

PROJETO DE FILTRO PASSA FAIXA-ATIVO NO ENSINO DA DISCIPLINA DE ELETRÔNICA ANALÓGICA

André Batalha de Sousa – batalhaandre075@gmail.com

Dandara Martins Ferreira – dandaramf1@alu.ufc.br

Marcelo Guedes Pereira – marceloguedes772@gmail.com

Victor de Almeida Coelho – victorcoelho28@gmail.com

Yohanna Maria Menezes do nascimento – yohannamenezes@gmail.com

Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Campus Mucambinho
Av. Estandislau Frota S/N - Centro
62010-560 – Sobral – Ceará

Resumo: Atividades práticas e laboratoriais são importantes ferramentas pedagógicas no ensino de Engenharia. Seja em aulas práticas periódicas ou em trabalhos extras propostos durante as disciplinas, os discentes têm a oportunidade de avaliar os conteúdos estudados, com uma visão diferente e construtiva. Contudo, o emprego de metodologias clássicas pode privar os estudantes de experiências deste cunho, focando em aulas expositivas e engessadas. Diante desse cenário, o presente trabalho propõe a construção de um filtro passa-faixa ativo, para aplicação e uso na disciplina de eletrônica analógica. O objetivo do projeto é fomentar a capacidade dos estudantes de trabalhar em grupo e lidar com problemas técnicos, implementando soluções com alto nível de eficácia. Ademais, destaca-se o quão benéfico é a familiarização dos discentes com rotinas laboratoriais de forma autônoma.

Palavras-chave: Eletrônica analógica. Rotinas laboratoriais.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de engenharia fundamentado em aulas expositivas rebaixa os alunos a expectadores do processo de aprendizagem, distanciando-os da realidade de sua futura profissão. No âmbito acadêmico, os estudantes devem assumir o protagonismo na construção de seus conhecimentos. Em contra partida, como BELHOT e NETO afirmam, as disciplinas de engenharia possuem estruturas que convergem para um propósito pré-definido. Cada disciplina encarrega-se de apresentar técnicas práticas e teóricas. Tais técnicas são discutidas e aplicadas repetidamente em listas de exercícios e, então, os discentes são avaliados quanto a sua capacidade de utilizar as técnicas apresentadas para solução de novos problemas. Para fugir deste contexto, a educação busca seguir os passos de outras áreas, como a ciência e a tecnologia, e adaptar-se ao progresso (MEIRELES e BONIFÁCIO).

O forte processo de industrialização ocorrido em diversas esferas do mercado e da sociedade, evidenciou a preocupação que as instituições de ensino precisam ter em preparar os alunos para encarar situações que serão rotineiras nas suas áreas de atuação. Para tanto, as metodologias de ensino necessitam fomentar o pensamento crítico e lógico, a fim de aproximar o ensino superior de um processo de adaptação profissional.

A inserção de estudos e aplicações sobre aprendizagem cooperativa e trabalho em equipe, tendem a receber maior atenção em diversas áreas da engenharia. Atividades deste gênero, onde os estudantes são postos como protagonistas, desenvolvem o espírito de liderança e

proatividade. Uma das alternativas pra incluir estas atividades no ambiente acadêmico é através de simulações de problemas reais, dando aos alunos *cases* e deixando-os a cargo de identificar a melhor solução. Por se tratar de problemas reais, muitos obstáculos podem surgir durante o processo. A intuição, a decisão pelo mais fácil e o mal dimensionamento da situação são exemplos destes obstáculos, fazendo-se necessário o apoio técnico ofertado pelas instituições de forma gradual.

Nesta perspectiva, em diversas disciplinas do curso de engenharia elétrica da Universidade Federal do Ceará – *Campus* Sobral, existe um trabalho de conclusão da disciplina, onde os participantes têm seus conhecimentos na área postos à prova. Os trabalhos são realizados por equipe de até cinco pessoas, sendo que os temas dos trabalhos abrangem todos os conteúdos estudados no decorrer do semestre. Cabe ao grupo definir a metodologia a utilizar, os materiais e como analisar e apresentar os resultados. Um dos temas corriqueiros é a construção de filtros ativos de frequência, já que esse tipo de circuito pode ser empregado em variadas áreas de estudo. O presente trabalho detalhará a construção de um desses filtros, o passa-faixa, como ferramenta de ensino alternativo.

2 FILTRO PASSA FAIXA ATIVO

Filtros são dispositivos que apresentam duas portas, uma de entrada e outra de saída, utilizados para modificar a resposta em frequência de sistemas, atenuando o espectro do sinal da porta de saída em uma faixa específica de frequências (FERREIRA; HECKLER, 2014). A faixa de frequência em que os filtros atuam, restringindo o sinal, define o tipo de filtro, diferenciando-os em quatro categorias: passa-baixa, passa-alta, passa-faixa e rejeita-faixa. Os filtros são de grande importância em diversas áreas da engenharia elétrica. No início das comunicações sem fio, filtros eram bastante utilizados, por haver a demanda de uma seletividade de frequências (ZULUAGA, 2007).

Nos filtros passa-faixa ativo, a faixa de passagem dos sinais de saída é delimitada por dois valores de frequência, chamados de frequência de corte. O espectro fora da faixa de passagem é atenuado em totalidade. Os circuitos de filtragem passa-faixas mais comuns utilizam capacitores, indutores e resistores, não havendo ganho de tensão entre a saída e a entrada. No entanto, a viabilidade dos filtros com indutores é posta em dúvida ao se operar em baixas frequências. Isto se deve ao fato de a reatância indutiva ser proporcional à frequência, tornando-se necessário utilizar indutores com elevados valores de indutância, que são bastante caros e pesados, para não comprometer as características do circuito. Em contra partida, ao utilizar amplificadores operacionais no projeto de filtros, entregando aos mesmo um ganho de tensão ajustável, têm-se a vantagem de implementar um filtro deste tipo sem a necessidade de usar indutores (NILSSON; RIEDEL, 2008).

Com base nessas informações pode-se concluir que existe mais de uma alternativa para a construção de filtros desse tipo e que não são genéricas, podendo comprometer a eficiência da filtragem, dependendo dos tipos de circuitos e componentes escolhidos. Assim, a construção desses filtros tornou-se tema do projeto final na disciplina de Eletrônica Analógica, que faz a abordagem prática desses circuitos, construídos e apresentados pelos alunos, baseado no que foi exposto ao longo da disciplina. Como forma de avaliar o conhecimento adquirido com as aulas expositivas e a capacidade de identificação da solução eficaz para os possíveis problemas dos campos que a eletrônica abrange.

3 METODOLOGIA

Inicialmente a disciplina aborda a parte de componentes eletrônicos básicos e suas especificações, a fim de familiarizar os alunos com as partes integrantes do projeto final, o qual é o foco deste trabalho. A aplicação desse projeto se dá por critério do professor, onde ele retirou

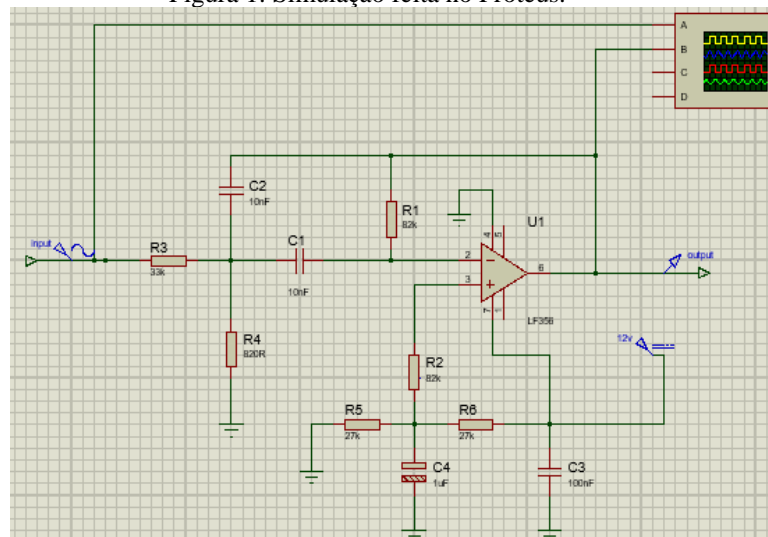
esse conteúdo de filtros em geral das avaliações mensais e o individualizou em forma de projeto para uma melhor aprendizagem dos alunos. Onde o conhecimento prévio repassado sobre o tema de filtros foi apenas o básico, deixando por meio dos próprios alunos a busca sobre o conhecimento para a realização da atividade. Além disso foram divididos os tipos de filtros para cada equipe, onde o foco desse artigo é voltado para as equipes que produziram o filtro passa-faixa ativo. A avaliação do aprendizado, pelo professor, é realizada de duas formas distintas. A tradicional prova individual, geralmente direcionada ao conteúdo teórico (onde ele retirou o conteúdo de filtros em geral), e a implementação de um projeto prático.

Um projeto típico, é a montagem de filtros ativos de frequência, que por sua vez comportam a aplicação de boa parte dos componentes explanados e exige conhecimento prévio dos alunos para tal tarefa. Além da produção desse filtro também foi realizada uma pesquisa qualitativa, envolvendo os alunos que cursaram a disciplina de eletrônica analógica nos dois últimos semestres (2018.2 e 2018.1), em busca de saber a importância do projeto final para o aprendizado da disciplina. A pesquisa foi realizada por meio de um formulário produzido a partir da plataforma virtual "Google Forms", onde as respostas eram de múltipla escolha e os alunos só poderiam escolher uma alternativa. O número total de alunos que participaram da pesquisa foi de vinte e dois.

3.1 Projeto – Exemplo: Filtro Passa-Faixa Ativo

A fundamentação teórica nos diz que o dispositivo elaborado pressupõe a existência de apenas uma frequência transitante no circuito, o que pode ser observado nas formas de onda obtidas com seu funcionamento. Para a montagem do circuito em questão, usou-se um amplificador operacional do tipo LF356, o qual utiliza FETS em sua construção e sua entrada possui alta impedância, fato de grande importância para circuitos ativos. Para a implementação do filtro fez-se necessário, também, a utilização de outros componentes como capacitores e resistores.

Figura 1: Simulação feita no Proteus.



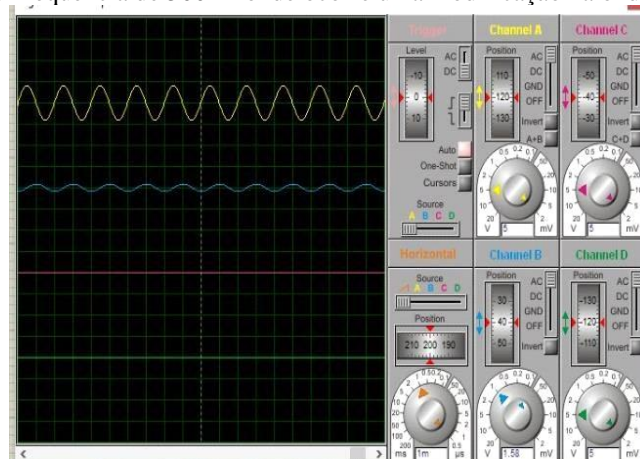
Fonte: Autores.

O esquema do circuito foi elaborado através da simulação do filtro no *software* PROTEUS, como pode ser visto na figura 1. Com auxílio do datasheet do amplificador mencionado e a partir dos componentes, pode-se dimensionar os resistores a fim de determinar a frequência específica a ser utilizada no filtro, levando em consideração a faixa de frequência

referente ao equipamento. O circuito conta com um total de 6 resistores e 4 capacitores, sendo apenas um destes capacitores, eletrolítico.

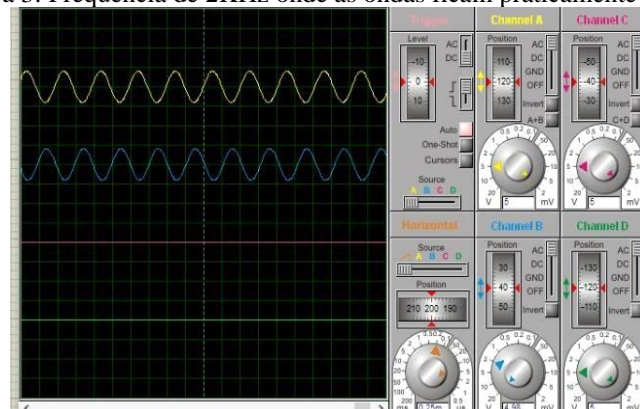
Na realização das simulações do referente circuito, utilizou-se, inicialmente uma frequência de 500 Hz, onde a onda da saída sofre uma atenuação, mas não possui uma amplitude tão menor quanto a amplitude de entrada, como pode ser visto na figura 2.

Figura 2: Frequência de 500Hz onde ocorre uma modificação na onda de saída.



Fonte: Autores.

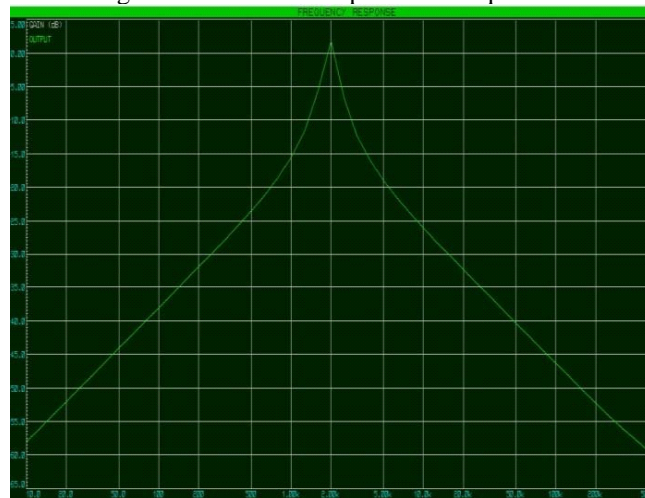
Figura 3: Frequência de 2KHz onde as ondas ficam praticamente iguais.



Fonte: Autores.

Para uma frequência de 2KHz, as ondas de saída e entrada do circuito tomaram formas praticamente idênticas, como visto na figura 3, indicando que esta é a frequência central do filtro. Além disso, foi plotado o gráfico de resposta da frequência referente ao circuito montado, confirmou-se que seu valor de pico se encontra em 2KHz, como visto na figura 4.

Figura 4: Gráfico da resposta em frequência.



Fonte: Autores.

Para a implementação do circuito, foram utilizados os capacitores C_1 e C_2 (10nF), e o capacitor C_3 de 100nF. Além destes, o capacitor eletrolítico, C_4 , é de 1μF. Os resistores R_5 e R_6 estão ligados ao circuito como um divisor de tensão simétrico, ou seja, a alimentação de 12V será dividida pela metade no ponto em comum. Para a melhor obtenção de resultados e para simplificação dos cálculos, estipulou-se o ganho do amplificador operacional como unitário, ou seja, $G=1$. Os resistores R_5 e R_6 possuem um valor de $27K\Omega$, para conter qualquer faixa de frequência, respeitando o limite de funcionamento do amplificador.

Nos filtros de frequência, o fator de qualidade está relacionado a largura da banda de passagem e à eficiência do filtro. Para o filtro proposto, definiu-se o fator de qualidade igual a 5. Assim, temos as seguintes equações:

$$R_3 = \frac{Q}{2\pi \cdot G \cdot C} = \frac{5}{2\pi \cdot 2000 \cdot 1 \cdot 10^{-9}} = 40K\Omega \quad (1)$$

$$R_4 = \frac{Q}{(2Q^2 - G) \cdot 2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{5}{(2 \cdot 25 - 1) \cdot 2\pi \cdot 2000 \cdot 10^{-9}} = 812\Omega \quad (2)$$

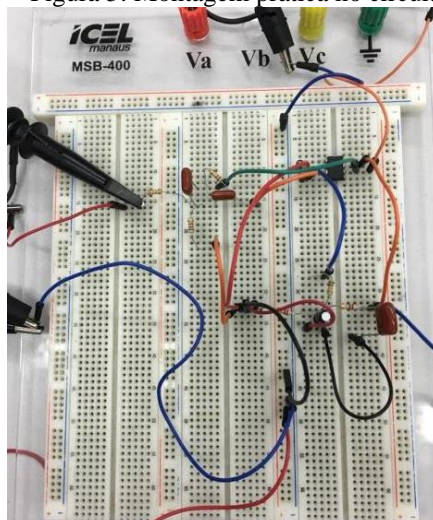
$$R_1 = \frac{2Q}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{2 \cdot 5}{2\pi \cdot 2000 \cdot 10^{-9}} = 80K\Omega \quad (3)$$

$$R_2 = \frac{2Q}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{2 \cdot 5}{2\pi \cdot 2000 \cdot 10^{-9}} = 80K\Omega \quad (4)$$

Aproximando os resistores para o padrão comercial, temos que, $R_3 = 33K\Omega$, $R_4 = 820\Omega$, $R_1 = R_2 = 82K\Omega$. A montagem do circuito, realizada em laboratório, teve como base principal o esquema montado na simulação. Com um amplificador LF356 a disposição juntamente com os respectivos resistores e capacitores já descritos, pode-se obter o circuito fisicamente. Para a alimentação do amplificador, empregou-se uma fonte de tensão contínua simétrica de $\pm 12V$. A visualização dos sinais de entrada e saída foi feita por meio do osciloscópio.

Devido a simplicidade da implementação do circuito descrito, sua montagem foi feita em uma placa protoboard, não sendo necessário confeccionar uma placa exclusiva. O resultado do processo de montagem pode ser visto na figura 5, a seguir.

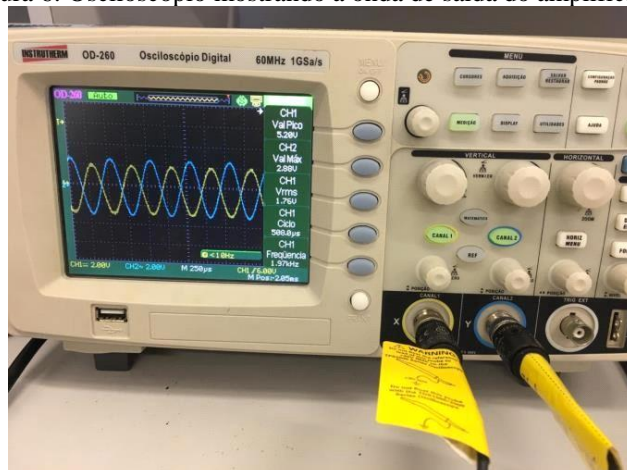
Figura 5: Montagem prática no circuito.



Fonte: Autores.

Na figura 6, são mostrados os sinais de entrada, em azul, e de saída, em amarelo, para uma frequência de 1,9KHz. Apesar da frequência estar próxima da frequência central já mencionada, as aproximações nos valores dos resistores não permitem que os sinais sejam equivalentes.

Figura 6: Osciloscópio mostrando a onda de saída do amplificador.



Fonte: Autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi utilizado como ferramenta de coleta de dados um formulário criado a partir da plataforma Google, com o propósito de identificar, no entendimento dos alunos, a importância da realização de um projeto final na disciplina de eletrônica analógica no curso de engenharia elétrica da Universidade Federal do Ceará – *Campus* Sobral.

O questionário foi criado no primeiro semestre de 2019, destinado às turmas de 2018.1 e 2018.2, pois a partir desses semestres que se implementou um projeto final de disciplina. No total, 22 alunos participaram da pesquisa por meio desse formulário online, correspondendo a, aproximadamente, 55% do total de alunos que cursaram a disciplina no período mencionado.

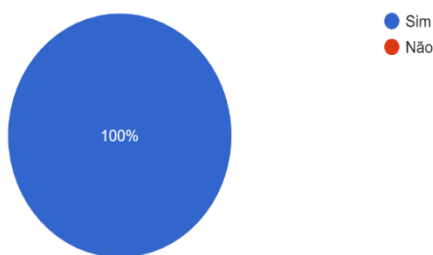
O formulário conta com cinco questões objetivas de múltipla escolha. Os alunos poderiam marcar apenas uma opção, de acordo com a pergunta, que podiam variar entre respostas com “sim” ou “não” e de valores de “1 a 5”. As perguntas presentes no formulário buscavam esclarecer três questões: a aquisição de conhecimento na disciplina por meio do projeto final proposto, a ligação do conteúdo exposto em sala de aula ao momento da aplicação na prática e a obtenção de experiências que poderiam ser usadas em outras disciplinas ou mesmo no

mercado de trabalho. Na sequência são apresentados os resultados da coleta de dados. Concomitantemente, é feita a análise e discussão desses resultados, para a melhor interpretação da veracidade da necessidade da aplicação de projetos finais na disciplina de eletrônica analógica.

Os resultados são apresentados na forma de gráficos, junto às perguntas trabalhadas. Inicialmente, a partir de uma pergunta de 'sim ou não', buscou-se saber se os estudantes que já passaram pela disciplina tiveram a oportunidade de implementar algum protótipo como projeto final. Esta pergunta foi necessária já que a realização do projeto era facultativa, visando apenas melhorar as notas finais da disciplina. Deste modo, nem todos os alunos decidem por realizar o projeto.

A primeira questão incitou os alunos a responderem: "*Você realizou algum projeto final na disciplina de eletrônica analógica?*". As opções de resposta foram apenas "sim" e "não", onde eles poderiam marcar apenas uma delas. As respostas de um total de 22 estudantes estão representadas na figura 7.

Figura 7 - Respostas dos estudantes para a pergunta 1 da pesquisa.
22 respostas

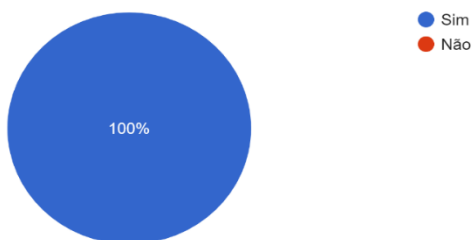


Fonte: Autores.

A partir dos dados coletados, evidenciou-se que dentre os alunos entrevistados 100% responderam "sim" à pergunta, retratando a necessidade de recuperação de notas na disciplina. Sendo assim, os resultados reforçam a pesquisa de REIS, CUNHA e SPRITZER (2012), que relacionaram a desmotivação para o estudo em função do emprego de práticas tradicionais de ensino ao não entendimento do assunto abordado na disciplina e uma possível alta na evasão do curso. BARBOZA e MEZZANO (2011) também apontaram como fatores negativos a falta e didática dos docentes, além de um elevado nível de cobrança.

A segunda questão indagou: "*Esse projeto ajudou no entendimento do conteúdo na disciplina?*". Novamente as opções de respostas foram apenas "sim" e "não", onde eles poderiam marcar apenas uma delas. As respostas dos estudantes podem ser analisadas a partir da figura 8.

Figura 8 - Respostas dos estudantes para a pergunta 2 da pesquisa.
22 respostas

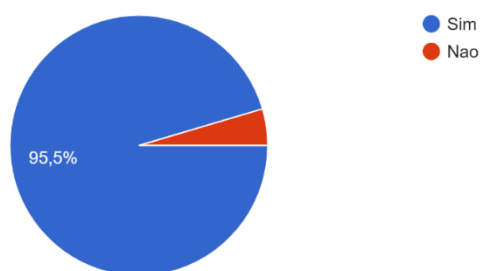


Fonte: Autores.

De forma unanime, já foi possível observar a importância da prática interligada à teoria da disciplina, pois 100% dos alunos entrevistados afirmaram que com a aplicação do projeto final foi possível ter um melhor entendimento sobre o conteúdo abordado. É notório que apenas os métodos tradicionais de ensino não são mais satisfatórios nesta disciplina, sendo necessário um maior nível de atenção e planejamento para com os estudantes.

O terceiro questionamento foi: *"Você acha que com a realização desse projeto e tudo que foi feito a partir dele, serve como complemento e ajuda para práticas em outras disciplinas?"*. As opções de resposta foram de "sim" e "não". A figura 9 apresenta os resultados da terceira questão.

Figura 9 - Respostas dos estudantes para a pergunta 3 da pesquisa.
22 respostas

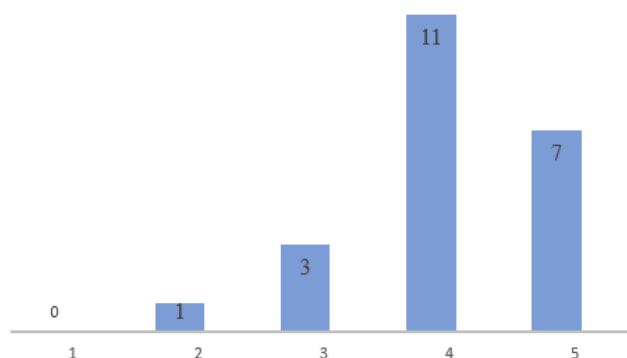


Fonte: Autores.

A partir do gráfico da figura 9 percebeu-se que a grande maioria dos entrevistados (95,5% que equivalem a 21 pessoas) concordam que os conhecimentos adquiridos na construção do projeto final dessa disciplina podem servir como complemento e apoio em outras disciplinas. Com isso, a proposta de interligação das aulas teóricas de sala de aula com a produção prática de um projeto final ganha mais força, evidenciando o alto nível de aquisição de conhecimento dos alunos, além de possibilitar a aproximação entre disciplinas.

A quarta questão buscava saber: *"De 1 a 5, qual foi o entendimento do tema com o auxílio do projeto?"*. As opções de resposta foram entre os valores de 1 a 5. A figura 10 contém a representação das respostas dos alunos.

Figura 10 - Respostas dos estudantes para a pergunta 4 da pesquisa.



Fonte: Autores.

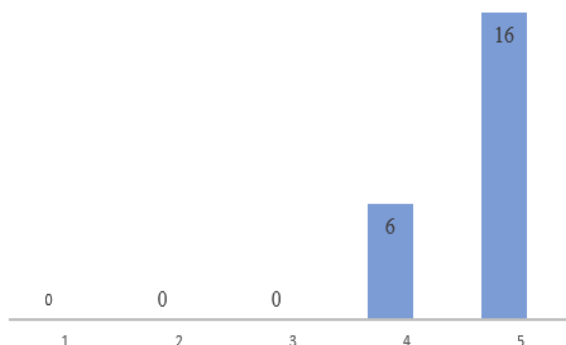
Esta questão observou o grau de satisfação dos alunos perante a fixação do conteúdo ministrado na disciplina. Com ela foi possível perceber que a grande maioria avaliou seu conhecimento na disciplina, com o auxílio do projeto, como elevado, equivalente as pontuações 4 e 5 do questionário. Os demais (cerca de 13,6%, equivalente a 3 pessoas) avaliou seu conhecimento como mediano, equivalente a pontuação 3 do questionário, enquanto apenas

4,6% do público (equivalente a apenas 1 pessoa) avaliou seu conhecimento na disciplina com relação ao projeto com pontuação menor que a mediana, equivalente a pontuação 2 do questionário.

De modo geral, a alta porcentagem de respostas com valores satisfatórios significa que a implementação do projeto final na disciplina proporciona sim uma melhoria no entendimento do conteúdo, o que está interligado com a melhoria da disciplina e, conseqüentemente, a uma possível diminuição no índice de reprovações.

O último questionamento interrogou: *"De 1 a 5 o quão importante você acha a necessidade de práticas e projetos finais nessa disciplina?"*. As opções de resposta foram entre os valores de 1 a 5. A figura 11 contém a representação das respostas dos alunos.

Figura 11 - Respostas dos estudantes para a pergunta 5 da pesquisa.



Fonte: Autores.

Por fim, considerando as opções 4 e 5 como de grande importância, observou-se que todos os alunos entrevistados concordam que é de grande valor passar pela disciplina com a realização do projeto final. A coerência dos resultados é enraizada por estudos que apontam que em uma disciplina na área da engenharia, a junção da teoria com a prática alavanca o conhecimento dos alunos juntamente com a qualidade e compreensão da disciplina.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa mostra de maneira geral um grau satisfatório de aprovação por parte dos alunos com relação aos projetos e o que eles agregam. Observa-se que os alunos não se sentem motivados pelo método tradicional, marcado por aulas com o uso de lousa ou apresentação em slides, onde o professor é visto como o detentor do conhecimento. Este docente não está preocupado se o aluno está ou não aprendendo. O professor precisa adotar novas metodologias para tornar a aula mais criativa e dinâmica, iniciando pela troca do termo "aluno" por estudante, parceiro capaz de trocar informações que levem o estudante e professor a um nível superior de conhecimento criando subsunçores conforme a teoria de Ausubel (2000)."

O projeto exemplo, além de ser uma abordagem inovadora, fomenta outros valores como trabalho em equipe, organização de material, dimensionamentos variados que podem auxiliar e complementar outras disciplinas, fato que exige um empenho maior por partes dos discentes e, segundo a pesquisa, acarreta resultados consideravelmente melhores.

Diante das condições de ensino expostas inicialmente e baseado nos resultados dessa pesquisa, constatou-se que, apesar de recente, os projetos finais na disciplina de Eletrônica Analógica do curso de Engenharia Elétrica da UFC - campus Sobral se mostrou aliado na absorção de conteúdo por parte dos alunos. Os dados também apresentam a importância da implementação do projeto na aproximação entre a teoria e o saber prático.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa.

BAZZO, Walter Antonio. A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 28, n. 1, p. 83-99, 2002.

BAZZO, Walter Antônio. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis, 2008.

BELHOT, Renato Vairo; FREITAS, Alessandra Aparecida de; DORNELLAS, Danielle V. Benefícios do conhecimento dos estilos de aprendizagem no ensino de engenharia de produção. In: **XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, Campina Grande-Pb**. 2005.

HOLZMANN, A. Henrique; KUCKLA, Michele. **Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias**. 2019.

MEIRELES, Maria Costa; BONIFÁCIO, Bruno. Uso de métodos ágeis e aprendizagem baseada em problema no ensino de engenharia de software: Um relato de experiência. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2015. p. 180.

Plátano Edições Técnicas, 2000. FERREIRA, Filipe Guterres; HECKLER, Marcos Vinicio Thomas. Filtro passa-faixa em tecnologia de microfita. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 6, n. 2, 2014.

ZULUAGA, Sara Maria Yepes. **Desenvolvimento de filtro passa-faixa banda larga com zeros de transmissão para sistemas de comunicação Ultra-Wideband (UWB)**. 2007.

FILTER PROJECT PASSES ACTIVE RANGE IN THE EDUCATION OF ANALOG ELECTRONIC DISCIPLINE

Abstract: *Practical and laboratory activities are important pedagogical tools in engineering teaching. Either by periodic practice lessons or extra work proposed during the courses, students have the opportunity to evaluate the contents studied, with a different and constructive view. However, the use of classical methodologies may deprive the students from experiences in this imprint, focusing on expository and outdated lessons. Before this scenario, the present work is proposing the construction of an active bandpass filter, to apply and use it in the course of analog electronics. The aim of the project is to foster students' ability of working in group, and coping with technical problems, by implementing solutions with high level efficacy. Moreover, it stands out how beneficial it is the students familiarity with laboratory routines in an autonomous way.*

Key-words: *Analog electronic. Laboratory routines.*