

## UTILIZAÇÃO DA ESTRATÉGIA PJBL NO DESENVOLVIMENTO DE UMA CASA SUSTENTÁVEL

**Caio Silva Gonçalves** - caio.goncalves@engenharia.ufjf.br  
**Joyce Kelly de Souza Oliveira** – joyce.kelly@engenharia.ufjf.br  
**Luis Arthur Novais Haddad** – luis.novais@engenharia.ufjf.br  
**Pedro Paulo Surerus Sarmiento** – pedro.surerus@engenharia.ufjf.br  
**Thiago Ribeiro de Barros** – thiago.barros2016@engenharia.ufjf.br  
**Danilo Pereira Pinto** – danilo.pinto@ufjf.edu.br

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia  
Rua José Lourenço Kelmer s/n – Campus Universitário, Bairro São Pedro.  
36036-900 – Juiz de Fora - MG

**Resumo:** *Este trabalho tem o objetivo de complementar a formação em engenharia com o estudo, dimensionamento e implementação de um sistema de geração fotovoltaico, bem como uma rede de monitoramento sem fio no Laboratório Casa Sustentável (LCS). Utilizando as diretrizes da metodologia ativa de ensino Project Based Learning (PjBL), almeja-se que os discentes do Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica (PET Elétrica) consolidem e ampliem seus conhecimentos técnicos, assim como as habilidades transversais, consideradas características inerentes ao engenheiro moderno. Trabalhando a convite do Laboratório de Estudos em Conforto Ambiental (ECOS) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), o PET Elétrica teve a oportunidade de ajudar na formação de um espaço aberto ao público que propicia atividades de ensino, pesquisa e extensão, bem como a interdisciplinaridade entre arquitetura e engenharia, com o intuito de se contribuir na conscientização da população sobre moradias sustentáveis.*

**Palavras-chave:** *Metodologias ativas, Sustentabilidade, Internet das Coisas, Educação em engenharia, PjBL.*

### 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a relação homem-natureza torna o termo desenvolvimento sustentável muito discutido nos dias de hoje e a principal questão é como atingir um patamar de crescimento econômico sustentável. Segundo dados da United Nations Environment Programme (UneP), as edificações correspondem a 40% do consumo global de energia e por até 30% das emissões globais de gases de efeito estufa relacionadas ao consumo energético. Para as Nações Unidas, se nada for feito para mudar essa realidade e criar políticas públicas de controle do lançamento desses gases, os acordos definidos pelo Protocolo de Kyoto não serão cumpridos.

O LCS é um ambiente interdisciplinar que promove o ensino, pesquisa e extensão, com o intuito de se estudar e implementar técnicas relacionadas a sustentabilidade em ambientes construídos. O projeto veio da demanda do plano diretor do Jardim Botânico da UFJF e tem

como objetivo conscientizar a população sobre a adoção de técnicas construtivas de edificações que promovem um melhor conforto e desempenho ambiental.

Por se tratar de uma edificação, o projeto tem forte característica multidisciplinar, sendo uma parceria entre ECOS, Grupo de Estudos em Edificação Sustentável (GEES/CNPQ), PET Elétrica e vários segmentos de diversas áreas da UFJF.

Diante dessa realidade, o LCS é uma oportunidade de se trabalhar com dois temas distintos: fontes de energia renováveis e monitoramento remoto de variáveis que permitem a medição de conforto ambiental. Como essas são áreas um pouco distintas dentro da engenharia elétrica, os alunos do PET Elétrica envolvidos no projeto tiveram a oportunidade de adquirir conhecimentos pouco abordados na sala de aula, complementando assim a sua graduação.

Figura 1 – Esquema do Laboratório Casa Sustentável



## 2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do projeto, buscou-se aplicar tanto quanto possível a metodologia ativa de ensino PjBL, visto que esta possibilita o desenvolvimento de diversas características ao longo do mesmo. Além do conhecimento técnico adquirido, destacam-se outras características igualmente importantes para a formação de profissionais, como o trabalho em equipe, o desenvolvimento de habilidades transversais e de valores éticos e humanos (NOORDIN et al., 2011).

Tais habilidades e características são desenvolvidas a partir do momento em que os alunos, divididos em equipes, são forçados a identificar quais conhecimentos serão necessários para que o projeto seja colocado em prática. Uma vez que se saiba isto, identifica-se que alguns destes conhecimentos ainda não são de domínio dos mesmos, de forma que é necessário que se faça um levantamento para saber como adquiri-los. O tutor, nos projetos baseados em PjBL, tem o papel de facilitador da aprendizagem, auxiliando os alunos enquanto conduz discussões acerca do tema, fazendo perguntas de sondagem e fornecendo os materiais necessários para o desenvolvimento do projeto. Também cabe a este, o planejamento da sistemática de avaliação do projeto, de forma a identificar, no começo do projeto, quais habilidades e conhecimentos

seriam desenvolvidos, bem como, ao fim do mesmo, identificar quais foram de fato adquiridas (MCDONALD, 2010).

Dessa forma, tendo que estar sempre à frente do próprio conhecimento, os estudantes tornam-se vetores do mesmo, o que está de acordo com o parecer do Conselho Nacional da Educação (CNE), que diz que “o aprendizado só se consolida se o estudante desempenhar um papel ativo de construir o seu próprio conhecimento e experiência, com orientação e participação do professor” (CNE/CES, 2001).

O Artigo 4º das Diretrizes Nacionais Curriculares explicita, ainda, que a graduação em engenharia deve dotar os estudantes de diversas habilidades e competências gerais, tais como: saber comunicar-se nas formas oral, gráfica e escrita, ter discernimento para compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissional, bem como saber atuar em equipes multidisciplinares (CNE/CES, 2002). Porém estas não vêm sendo desenvolvidas de maneira satisfatória (FELDER, 2005), já que grande parte das Instituições de Ensino Superior (IES) de Engenharia ainda encontram resistência para alterar a “velha maneira” de ensinar.

Tendo em vista que o PjBL dota os estudantes dessas e outras características, considera-se que esta metodologia é adequada a educação em engenharia.

### **3 O PROJETO LABORATÓRIO CASA SUSTENTÁVEL**

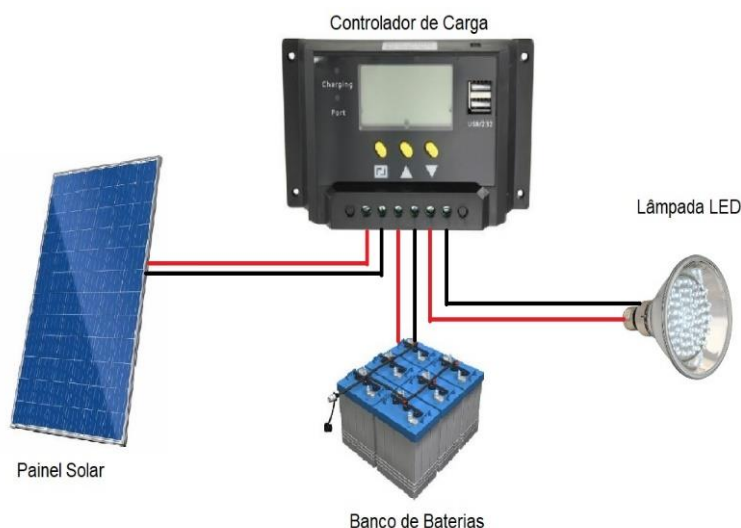
A equipe do ECOS trouxe ao PET Elétrica duas demandas para a Casa Sustentável, sendo uma delas o estudo e implementação de painéis solares, que seriam usados como demonstração de energia sustentável aos visitantes. A outra é a medição de parâmetros de conforto, que devem ser expostos em tempo real, para que se fosse possível distinguir como pequenas mudanças arquitetônicas geram mudanças significativas na percepção de bem-estar e comodidade.

O ponto de partida do projeto foi seu planejamento, uma vez que todas as demandas vindas da equipe do ECOS deveriam ser atendidas e adequadas da melhor forma. Reuniões semanais entre as duas equipes definiam tarefas e objetivos a serem seguidos, modelando quais conhecimentos os alunos do PET Elétrica envolvidos no projeto deveriam buscar e, posteriormente, desenvolver e implementar o que foi aprendido.

#### **3.1 Sistema fotovoltaico**

Com a necessidade de demonstrar aos visitantes do LCS o funcionamento e a importância do uso de fontes renováveis de energia, a utilização de painéis solares fotovoltaicos é de grande importância, uma vez que eles possuem grandes vantagens sobre outras fontes de energia, como não ser poluente e não contribuir para o efeito estufa. Entretanto, sua desvantagem ainda é o alto investimento necessário na compra e instalação de todos os componentes necessários.

Figura 2 – Exemplo de um sistema fotovoltaico *off-grid*.



Como a instalação tem o intuito de complementar a demanda de energia elétrica da Casa, foi escolhido o sistema *off-grid*, mostrado na Figura 2, que não necessita de nenhuma ligação com a rede elétrica vinda da distribuidora de energia e é bastante utilizado quando se deseja alimentar circuitos específicos de forma isolada. Como um exemplo, o sistema instalado contempla apenas a iluminação da recepção, com o uso de seis lâmpadas LED de 15W, e foram escolhidas pois, além de serem de corrente contínua, elas possuem maior durabilidade e eficiência quando comparadas às outras.

O principal componente do sistema é o painel solar, que é composto por células fotovoltaicas com capacidade de captar a radiação solar e transformá-la em energia. Dentre os diferentes tipos de painéis presentes, escolhemos o do tipo monocristalino que, apesar de possuir um preço mais elevado em relação ao policristalino, possui maior eficiência em seu funcionamento, cerca de 15% a 21%.

As baterias também possuem papel importante, visto que não há geração de energia no período da noite e a quantidade de radiação solar incidente sobre as placas varia ao longo do dia, o que poderia provocar níveis de tensão indesejados sobre as baterias, ocasionando problemas para o sistema.

Os controladores de carga são responsáveis por ajustar o nível de tensão vindo dos painéis solares para a bateria, otimizando e prolongando a vida útil das mesmas. Eles são fabricados com a tecnologia PWM (Pulse Width Modulation) que, apesar de apresentarem menor eficiência que seu concorrente, MPPT (Maximum Power Point Tracking), possuem um custo muito mais baixo, cerca de 50% mais baratos.

Com a etapa do conhecimento acerca da tecnologia concluída, pôde-se partir para o dimensionamento propriamente dito, que irá permitir saber o número de painéis necessários para atender a nossa demanda, bem como a dimensão da bateria e do controlador. Com os cálculos baseados em (PINHO, 2014) para a instalação de 6 lâmpadas LED de 15W, que totalizam 90W, temos na tabela 1 os tipos e quantidades de todos os materiais necessários, bem como uma média dos preços de mercado de todos os componentes, mostrando assim que é possível realizar essa instalação com um valor acessível.

Tabela 1 – Materiais necessários para instalação do sistema solar fotovoltaico

Material	Especificação	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Lâmpadas	LED 15W	6	R\$12,40	R\$74,4
Painel Fotovoltaico	Monocristalino 150 Wp	3	R\$399,00	R\$1197,00
Controlador de Carga	Corrente de 45A, PWM, tensão de 12V	1	R\$699,00	R\$699,00
Bateria	Estacionária, 240Ah	2	R\$1389,00	R\$2778,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$4748,40</b>

### 3.2 Sensoriamento

Com o objetivo desse projeto ser um objeto de estudo e aprendizagem, procurou-se utilizar uma plataforma livre que tivesse fácil linguagem de programação e ferramentas acessíveis com baixo custo. A plataforma escolhida foi o Arduino, que teve a sua primeira placa lançada em 2005 por um grupo de desenvolvedores italianos que buscavam um meio de interagir em projetos escolares, mas com um orçamento muito menor com relação a outros sistemas de prototipagem eletrônica existentes na época. Seu projeto é baseado no microcontrolador da família Atmel AVR, que possui uma série de funções fundamentais no projeto de sistemas embarcados, tais como conversor analógico-digital, interrupções, entradas e saídas digitais, interface serial, etc. Quanto à programação, a linguagem utilizada é baseada em C/C++, amplamente difundida e de fácil entendimento para estudantes e não conhecedores da área e o seu ambiente de programação é a Arduino IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado), que é uma aplicação multiplataforma de fácil familiarização e inclui alguns recursos como identificação automática e realce de sintaxes, e também um compilador interno, capaz de carregar os programas desenvolvidos para a placa de forma rápida e prática.

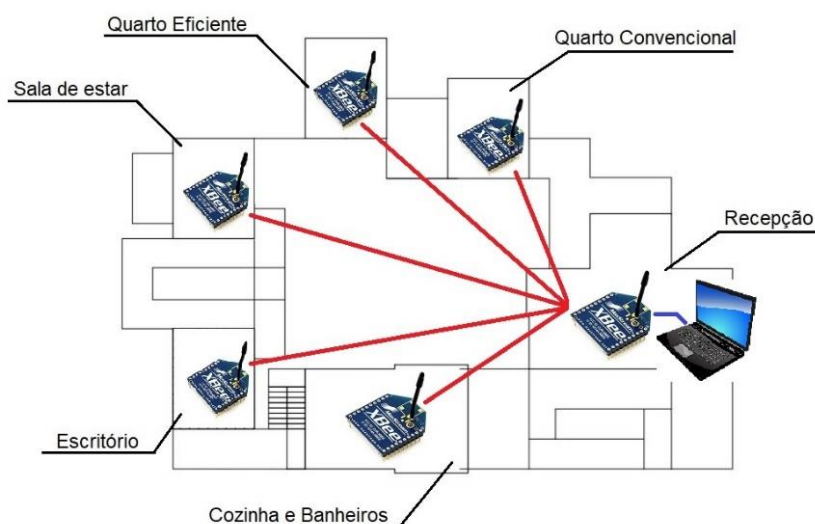
Ao se utilizar o Arduino, amplia-se o número de opções de fácil compreensão e implementação quando se trata de sensoriamento. Com o propósito de termos em todos os cômodos de visitaçao da Casa Sustentável a medição dos parâmetros de conforto, três tipos diferentes de sensores precisaram ser utilizados, sendo eles o de temperatura, umidade e luminosidade. O sensor AM2302 é capaz de medir temperaturas na faixa de -40°C até 80°C, assim como a umidade na faixa de 0% até 100%, e apresenta uma boa precisão na medição, o que o torna um sensor de elevado custo-benefício. Para a medição da luminosidade do ambiente foi utilizado o sensor TSL2561, que é um avançado sensor digital com faixa de medição de 0,1 lux até 40000 lux, sendo muito mais preciso que os clássicos sensores LDR (Resistor Dependente de Luz).

Pensando na construção arquitetônica da Casa, julgou-se necessário que esses sensores passassem praticamente despercebidos pelos visitantes, com isso deve-se tornar o hardware “móvel”, ou seja, se comunicar sem a utilização de fios, tanto para comunicação de dados quanto para alimentação. Dentre as diversas tecnologias de comunicação sem fio disponíveis, foi utilizado o módulo Digi Xbee PRO S1, que se baseia no padrão ZigBee (IEEE 802.15.4), e

nos proporciona baixo custo de implementação e manutenção como também requer baixa potência de operação, o que o torna ideal para aplicações embarcadas que façam uso de baixas taxas de envio de dados e baixo consumo de energia. O uso de uma bateria de 7,4V 1000mAh também proporciona ao sistema certa autonomia com o uso de algumas técnicas que visam economia de energia. Tanto os microcontroladores Atmel quanto os módulos Xbee possuem um modo de funcionamento chamado de dormência (“Sleep”), o qual é possível desligar a maioria dos seus periféricos internos que mais consomem energia, ligando-os novamente apenas durante poucos segundos para coletar e transmitir os dados coletados pelos sensores, o que nos permite elevar o tempo de duração da bateria em até 300%.

Os sensores, bem como o módulo Xbee, podem ser empilhados no Arduino, visto a facilidade para prototipagem de sistemas embarcados que a plataforma possui. Esse conjunto é distribuído por todos os cômodos da casa, que se conectam a um computador que coordena toda a rede ZigBee e a troca de dados. A Figura 3 exemplifica a distribuição física dos dispositivos e funcionamento da rede.

Figura 3 – Distribuição dos sensores no LCS



#### 4 RESULTADOS

O projeto tem a função de promover o desenvolvimento social, fomentando os saberes populares sobre a sustentabilidade ambiental e social, sendo o papel não só dos profissionais envolvidos na construção da casa, mas também da sociedade como um todo, promovendo uma ampla mudança quanto à perspectiva de novos lares com conforto e ao mesmo tempo sustentáveis.

O Laboratório é um projeto que abrange diretamente a tríade ideológica educacional, pesquisa, ensino e extensão. O desenvolvimento teórico e a realização prática das atividades agrega a experiência do autodidatismo, uma vez que foi preciso que os alunos buscassem a compreensão do assunto, ressaltando que a qualquer momento que surgisse dúvidas o petiano coordenador estava disposto a ajudar, além de professores qualificados e outros alunos fora do projeto. Dessa forma, a interação entre o grupo através das reuniões e discussões levam à perpetuação e disseminação do conhecimento, não só dos alunos, mas também dos visitantes, através das explicações sobre o sistema de monitoramento e fotovoltaico. Por conseguinte, a

responsabilidade social e ambiental é estimulada por meio de todo esse processo, pois, ao longo de todo o trabalho, a importância do papel dos engenheiros no que tange a sustentabilidade é evidenciada.

Durante o andamento do projeto, as atividades a serem desenvolvidas eram distribuídas semanalmente a todos, sendo que estes deveriam retornar com o trabalho feito ou idealizado para uma reunião após um certo prazo e os alunos discutiam entre si as diferentes formas de se resolver determinado problema, com o intuito de obter sempre a melhor solução. Essa metodologia fez com que os participantes do projeto conseguissem fortalecer competências-chave para sua carreira como engenheiro.

A Figura 4 mostra resultados positivos em relação ao desenvolvimento das habilidades analisadas, podendo destacar o senso de responsabilidade, tendo nota, em uma escala de um a cinco, 5 de 80% do grupo, que entende que o projeto ajudou na pontualidade e cumprimento de prazos. Trabalho em equipe, criatividade e resolução de problemas são outras competências com números satisfatórios, recebendo nota 5 de 60% do grupo e tendo nota 4 de uma porcentagem significativa.

Figura 4 – Resultados da pesquisa com alunos envolvidos no projeto



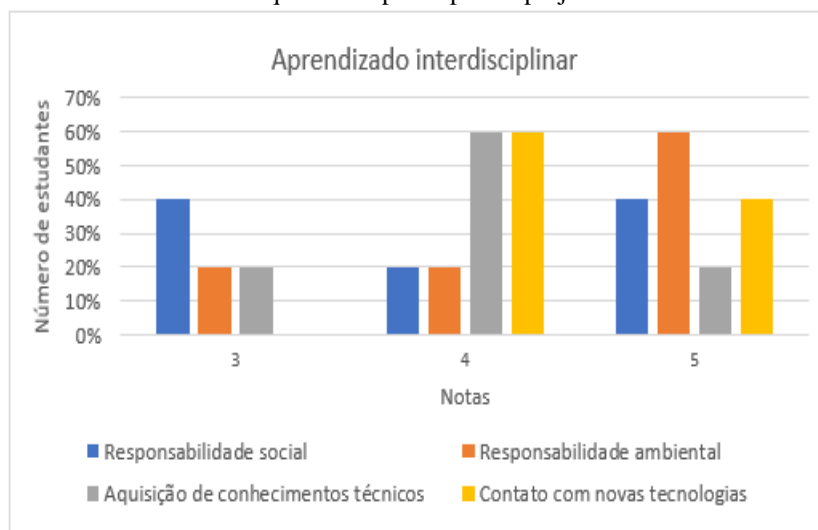
Outra característica de destaque é a gestão do tempo, recebendo apenas notas 4 (80%) e 5 (20%), uma capacidade muito bem estimulada e trabalhada com a ajuda do planejamento no início do projeto.

Além das diversas habilidades transversais estimuladas, o projeto ajudou os petianos observarem com outros olhos o futuro, fazendo-os pensar na importância do Laboratório para o meio ambiente e novas gerações. A pesquisa relacionada ao aprendizado geral dos alunos, tem a intenção de ver o quão importante foi o projeto para o aprendizado interdisciplinar, listando algumas competências gerais, como mostra a figura 5.

A responsabilidade ambiental ganhou destaque recebendo nota 5 de 60% da equipe, comprovando que o projeto pode fazer as pessoas entenderem a importância de cuidar do lugar que moramos. A parte voltada para as competências técnicas também teve resultados satisfatórios, sendo que o desenvolvimento de conhecimentos técnicos teve notas 4 e 5 de respectivamente 60% e 20% do grupo, mostrando que foi possível aprender assuntos relacionados a engenharia. Outro dado importante está relacionado ao “Contato com novas

tecnologias”, que recebeu apenas notas 4 (60%) e 5 (40%), comprovando que alunos estão sempre descobrindo coisas novas e usando sua criatividade para aplicá-las.

Figura 5 – Pesquisa sobre o aprendizado adquirido ao participar do projeto



A iniciativa do PET Elétrica em assumir o projeto e desenvolvê-lo foi de suma importância para o crescimento técnico, profissional, social e ambiental de seus membros, como pode ser observado com as pesquisas.

## 5 CONCLUSÃO

A partir do trabalho apresentado, foi possível observar que o projeto agregou conhecimento à equipe envolvida, uma vez que ao se colocar em prática a metodologia PjBL, os alunos desenvolveram a parte prática, pouco abordada no método clássico de ensino ainda visto na maioria das graduações em Engenharia nas universidades brasileiras.

Além disso, vale ressaltar a importância do LCS para a realização das tarefas multidisciplinares desenvolvidas pelo grupo (incluindo as equipes dos outros cursos), uma vez que com a divisão das tarefas, cumprimento de prazos, entendimento e compreensão das atividades propostas, os estudantes desenvolvem competências indispensáveis a um bom profissional.

Por fim, de acordo com as auto avaliações, o resultado no aprendizado dos alunos envolvidos foi bastante satisfatório. Constatou-se que estes absorveram conhecimentos interdisciplinares e extracurriculares durante o desenvolvimento do projeto, ainda que de maneira prévia, complementando à formação do engenheiro.

### *Agradecimentos*

Ao Programa de Educação Tutorial PET/MEC, a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora e ao Laboratório de Estudos em Conforto Ambiental pelo suporte para realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS



BEZERRA RAMOS, Jadeilson de Santana. **Instrumentação Eletrônica Sem Fio**. São Paulo: Editora Érica, 2012.

Arduino. What is Arduino?. 2017. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>. Acesso em: 02 de março de 2018.

CNE/CES. Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior. **Parecer CNE/CES 1.362/2001** – Homologado, 2001.

CNE/CES. Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior. **Resolução CNE/CES 11**, de 11 de março de 2002.

FELDER, R. M.; **Engineering Education in 2015 (or Sooner) Proceedings of the 2005**. Regional Conference on Engineering Education, December 12-13, Johor, Malaysia, 2005.

JR, Sergio Luiz Stevan; SILVA, Rodrigo Adamshuk. **Automação e instrumentação industrial com arduino: Teoria e Projetos**. São Paulo: Editora Érica, 2015.

McDONALD, B. **Improving Teaching and Learning Through Assessment: a Problem-Based Learning Approach**. Common Ground Publishing, Sidney, 2010.

NOORDIN, M. K.; NASIR, A. N.; ALI, D. F.; NORDIN, M. S. **Problem-Based Learning (PBL) and Project-Based Learning (PjBL) in engineering education: a comparison**. Proceedings of the IETEC'11 Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 2011.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Grupo de Trabalho de Energia Solar - GTES, CEPEL. Rio de Janeiro, 2014.

## UTILIZATION OF THE PJBL STRATEGY IN THE DEVELOPMENT OF A SUSTAINABLE HOUSE

***Abstract:** This work aims to complement engineering training with the study, design and implementation of a photovoltaic generation system, as well as a wireless monitoring network in the Laboratório Casa Sustentável (LCS). Using the guidelines of the Project Based Learning (PjBL) teaching methodology, it is hoped that the students of the Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica (PET Elétrica) will consolidate and expand their technical knowledge, as well as transversal skills, considered inherent characteristics of the modern engineer. Working at the invitation of the Laboratório de Estudos em Conforto Ambiental (ECOS) of the Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), PET Elétrica was able to help in the creation of a space open to the public that provides teaching, research and extension activities, as well as the interdisciplinarity between architecture and engineering, with the aim of contributing to the population's awareness of sustainable housing.*

***Key-words:** Active methodologies, Sustainability, Internet of Things, Engineering Education, PjBL.*