problema, o grupo deverá apresentar um plano de ação, com o objetivo de corrigir as distorções.

4.RESULTADOS

São apresentados os resultados obtidos para a célula robotizada e para a avaliação do PBL

4.1-Célula robotizada para manuseio – A célula robotizada foi conceituada,

projetada, montada e implementada no prazo, e suas principais características:

- Comprimento total da haste: 55 cm
- Curso máx. no eixo x: 50 cm

- Curso máx. no eixo y: 55 cm
- Curso máx. no eixo z: 50 cm
- Momento máximo: 11 Nm

A célula robotizada também alcançou as especificações de precisão e repetibilidade

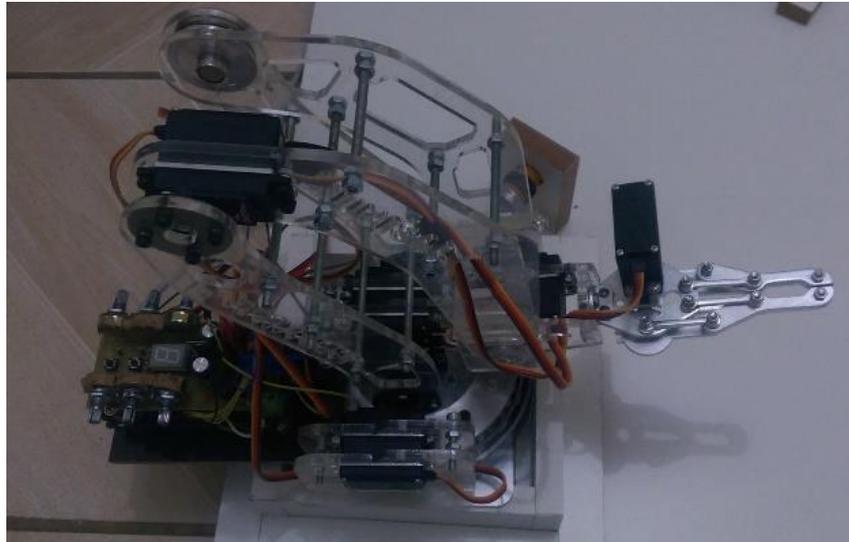


Figure 6. Montagem final do robô a ser utilizado na célula

Fonte: Autor

Braço Robô - Características		
Comprimento Total da Haste	cm	55
Alcance Máximo em Y	cm	55
Alcance Máximo em X	cm	50
Alcance Máximo em Z	cm	50
Torque	N.m	11

Tabela 1. Características do braço Robótico

4.2-Resultados das medições da eficiência do PBL –O questionário foi conduzido para todos os alunos com seis questões. Os estudantes escolheram entre cinco níveis de conformidade e de acordo com a percepção pessoal da metodologia PBL. Os resultados são apresentados.

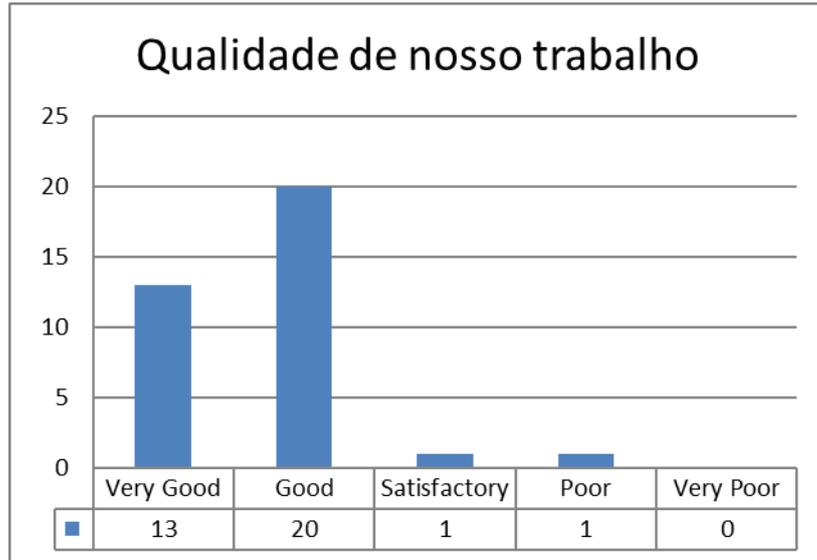


Figura 7. Avaliação pelos alunos da qualidade de seus trabalhos

A maioria dos alunos têm a percepção de que seus trabalhos foram conduzidos de acordo com os dados de entrada dados no início do projeto bem como que a qualidade dos seus trabalhos estavam em conformidade com os padrões estabelecidos. De fato, os estudantes tiveram ampliada suas gamas de conhecimento em termos de automação e robótica, utilizando a abordagem multidisciplinar.



Figura 8. Trabalho no desenvolvimento do projeto e comprometimento com os resultados

A maioria dos estudantes sentiram que eles foram os responsáveis pelos resultados finais do projeto. Isto mostrou que o PBL como metodologia inovadora de aprendizado deu a

eles o senso de responsabilidade para conduzir todas as atividades que resultaram no sucesso do projeto.

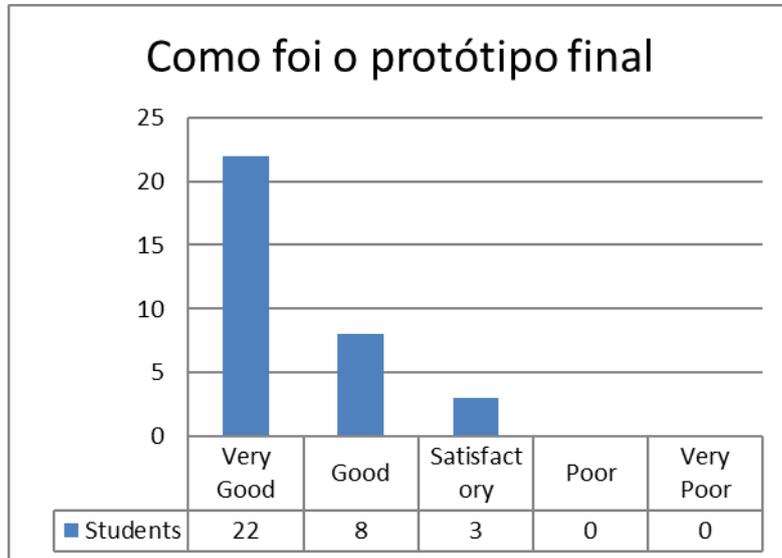


Figura 9. Avaliação do desempenho para o robô na fase final de montagem

A metodologia ativa desenvolveu no grupo a capacidade de ir além de seus limites e os levou a alcançar o objetivo final do projeto. Eles trabalharam na conceituação, projeto, fabricação, montagem e operacionalização. Todas as células de todos os grupos funcionaram conforme as especificações e dentro do prazo.

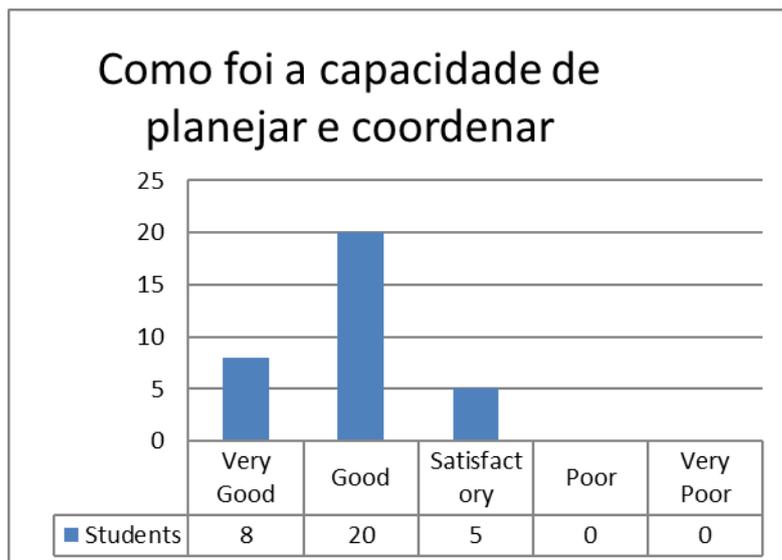


Figura 10. Desenvolvimento das habilidades em gerenciamento de projetos

O PBL como metodologia inovadora de aprendizagem desenvolveu nos estudantes o senso de planejamento e habilidade no gerenciamento de projeto. Embora, a disciplina correlacionada ao projeto fosse Manufatura Assistida por Computador, os alunos adquiriram um conhecimento profundo sobre gerenciamento.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho, a metodologia de aprendizagem, *Project-Based-Learning*, foi avaliada. Foi discutida a conceituação de PBL, bem como conceitos relacionados à robótica e automação como meios de se aplicar uma metodologia inovadora de aprendizagem.

Os passos para aplicação do PBL e os padrões adotados pela INICIATIVA CDIO foram seguidos e todas as atividades do projeto foram controladas pela metodologia 5W2H como uma ferramenta para guiar o gerenciamento do projeto. Utilizando o conceito *hands-on*, os estudantes conceberam, projetaram, construíram, montaram e implementaram a célula robotizada para manuseio. As características do robô foram medidas e confrontadas com os dados de entrada para o projeto. As habilidades dos alunos em termos de gerenciamento de projeto foram desenvolvidas.

Um questionário foi utilizado para a verificação da eficiência do PBL, usando o projeto de uma célula robotizada como principal motivação para os estudantes. Os resultados foram apresentados e avaliados. Como resultado obteve-se uma forte percepção dos times com relação a qualidade dos seus trabalhos, comprometimento com o resultado, construção de protótipo, capacidade de planejamento, espírito de trabalho em equipe e aquisição de novos conhecimentos quando utilizado um caminho eficiente quando o PBL foi aplicado como uma metodologia inovadora de aprendizagem.

Como recomendação para trabalhos futuros, foi sugerido que se conduza uma avaliação individual, seguida de uma avaliação em pares como uma forma de se avaliar a assimilação por parte dos alunos dos conceitos multidisciplinares quando se utiliza o PBL como metodologia.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adderley, K. *et al.* (1975). *Project Methods in Higher Education*. SRHE working party on teaching methods: Techniques group. Guildford, Surrey: Society for research into higher education.

Bolander, T., Fischer, P. Hansen, T. K. (2011). From Frustration to Success: A case-study in Advanced Design-Build Experiences. *Proceedings of the 7th International CDIO Conference*, Technical University of Denmark, Denmark, June 20-23.

CDIO (2010). *The CDIO Standards V.2.0*, www.cdio.org.

Conselho Nacional de Educação (2012). *Resolução CNE/CES 11,1-4*

Crawley, E. F., Malmqvist, J., Oestlund, S. & Brodeur, D. R. (2007). *Rethinking engineering education: The CDIO approach*. New York: Springer.

Duch, B. J.; Groh, S. E.; Allen, D. E. (2001). *Why problem-based learning? A case study of institutional change in undergraduate education*. In: Duch, B. J., Groh, S. E. & Allen, D. E. *The power of problem-based learning*. Virginia: Stylus

Felder, R. M., (2006), Teaching engineering in the 21st century with a 12th century teaching model: How bright is that?, *Chemical Engineering Education*, 1(4), 110-113

Grant, M. M. (2002). Getting a grip on project-based learning Theory, cases. A Middle School Computer Technologies *Journal*. State University, Raleigh, Vol.5.

Helle, L., Tynjala, P. e Olkinuora, E. (2006). Project-based learning in post-secondary education – theory, practice and rubber sling shots. *Higher Education*, 51(2), 287–314.

Jollands, M., Jolly, L.; Molyneaux, T. (2012). Project-based learning as a contributing factor to graduates' work readiness. *European Journal of Engineering Education*, 37(2), 143-15

Lehtovuori, A.; Costa, L.R.; Gonkala, M. (2007).The problem-based learning approach to teach elementar circuit analysis. *IEEE Transactions on Education*, 50, 40-51.

Lima, R. M.; Silva, J. M.; Janssen, N.; Monteiro, S. B. S.; Souza, J. C. F. (2012) Project-based learning course design: a service design approach. *Int. Journal of Services and Operations Management*, 11(3), 293-313.

Litzinger, T., Lattuca, L., Hadgraft, R.; Newstetter, W. (2011). Engineering Education and the Development of Expertise. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 123–150.

Lu, S. C-Y. (2007). *A scientific foundation on collaborative engineering*. Technical report. International Academy for Production Engineering.

Markham, T. Larmer, J., Ravitz, J. (2008). *A Aprendizagem Baseada em Projetos*. Artmed Editora S/A, Porto Alegre.

Mazur, E. (1996). *Peer Instruction: a Users Manual*. Benjamin Cummings

McRoberts, M. (2011). *Arduino básico*. 1 ° ed. Tradução e Rev. Rubens Prates, Camila Kuwabata, Rodrigo Stulzer, Marta Almeida de Sá Carolina Kuwabata, Rafael Zanolli, Edgard Damiani. São Paulo, SP copyright 2013 pela Novatec Editora Ltda.2011.

Mesquita, D.; Alves, A.; Fernandes, S.; Moreira, F.; Lima, R. M., (2009) A first year and first semester Project-Led engineering education approach. *Anais: Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education - PAEE2009*, Guimarães, Portugal, 2009, pp 181-189.

Niewoehner, R. et al. (2011). A Learning Science Foundation for Project-Based Learning in Engineering. *Proceedings of the 7th International CDIO Conference*, Copenhagen, June 20-23.

Niku, S. B. (2014) *Introdução à Robótica: Análise, Controle, Aplicações*. 2° ed. Tradução e Rev. Técnica. Sérgio Gilberto Taboada. Rio de Janeiro, RJ: LTC.

Roslöf, J. (2015).Sustaining CDIO Elements in an Institutional Restructuring Process. *Proceedings of the 11th International CDIO Conference*, Chegdu, Sichuan, P.R. China, June 8-11.

SolidWorks (2014).*Licença Educacional*

Wilkerson, L, & Gijsselaers, W. H. (1996).*Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice. New Directions for Teaching and Learning*, N.68, San Francisco, CA. Jossey-Bass.

Fonte: Times New Roman; Corpo: 12; Alinhamento: Justificado, sem separação de sílabas; Entre linhas: Espaçamento um e meio; Parágrafo: 1,5 cm; Margem: superior e esquerda - 3 cm; Inferior e direita - 2 cm).