



O ENSINO DE FÍSICA NA ARQUITETURA: A ENERGIA DO HIDROGÊNIO

Necleto Pansera Jr¹, Luiz Eduardo Schardong Spalding¹, Artur Hahn Spalding², Rodrigo C. Fritsch², Juliana Garcez Grazziotin³

¹Universidade de Passo Fundo/PPGECM/105691@upf.br

²Universidade de Passo Fundo/Curso de Arquitetura e Urbanismo

³Universidade de Passo Fundo/Curso de Engenharia Ambiental

RESUMO: Este trabalho apresenta uma proposta de ensino de física para os cursos de arquitetura, sugerindo uma metodologia para inserir o tema de geração local de energia elétrica. Entre as opções possíveis de geração local, é apresentada a seguinte proposta: a produção de hidrogênio por eletrólise da água da chuva filtrada, com uso de energia solar fotovoltaica, e a produção de energia elétrica utilizando células a combustível com o hidrogênio e o oxigênio obtidos na eletrólise. A proposta de ensino foi executada em uma turma do curso de arquitetura, onde foi realizada uma palestra, seguida de um experimento de eletrólise da água e da geração de eletricidade. Dois questionários foram aplicados aos alunos, antes e depois da palestra, trazendo subsídios para melhorar a proposta de ensino. A pesquisa tem sequência nas duas áreas, física e arquitetura, para discutir possíveis ementas e em quais disciplinas da graduação em arquitetura estas podem ser inseridas.

Palavras Chaves: células a combustível, ensino de física na arquitetura, energia do hidrogênio.

1 INTRODUÇÃO

Realizar pesquisa na área de energia limpa é motivador para qualquer grupo de pesquisa. Evidentemente, sabemos que a energia elétrica é fundamental para o nosso conforto e até mesmo podemos estar despreparados para viver sem ela, o que a torna também fundamental para nossa existência. A dependência que temos dela nos assusta e por esta razão, é normal darmos atenção a este assunto, inclusive ao tema de energia limpa e renovável. Os governos de diversos países têm investido em alternativas tecnológicas para produzir energia elétrica limpa e renovável. Em 2003 uma iniciativa resultou em um acordo internacional que se destina a preparar os países para a economia do hidrogênio (IPHE, 2003), inclusive o Brasil. O uso do hidrogênio já é uma realidade em vários países, mas ainda existem desafios que os acordos internacionais pretendem combater juntos. Uma das metas do IPHE é preparar seus países para o ano 2020, quando estima-se que haverá viabilidade econômica para a utilização da energia do hidrogênio em diversas aplicações. Pensando nestas previsões, é provável que os cursos de graduação tratem deste assunto em suas ementas curriculares. Percebemos que alguns cursos

de arquitetura tratam de energias limpas, mas não mencionam a energia do hidrogênio. Essa percepção ocorreu em conversas com alguns professores de cursos de arquitetura na região norte do Rio Grande do Sul. Percebemos que quase a totalidade dos professores destes cursos sabem como preparar um telhado para receber painéis fotovoltaicos e também armazenar água da chuva. Entretanto, a maioria não planejou ainda uma obra para receber as células a combustível (CaC) de hidrogênio e os equipamentos acessórios necessários.

Nosso entendimento é de que os professores de física podem ajudar os demais cursos a preparar ementas e metodologias. O principal objetivo é planejar, aplicar e avaliar uma proposta de ensino no curso de arquitetura com o assunto: a energia do hidrogênio para motivar futuros arquitetos a planejar suas obras com esta alternativa de utilizar energia limpa a partir de CaC.

Na sequência, colocamos um resumo com informações básicas sobre a geração de energia no local e sobre a tecnologia CaC.

Não faremos revisão de conteúdos sobre painéis fotovoltaicos e purificação de água da chuva por serem mais conhecidos pelos arquitetos.

Geração distribuída x geração centralizada

Segundo o Plano Nacional de Energia 2030, divulgado pelo (MME, 2008), as células a combustível possuem potencial para impactar todo o setor energético, pela sua simplicidade, ausência de partes móveis, modularidade e elevada eficiência, estando qualificada para uso na geração distribuída de energia elétrica. Em vários documentos técnicos sobre o assunto, a geração no local onde a energia elétrica é utilizada é chamada de geração distribuída. É importante para o arquiteto ter estas duas concepções, inclusive é importante também um breve comentário sobre como estes dois sistemas estão sendo utilizados atualmente.

A geração centralizada utiliza uma usina geradora, normalmente distante do local de consumo, como por exemplo, uma grande hidrelétrica. Esta necessita de uma infra-estrutura de transmissão e distribuição de energia elétrica como grandes postes de transmissão, nos campos, e postes menores de distribuição, nas cidades. A geração distribuída é aquela em que a geração de energia elétrica ocorre no próprio local de consumo, ou muito próximo dele, como, por exemplo, no mesmo bairro ou na própria residência. Alguns modelos de geração distribuída estão interligados à infraestrutura de distribuição de energia de concessionárias para suprir energia complementar, quando a geração local não está ocorrendo. Um exemplo disto, é o contrato entre o consumidor e a concessionária de energia elétrica, no qual, os painéis solares fotovoltaicos comprados e instalados pelo consumidor, produzem energia local durante o dia e cedem parte da energia não utilizada para a concessionária. No período da noite, a concessionária devolve a energia emprestada durante o dia. Este é o modelo vigente em muitos países, inclusive no Brasil em 2017.

Outra possibilidade, ainda não disponível para todos os consumidores, pois necessita de estudos técnicos, legais e econômicos, é armazenar a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos e não consumida durante o dia para armazenar de outra forma, sem emprestar para a concessionária. É este modelo que está em discussão neste texto.

Células a Combustível (CaC)

As células a combustível, de acordo com Neto (2005), foram desenvolvidas por volta de 1839 por William Grove, na Inglaterra. Ele já conhecia o processo de eletrólise e resolveu testar seu processo reverso. Usou o hidrogênio e o oxigênio para a produção de eletricidade e água. O experimento, mesmo sendo exitoso, não teve aplicações práticas naquela época. As células a combustível (CaC) somente começaram a se desenvolver quando Francis Thomas Bacon construiu as células com eletrólito alcalino.

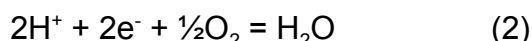
Foram os programas espaciais que fortaleceram as pesquisas nesta área. A sua primeira utilização prática ocorreu em naves espaciais, pois além de gerar energia com o próprio combustível do Foguete, ainda gerava água pura e quente como resíduo.

Uma célula a combustível consiste em um transformador de energia eletroquímica, com dois eletrodos de difusão gasosa responsáveis por catalisar a reação, separados por um eletrólito. A célula oxida hidrogênio/combustível no ânodo – negativo – e reduz oxigênio/oxidante no cátodo – positivo (CASTILHO, 2004).

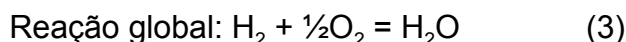
Seu funcionamento se dá da seguinte forma. Primeiramente, o hidrogênio é oxidado a prótons no ânodo, liberando elétrons, conforme a reação mostrada na equação 1:



Na CaC, esses elétrons (2e^-) passam, então, por um circuito externo, gerando corrente elétrica, enquanto os prótons (2H^+) atravessam uma membrana/eletrólito no sentido do cátodo, onde se encontra o oxigênio, tendo a água como produto. Dessa forma, a reação, mostrada na equação 2, ocorre no cátodo.



A reação global do processo é exotérmica (equação 3), e tem como produtos somente água e calor (energia térmica) e é demonstrada abaixo.



Um esquema deste processo é ilustrado na Figura 1.

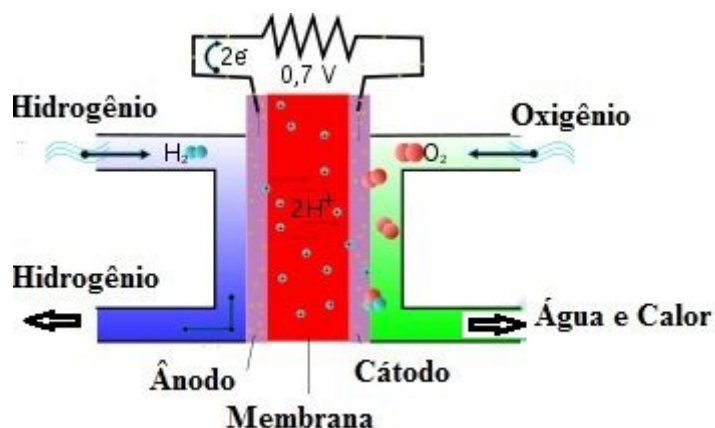


Figura 1 – Desenho esquemático de uma célula a combustível.

Acesso em 22 de maio de 2017 e disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_de_combust%C3%ADvel

Na Figura 1, a energia elétrica produzida é representada pela tensão elétrica de 0,7 V e pela corrente elétrica com apenas dois elétrons circulando por um determinado tempo pela carga resistiva da figura. As células comerciais tem cerca de 150 peças como esta da Figura 1, ligadas de tal forma que fornecem uma potência elétrica de 30 kWatts, suficiente para uma residência com 4 pessoas. Um módulo de CaC como este de 30 kW tem cerca de 55 Kg e dimensões de 33 x 43 x 16 cm.

Algumas vantagens das CaC são: alta eficiência de conversão de energia, ausência de ruído, baixa ou nenhuma emissão de poluentes, resultando em nenhuma restrição para licença de operação quanto a isso, não dependência de centrais geradoras de energia elétrica, facilidade de expansão (modularidade), possibilidade de utilização do calor residual, resposta rápida em flutuações de demanda, alta confiabilidade, baixo custo de manutenção e possibilidade de utilização contínua. Por outro lado, as desvantagens da tecnologia envolvem a sensibilidade à contaminação pela ação de alguns componentes do combustível e a elevada relação custo/potência devido aos materiais nobres utilizados (CASTILHO, 2004).

As CaC têm ganhado espaço nos últimos dez anos, talvez, em função das grandes montadoras de veículos estarem estudando e desenvolvendo esta tecnologia. No Japão, o país com mais carros a hidrogênio, já existem fábricas específicas para produção em escala destes automóveis. Por isso, espera-se que ocorra, em breve, uma significativa redução de custos desta tecnologia. Se isto ocorrer até 2020, como é a estimativa do IPHE, o Brasil poderá não ter preparado recursos humanos suficientes para este mercado.

Neste contexto futurista, ou nem tanto, encontramos o papel do professor, que deve trazer para si a responsabilidade de educar os jovens para que tenham condições de fazer as suas escolhas e expressar as suas opiniões baseadas na sua educação, quer seja na disciplina de eletricidade do ensino médio, quer seja na educação profissional ou do ensino superior. Na proposta deste texto, estamos buscando uma alternativa específica para o curso de graduação em arquitetura e, por meio dos resultados obtidos, avaliar possíveis mudanças e propor novas atividades em outros cursos de graduação.

2 METODOLOGIA/ DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES

O planejamento das atividades foi realizado considerando a oportunidade de utilizar um tempo de 40 minutos da disciplina de conforto ambiental do curso de arquitetura de uma universidade da região norte do Rio Grande do Sul. Foi elaborado um plano de aula, contendo:

- a) um questionário inicial contendo 10 perguntas a serem respondidas em 5 minutos, tendo cada uma 3 alternativas: certo; errado; não sei responder;
- b) uma apresentação oral em 15 minutos, com apoio de projetor multimídia;
- c) uma demonstração da tecnologia em 15 minutos, com o Kit didático da empresa Horizon;
- d) um questionário final contendo 8 perguntas a serem respondidas em 5 minutos, tendo cada uma 4 alternativas.

Para a demonstração da produção do hidrogênio e posterior conversão em energia elétrica foi utilizado um kit didático da empresa Horizon, mostrado na Figura 2.



Figura 2: Kit didático que utiliza uma célula de combustível que realiza duas funções: faz e eletrólise e também a geração de energia elétrica. Acesso em 22 de abril de 2017 e disponível em <http://www.horizoneducational.com/didactic-material/>

Os questionários foram elaborados de acordo com o conteúdo da palestra e da demonstração da tecnologia, de forma que todos os estudantes tivessem condições de responder corretamente as oito perguntas finais.

Como esta seria a primeira palestra sobre o assunto, não teríamos parâmetros de comparação com outras turmas para poder indicar um valor de acertos satisfatório. Desta forma, o único parâmetro de comparação é do questionário final (houve aprendizado?) com o questionário inicial (quais eram os conhecimentos prévios?). Um resultado extraordinário, mesmo que irreal, seria: todos os alunos responderem a alternativa “não sei responder” em todas as dez perguntas do primeiro questionário e no questionário final, responderem corretamente todas oito as perguntas.

Para analisar as respostas dos questionários, categorizamos as perguntas em 5 grupos:

- a) Grupo 1: uso de painéis fotovoltaicos;
- b) Grupo 2: produção de hidrogênio por meio da eletrólise da água e o armazenamento do gás hidrogênio;
- c) Grupo 3: uso das CaC para produção de energia elétrica;

- d) Grupo 4: custo de produção e venda de energia com CaC;
- e) Grupo 5: projetos arquitetônicos atuais contemplam CaC.

Os seguintes links podem ser acessados para se obter detalhes dos questionários e do conteúdo da apresentação:

Questionários inicial e final :

https://docs.google.com/document/d/1mttnF6_PGhuPdx2ATCTK3quZ6ZHcTIVLtDzpNTfwluQ/edit?usp=sharing.

Apresentação:

https://docs.google.com/presentation/d/1iA9veqv99L5PPZrHMDQ-2bLnsy4KhRoM1_81TG2-chg/edit?usp=sharing.

3 RESULTADOS E ANÁLISE

Após um treinamento para executar o plano de aula para o primeiro contato com os alunos do curso de graduação de arquitetura, realizamos a atividade com 33 alunos em 80 minutos, e não em 40 minutos como era previsto, no período da noite, como uma atividade da disciplina de Conforto Ambiental III.

Análise do tempo da atividade e uso do google forms

A nossa expectativa quanto ao tempo de resposta dos dois questionários foi o dobro do esperado. Utilizamos o recurso do Google Forms e, no primeiro questionário, 27 alunos responderam desta forma, e outros 6 não tinham conseguido acesso à rede internet pelos seus telefones móveis. Já no segundo questionário, 13 responderam usando o Google Forms e 20 pediram a folha impressa, por entenderem ser mais rápido e cômodo para responder. Embora este tipo de análise de resultado não fizesse parte do escopo desta pesquisa, trouxe-nos subsídios para rever nosso método de elaborar o questionário.

A apresentação, que deveria ocorrer em 15 minutos, foi completada em 25 minutos. O experimento ocorreu no tempo normal, com os alunos se posicionando em volta de uma mesa, onde estava o kit (Figura 2). Houve um período de tempo para perguntas dos alunos, com o objetivo de complementar alguma informação que não tivesse sido mencionada durante a apresentação.

Análise das respostas dos questionários

O primeiro grupo de perguntas, referente ao uso de painéis fotovoltaicos e sua aplicação voltada para a geração local, separamos as perguntas: 2, 4 e 5 (99 respostas) do questionário inicial e 12 e 14 (66 respostas) do final.

Os gráficos estão no formato de colunas verticais, onde as três colunas da esquerda se referem às perguntas do questionário inicial e as duas da direita às perguntas do questionário final.

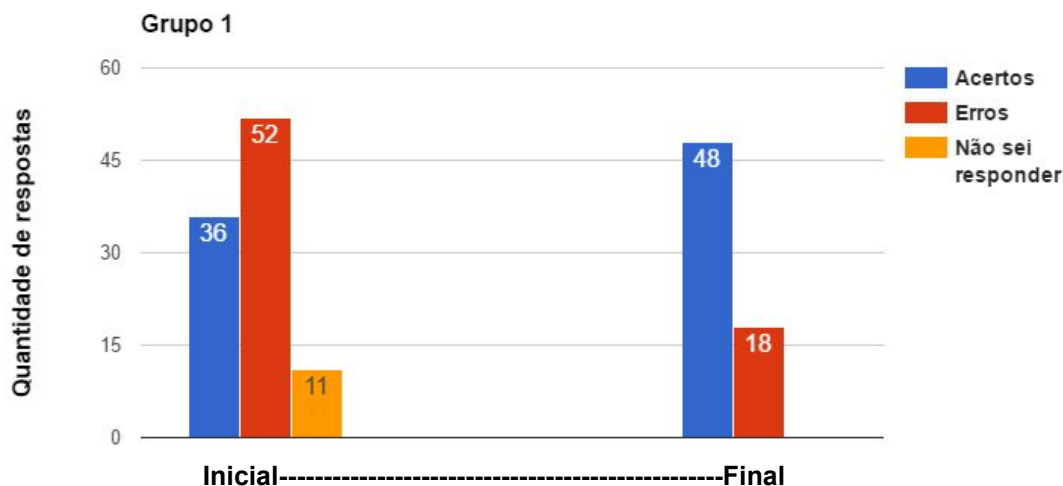


Figura 3: Respostas do questionário inicial e final sobre diferença entre painel fotovoltaico e painel de aquecimento de água

Observando a Figura 3, podemos perceber que inicialmente os alunos não possuíam conhecimentos referentes à diferença entre um painel fotovoltaico e um painel solar para aquecimento da água, e que no final da apresentação este resultado se inverteu.

Para o grupo 2 selecionamos as perguntas 3 e 6 do questionário inicial e 13 e 15 (66 respostas) do final, que estão vinculadas aos conhecimentos relacionados à produção de hidrogênio por meio da eletrólise da água e o armazenamento do gás hidrogênio.

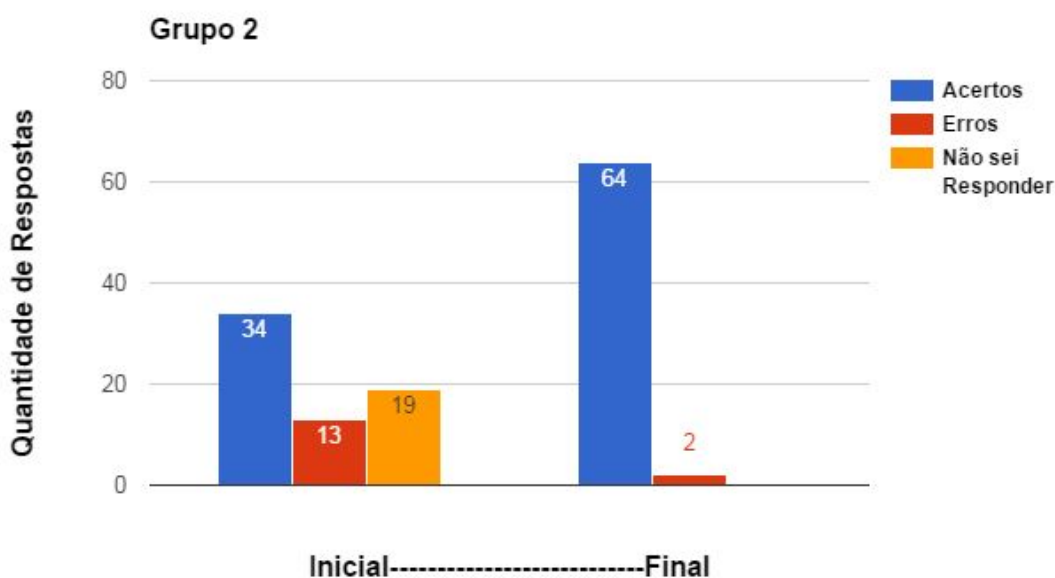


Figura 4: Respostas do questionário inicial e final sobre a eletrólise da água e armazenamento de gás hidrogênio.

Verificamos na Figura 4 que os estudantes, ao fim da apresentação, obtiveram um excelente aproveitamento, pois inicialmente o grupo estava dividido e ao fim a maioria dos alunos acertaram as questões.

No grupo 3 selecionamos as questões 1, 7 e 8 (99 respostas) do inicial e

11 e 16 (66 respostas) do questionário final. Com estas perguntas possuímos a intenção de verificar os conhecimentos dos alunos referente à conversão da energia contida no gás hidrogênio em energia elétrica.

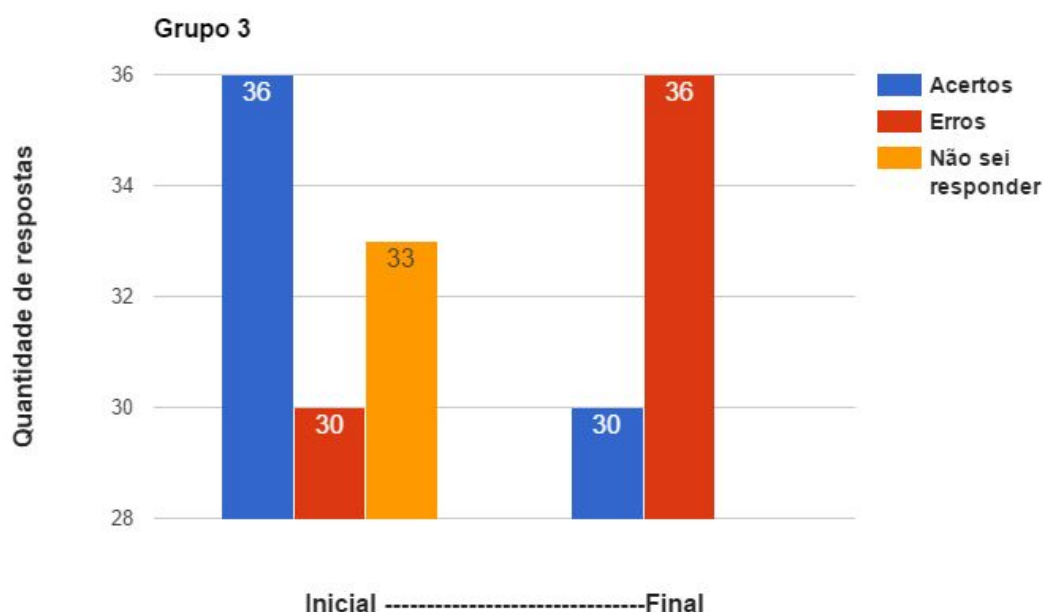


Figura 5: Respostas do questionário inicial e final sobre o uso da CaC para gerar energia e a eletrólise para gerar hidrogênio e oxigênio.

A partir dos resultados demonstrados na Figura 5, verificamos que nossa apresentação ainda não se mostrou muito eficaz, principalmente em relação ao uso das CaC, pois a metade dos alunos na pergunta número 16, não soube diferenciar as CaC do fenômeno da eletrólise.

O grupo 4, composto pelas perguntas 9 e 17 do questionário inicial e final (33 respostas cada) respectivamente, questiona os alunos a respeito dos custo de produção e venda de energia elétrica relacionados às CaC. Analisando os resultados da Figura 6, percebemos que precisamos tornar mais evidentes os conceitos sobre a eficiência energética dos processos de geração de energia elétrica, bem como a análise dos custo de operação, produção e distribuição dos diferentes processos de obtenção de energia elétrica.

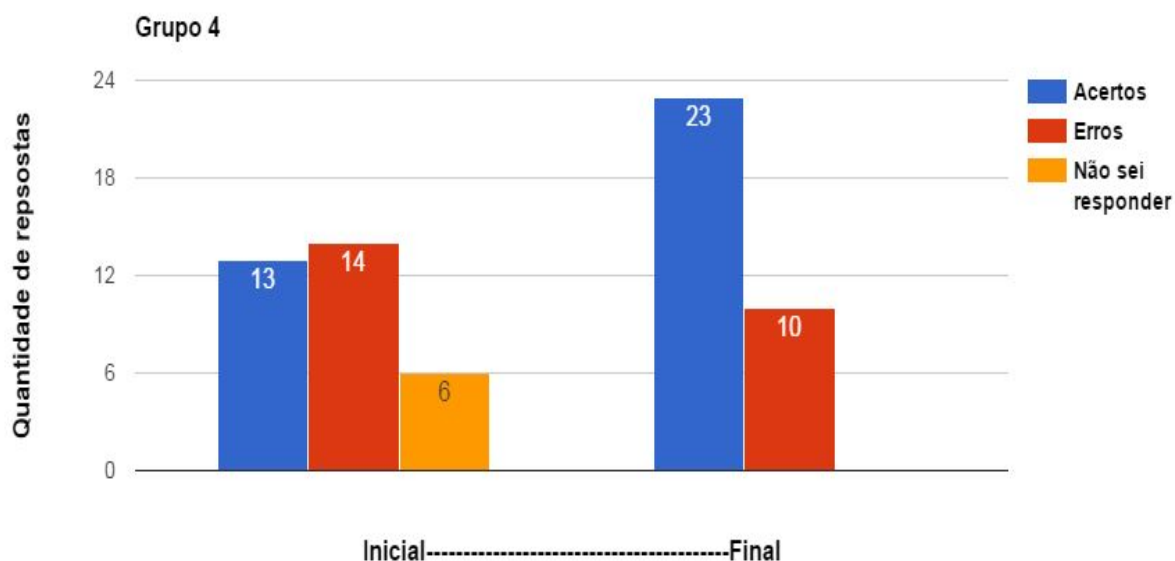


Figura 6: Resposta do questionários inicial e final sobre o custo de produção e venda de energia elétrica relacionados às CaC.

As perguntas 10 e 18 compõem o grupo 5, e têm como intenção verificar se os projetos arquitetônicos atuais, sejam eles desenvolvidos por alunos ou estudados durante o curso (Pergunta 10), já contemplam a hipótese de uso da tecnologia de geração local de eletricidade e quais os acadêmicos já optaram em aplicar este tipo de tecnologia em seus projetos durante a graduação (Pergunta 18).

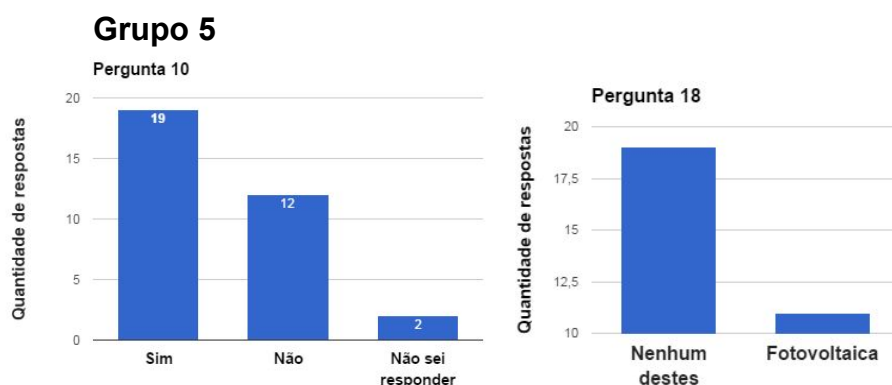


Figura 7: Respostas das perguntas 10 (inicial) e 18 (final) sobre se os projetos arquitetônicos atuais já contemplam as CaC e se os alunos já desenvolveram algum projeto com alguma forma de geração local de eletricidade.

Podemos observar com o resultado da pergunta 10, que os alunos possuem dificuldade em compreender o termo geração local de eletricidade, e com a pergunta 18 fica evidente que este ainda é um tema pouco pesquisado e desenvolvido pelos acadêmicos do curso de arquitetura.

4 CONCLUSÕES

Esta primeira experiência no curso de arquitetura trouxe alguns resultados que serão úteis para melhorar a próxima atividade. Entre as melhorias necessárias, está o aumento do tempo da apresentação. É importante ter tempo suficiente para explorar os conteúdos a ponto de motivar os alunos e apresentar os subsídios necessários para que entendam como utilizar esta tecnologia em sua vida profissional. Desta forma, devemos ampliar o tempo planejado para a apresentação, de 15 minutos para 25 minutos. Também é necessário dar maior atenção à diferença entre eletrólise e geração de energia, que foi a pergunta com o número maior de respostas erradas após a atividade. Também a experiência do questionário on-line foi importante, mas devemos diminuir o número de perguntas e tentar utilizar novamente o google forms. Outra conclusão desta experiência é a decisão de produzir um vídeo com o conteúdo da atividade, incluindo palestra e experimento. Desta forma, o aluno pode rever algo que tenha lhe despertado interesse. Neste caso, também incluiremos no vídeo uma lista de referências bibliográficas para consulta.

No final desta atividade no curso de arquitetura, houve uma discussão a respeito das formas para viabilizar uma linha de pesquisa na universidade, não somente como uma proposta de ensino de física na arquitetura, mas também para estudar a tecnologia que envolve a energia do hidrogênio e seu impacto na atuação do profissional arquiteto.

5 REFERÊNCIAS

CASTILHO, A. L.; GIANESINI, M. A.; RODRIGUES, R. **Estudo de caso da implantação da célula a combustível no Hospital Erasto Gaertner**. 2004. 108 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase em Eletrotécnica) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2004.

IPHE, **An International Vision for Hydrogen and Fuel Cells**.

Disponível em <http://www.iphe.net/> Acesso em 22 de maio de 2017..

LINARDI, M. **Hidrogênio e Células a Combustível**. 2008. Disponível em: <http://ecen.com/eee66/eee66p/hidrogenio_e_celulas_a_combustivel.htm>. Acesso em 12 de abril de 2017.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**. 2008.

NETO, E. H. G. **Evoluir sem Poluir – A Era do Hidrogênio, das Energias Renováveis e das Células a Combustível**. BrasilH2 Fuel Cell Energy, Curitiba. 2005.