



HISTÓRIA E FILOSOFIA EM ENGENHARIA ELÉTRICA: MULTIDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE ENGENHARIA

Leandro T. Manera – manera@dsif.fee.unicamp.br

Gilmar Barreto – gbarreto@dmcsi.fee.unicamp.br

Carlos A. Castro – ccastro@unicamp.br

Romis Attux – attux@dca.fee.unicamp.br

José C. S. Santos Filho – candidato@decom.fee.unicamp.br

Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação

Universidade Estadual de Campinas

Av. Albert Einstein - 400

13083-852 - Campinas-SP Brasil

Resumo: *Este trabalho apresenta uma visão atualizada da experiência de docentes da Universidade Estadual de Campinas em ministrar uma disciplina criada recentemente denominada “História e Filosofia em Engenharia Elétrica e de Computação”, cujo objetivo principal é propiciar aos alunos uma imersão intelectual em filosofia e teoria crítica na área de Engenharia Elétrica e de Computação. Apresenta-se a estrutura e a dinâmica do curso, assim como uma discussão de impressões e dados coletados ao longo dos últimos três semestres letivos, o que permite tecer uma reflexão sobre a experiência como um todo e também sobre a evolução da metodologia de ensino desde a criação da disciplina. Além disso, os vídeos elaborados pelos alunos, com duração máxima de três minutos, procura desenvolver nos alunos o poder de síntese e de argumentação em favor da importância da sua pesquisa.*

Palavras-chave: *Engenharia Elétrica, Computação, História, Filosofia.*

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma série de reflexões sobre nossa experiência em ministrar a disciplina denominada "História e Filosofia em Engenharia Elétrica e Computação", cujo objetivo principal é propiciar aos alunos uma imersão intelectual em filosofia e teoria crítica na área de Engenharia Elétrica e de Computação, como uma experiência avançada e inovadora através da discussão de filmes e vídeos sobre assuntos da área. Essas reflexões, ademais, ilustram a maneira pela qual o curso vem desenvolvendo relativamente ao que foi relatado inicialmente em (Barreto. et al., 2012).



A disciplina se apresenta sob um caráter multidisciplinar, envolvendo temas ligados à engenharia que vão desde a chamada “guerra das correntes” protagonizada por Tesla e Edison, nas duas últimas décadas do século XIX (Brittain, 2005 e Vujic, et al., 2001) até discussões sobre novas teorias atômicas. Com o objetivo de enriquecer as discussões em sala de aula, cinco docentes com diferentes perfis temáticos de pesquisa acompanham as atividades e procuram trazer informações adicionais sobre o material apresentado. A disciplina é oferecida para alunos de pós-graduação e com a possibilidade de matrícula também para alunos de graduação. Uma das razões para a criação dessa disciplina é que, tanto nas aulas de graduação quanto nas aulas de pós-graduação, os alunos sempre demonstraram grande interesse sobre aspectos históricos e filosóficos dos temas abordados, evidenciando que maiores discussões poderiam ser desenvolvidas, e que tais temas poderiam ser abordados de maneira mais aprofundada.

2. DINÂMICA DO CURSO

A dinâmica do curso, em linhas gerais, acompanha o *modus operandi* delineado em (Barreto. et al., 2012). No início do semestre os alunos recebem um cronograma com os temas que serão apresentados durante as aulas, de modo que estudos e questionamentos possam ser elaborados previamente pelos alunos como parte das atividades.

No início de cada aula, é apresentado um vídeo aos alunos com duração de aproximadamente 50 minutos. Na sequência, é promovida uma discussão envolvendo alunos e docentes, acerca do vídeo apresentado. Após a apresentação dos vídeos e o período de discussões, os alunos devem fazer uma resenha sobre o assunto e responder individualmente a um questionário. A inclusão de novos tópicos e a exclusão de tópicos vigentes é baseada no questionário de avaliação que cada aluno preenche após cada aula. Esses questionários correspondem a uma realimentação importante na manutenção e atualização do conteúdo ministrado, e disponibilizam um material importante e variado das pesquisas realizadas pelos alunos.

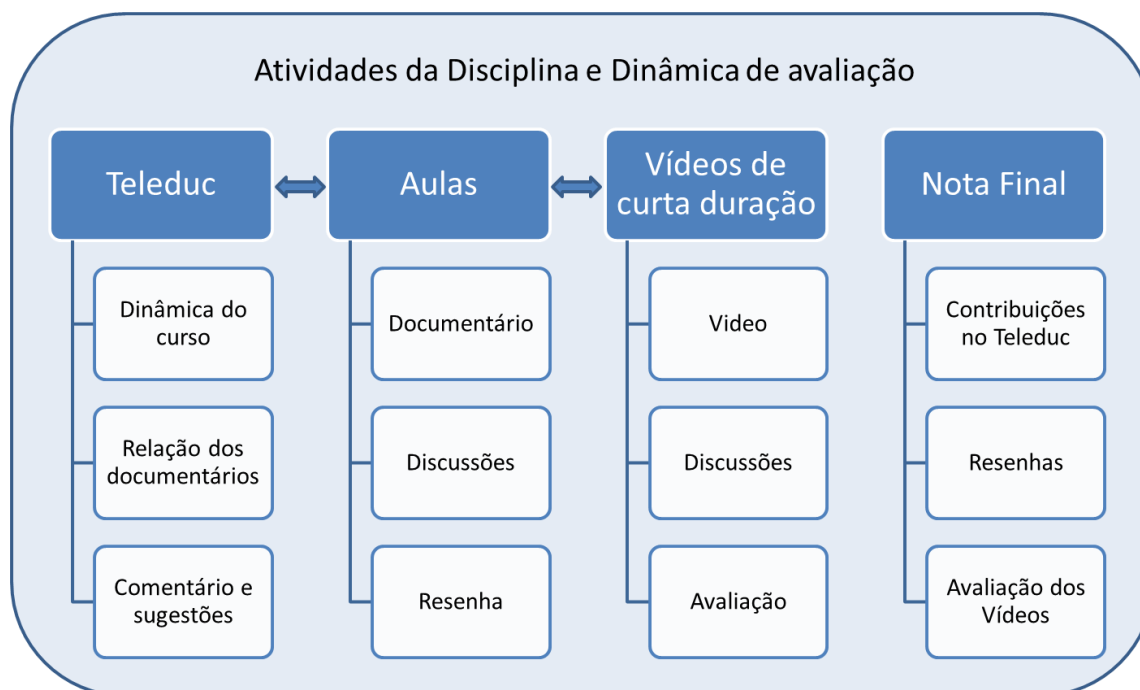
Deve-se ressaltar que a fase de discussão sobre os vídeos é o ponto alto das aulas. Os professores procuram trazer informações adicionais sobre o material apresentado, e os alunos têm a oportunidade de tirar suas dúvidas, emitir opiniões sobre os assuntos abordados, e ainda citar informações adicionais e materiais correlatos que sejam de seu conhecimento, (Pea, R.; Lindgren, R., 2008). Para uma boa dinâmica do curso, é imprescindível a utilização da plataforma de ensino na web TELEDUC (TELEDUC 2013). Nesse ambiente, os alunos podem, antes do início da aula, verificar qual o assunto do dia e pesquisar mais informações com objetivo de enriquecer as discussões em sala de aula.

Ao final do curso, ocorre uma apresentação de diversos vídeos de curta duração feitos pelos alunos. Os vídeos, com duração estipulada em três minutos, versam sobre os temas de pesquisa desenvolvidos por eles em suas atividades de pós-graduação ou sobre assuntos técnicos de seu interesse. Nesse contexto, insere-se uma novidade importante praticada pela primeira vez neste ano: a realização de uma palestra sobre a criação e a produção de documentários, ministrada pela Prof. Dra. Juliana Sangion Antonelli, que é professora do curso de Jornalismo da PUCCAMP. A palestra, que teve a duração aproximada de uma hora, permitiu aos alunos ter contato com a maneira pela qual os profissionais da área atuam na criação de material audiovisual. Uma análise dos vídeos apresentados ao final do semestre atual - em comparação com semestres anteriores - revelou que as informações trazidas pela Dra. Juliana tiveram um impacto

forte e positivo sobre fatores relevantes das apresentações, desde a forma e organização do conteúdo até a definição da música de fundo, passando pela atribuição dos créditos.

Os docentes são responsáveis pela atribuição de um conceito a cada vídeo, que engloba uma análise da efetividade na passagem da informação desejada, qualidade de imagem e som, da atribuição apropriada dos créditos, dentre outros fatores.

Tabela 1 – Resumos das atividades da disciplina e dinâmica de avaliação



3. TÓPICOS ABORDADOS

Embora o curso evite, em sua dinâmica, enfatizar qualquer compartimentalização do conhecimento, para fins de discussão metodológica, optamos por apresentar os temas abordados no primeiro semestre de 2013 segundo uma divisão em quatro grandes áreas: energia, ciência e tecnologia da informação, aspectos históricos e filosóficos e aspectos científicos e tecnológicos diversos. A lista abaixo expressa essa divisão e ilustra os objetivos pretendidos com o tratamento de cada um dos temas:

I. ENERGIA E SISTEMAS:

Os vídeos aqui apresentados têm como objetivo mostrar diversas facetas dos processos de geração, transmissão e distribuição de energia, assim como do impacto desses processos no mundo atual.

- a) **Itaipu e a sua Construção** – É apresentada nesse documentário a história da usina de Itaipu. Mostrou-se como os engenheiros e mais de quarenta mil trabalhadores brasileiros e paraguaios trabalharam para criar a maior hidrelétrica do mundo na época. Uma obra que utilizou milhares de toneladas de concreto para desviar o curso do sétimo maior rio do planeta e transferiu milhares de pessoas e animais para outras áreas a fim de levar energia para milhões de habitantes em dois países.
- b) **Energia Geotérmica** – Esse documentário mostra a energia geotérmica que é obtida a partir do calor proveniente do interior da Terra. Devido à necessidade de se obter energia elétrica de uma maneira mais limpa e em quantidades cada vez maiores, foi desenvolvido um modo de aproveitar esse calor para a geração de eletricidade. Hoje, parte considerável da energia elétrica gerada no planeta provém da queima de combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão mineral, processos esses muito poluentes. Para que possamos entender como é aproveitada a energia do calor da Terra, devemos primeiramente entender como nosso planeta é constituído. A Terra é formada por grandes placas, que nos mantêm isolados do seu interior, no qual se encontra o magma, que consiste basicamente em rochas derretidas. Com o aumento da profundidade, a temperatura dessas rochas aumenta cada vez mais. No entanto, há zonas de intrusões magmáticas, onde a temperatura é muito maior. Essas são as zonas de elevado potencial geotérmico.
- c) **Usinas de Energia** – Neste tópico, abordamos a história completa das usinas de energia elétrica que utilizam carvão ou óleo, controle de reações nucleares e exploraram as forças naturais. Abordaremos a batalha campal entre Thomas Edison e Nikola Tesla, que definiu o rumo futuro da produção de energia elétrica em corrente alternada. Embora a tecnologia básica destas usinas manteve-se constante ao longo de décadas, as melhorias contínuas para tornar a produção de energia mais eficiente também serão tratadas.
- d) **Baterias** – Esse tópico mostra como uma mistura de metais e elementos químicos que fornece energia a nossos aparelhos, ferramentas e brinquedos. Veremos em *Fairbanks*, no Alasca, a bateria mais poderosa do mundo. São 13.760 células produzindo mais de 5.000 volts, preparadas para fornecer energia à cidade em caso de falta de energia elétrica. É apresentada uma fábrica de baterias onde são produzidas mais de um milhão delas por dia e o *Tesla Roadster*, um automóvel esportivo elétrico que utiliza células de íons de lítio e pode acelerar de 0 a 96 quilômetros por hora em apenas 4 segundos. Baterias automotivas tradicionais de chumbo-ácido e as nano-baterias que fornecem energia aos nano-robôs são tratadas.

- e) **Redes Elétricas** – Esse tópico mostra a história da rede elétrica dos Estados Unidos que se ergueu como a maior máquina já feita pelo homem. As estruturas desta máquina são apresentadas.

II. CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Nesse conjunto de documentários, são tratados temas teóricos e práticos ligados ao conceito unificador de informação (Gleick J., 2011). Esses temas abrangem assuntos que vão da gênese das comunicações sem fio à moderna teoria de redes complexas, passando por um tópico fundamental ao longo da história da computação – a construção de dispositivos de memória.

- a) **Teoria dos Seis Graus** – A teoria dos seis graus de separação e seus desdobramentos para ciência é abordada. Seis graus de separação, originalmente uma lenda urbana, torna-se um grande avanço científico. Pode existir uma lei que a natureza utiliza a teoria dos seis graus de separação para se organizar e que agora está sendo aplicada em diversas áreas. A Teoria foi criada na década de 1960, pelo psicólogo americano Stanley Milgram.
- b) **Rádio e Satélites Artificiais** – Neste tópico abordamos a história do rádio, de Marconi aos dias de hoje. São discutidos o nascimento e a consolidação das transmissões radiofônicas e a expansão da comunicação sem fio no decorrer da história e suas consequências para a sociedade. Abordamos também satélites artificiais - o fim da distância e como a comunicação na Terra mudou radicalmente depois do lançamento do primeiro satélite artificial em 1957.
- c) **História da Memória** – Esse documentário trata da história do desenvolvimento da memória desde a época das cavernas e de como o homem tem desenvolvido formas para guardar e transmitir conhecimento e informação. A cada avanço tecnológico, as sociedades foram evoluindo em sua capacidade de gerar arquivos, trazendo à tona o maior desenvolvimento com relação ao armazenamento de informações já conhecido até o século passado: a impressão. Mas há 60 anos, nasceu um dispositivo que mudou novamente a sociedade: a memória eletrônica. Esta tecnologia, que imita as funções do cérebro humano, gerou avanços em todas as áreas do conhecimento, desde a medicina às comunicações, do comércio às ciências e à vida cotidiana.

III. ASPECTOS HISTÓRICOS E FILOSÓFICOS

Essa classe de vídeos se caracteriza por tratar de assuntos ligados à ciência e à tecnologia segundo um formato mais diretamente moldado por elementos biográficos, históricos e filosóficos. Ressalta-se a análise da vida e da obra de alguns dos pesquisadores que deram forma ao que atualmente se entende por engenharia elétrica, como *Faraday*, *Maxwell*, *Tesla*, *Edison*, *Einstein* e *Turing*. Também é importante mencionar um documentário que traz à tona um dos problemas filosóficos mais antigos e fundamentais: a natureza da realidade.



- a) **Nikola Tesla** – Esse tópico abordou a vida do cientista, inventor e visionário *Nikola Tesla*, muitas vezes lembrado mais como uma figura de culto excêntrico do que como um gênio da engenharia elétrica. Muitas de suas conquistas ainda são atribuídas aos contemporâneos *Thomas Edison* e *Guglielmo Marconi*. Invenções surpreendentes de *Tesla* são reveladas em seus escritos autobiográficos e científicos.
- b) **Thomas Edison** – Esse tópico abordou *Thomas Edison* e a história da luz elétrica. O mundo era diferente em 1870, funcionando pelas mãos humanas, tração animal, vapor e iluminação a gás. Em 1879, Thomas Edison mudou tudo isso com a luz elétrica. Mais do que apenas iluminar, seu sistema de luz elétrica foi a base para o mundo tecnológico de hoje, trazendo o poder da eletricidade para o nosso cotidiano. A extensão da genialidade de Edison vai além dos circuitos elétricos e de suas 1903 patentes.
- c) **Albert Einstein** – Esse tópico procurou explicar as várias teorias de Einstein bem como descreve sua vida. Este documentário foi produzido a partir das anotações do próprio cientista. Ele ajudará você a compreender a criatividade científica que dominava o maior nome da física moderna.
- d) **Cientistas Britânicos** – Nesse tópico foram abordadas as histórias fascinantes de cientistas como Michael Faraday e James Clerk Maxwell e de como eles influenciaram o trabalho de Albert Einstein. Cientistas como Robert Watson-Watt, o inventor do radar, Paul Dirac que formulou a equação que leva seu nome, e Alan Mathison Turing, pai da computação moderna, são referenciados.
- e) **História do Tempo** - Neste documentário os segredos da contagem do tempo são abordados. O tema começa com a observação do Sol, histórica referência do tempo! Porém veremos que o mundo não gira sempre como um relógio, na verdade, ele vibra, como um batimento cardíaco irregular. Na busca por uma maneira mais confiável para contar o tempo, são apresentados experimentos que sugerem a definição física de um segundo, com um relógio atômico de cézio. Demonstra-se que o tempo pode acelerar ou diminuir dependendo de quão perto um objeto se encontra de um campo gravitacional de grande intensidade. Ideias modernas também são discutidas, tais como a teoria das cordas e a mecânica quântica, sempre mostrando o caminho para avanços futuros.
- f) **Realidade** – O que é a Realidade? A busca para explicar a verdadeira natureza da realidade a partir de física teórica, matemática e mecânica quântica, é um dos objetivos dessa aula. Dentro dos assuntos que o documentário aborda, está a descoberta dos *quarks*, que são os blocos de construção fundamentais da matéria, e a história do bóson de Higgs, mais conhecida como a “partícula de Deus”.

IV. ASPECTOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS DIVERSOS

Esse conjunto de vídeos traz um leque de documentários associados a temas científicos e tecnológicos de grande pertinência e atualidade.

- a) **Maglev** – Abordamos nesse item um trem de levitação magnética ou Maglev (*Magnetic levitation transport*). É um veículo que transita numa linha elevada e é propulsionado pelas forças atrativas e repulsivas do magnetismo através do uso de supercondutores. Devido à falta de contato entre o veículo e a linha, o único atrito que existe, é entre o trem e o ar. Por consequência, os trens de levitação magnética conseguem atingir velocidades enormes, com consumo de energia relativo baixo e pouco ruído. Existem projetos para linhas de Maglev que chegariam aos 650 km/h e também projetos como o Maglev 2000, que, utilizando túneis despressurizados em toda a extensão dos trilhos, chegaria à marca de 3200 km/h.
- b) **Armas de Energia** – Os raios laser e os campos de energia que são geralmente vistos na ficção científica podem ser uma realidade. As mais modernas técnicas podem trazer a tecnologia do futuro para o presente e explorar lasers tão poderosos que poderiam vaporizar exércitos inteiros, ou propiciar o surgimento de novas bombas que liberariam uma energia mais destrutiva que a nuclear.
- c) **Futuro da Segurança** – Esse tópico apresenta as descobertas científicas e invenções tecnológicas que aumentarão a segurança, como robôs autônomos que irão monitorar os aeroportos, câmeras de segurança que reconhecem rostos e uma análise do cérebro de criminosos que revelará evidências de culpa.
- d) **Diagramas** – São exploradas nesse documentário as histórias dos diagramas científicos com destaque para o papel de Isaac Newton. Em meados de 1660, comprou um par de prismas em uma feira perto de Cambridge, os quais vieram a ser a base de uma série de experimentos que acerca da natureza da luz. Para explicar o que tinha feito, Newton criou um diagrama. Ele é chamado de *O Experimento Crucial* e é um diagrama fundamental na história científica. Newton demonstrou que a luz branca não é pura, e sim a combinação de diferentes cores (as cores do arco-íris). Assim, a representação do prisma e suas cores refratadas se tornaram um diagrama histórico.
- e) **Zero absoluto** – Nessa aula, abordamos a história de um grupo de cientistas que se propuseram a obter o zero absoluto; uma temperatura tão baixa que faz com que a eletricidade flua sem qualquer resistência, os líquidos desafiem a gravidade e a velocidade da luz ser reduzida para apenas 61 km/h. O zero absoluto tornou-se o santo graal dos físicos, e é considerada a porta de acesso para muitas tecnologias modernas tais como a nano tecnologia, as redes neurais e a computação quântica.



4. EXPERIÊNCIA MULTIDISCIPLINAR EM SALA DE AULA

Um ponto essencial do curso é seu caráter multidisciplinar, manifestado na diversidade de temas dos documentários selecionados e produzidos pelos alunos, e na presença, em classe, de cinco docentes com formações e linhas de atuação distintas. Essas linhas abrangem temas tão diversos quanto eletrônica, energia, sistemas, controle e automação, comunicações e inteligência computacional, o que permite, em todas as aulas, que se tragam subsídios à discussão desenvolvida em classe. Naturalmente, essa diversidade também é um dos fatores que permitem que a própria escolha da lista de documentários seja feita com grande flexibilidade, tendo havido, inclusive, por muitas vezes, sugestões de alunos sobre novos documentários e artigos, obtidas dos estudos realizados antes da apresentação de cada aula. Como exemplo, podemos citar o *The Weekly Miami Metropolis* - Jun 23, pg. 3, 1911, onde Thomas Edison faz cinco previsões para 2011.

Tanto da perspectiva de ensino quanto da de pesquisa, julgamos ser essa multidisciplinaridade uma contribuição interessante do curso ao programa de pós-graduação da FEEC, pois é cada vez mais claro que o futuro da ciência passa, ao menos em certa medida, por uma expressa convergência entre áreas historicamente desenvolvidas de maneira disjunta.

5. RESULTADOS E CONCLUSÕES

O curso, que, após o término do primeiro semestre de 2013, terá sido ministrado três vezes, tem duração de um semestre e já atendeu aproximadamente 50 alunos. A porcentagem dos alunos que não conheciam os documentários foi de aproximadamente 95%.

Conforme mencionado na seção 2, para a composição da nota final, além das resenhas, os alunos devem elaborar um vídeo informativo sobre o tema de pesquisa de mestrado ou doutorado, com duração máxima de três minutos. Procurou-se com isso, desenvolver nos alunos o poder de síntese e de argumentação em favor da importância da sua pesquisa, bem como a capacidade de divulgação científica em geral. Além do valor intelectual intrínseco desse exercício, não se pode deixar de ter em mente sua relevância no que se refere à elaboração de apresentações em congressos, parte importante da atividade de pesquisa. Situações reais desse tipo são cada vez mais comuns em diversos congressos do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Por exemplo, no *IEEE Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, 2013, nas chamadas *flash poster presentations*, cada autor tem três minutos para apresentar seu trabalho, podendo usar três ou quatro slides ilustrativos. Após essa rápida apresentação, inicia-se a segunda parte da sessão, em que os autores permanecem à disposição dos congressistas para discussões mais aprofundadas sobre seus trabalhos. O ponto chave da apresentação de três minutos está na capacidade que o apresentador deve demonstrar de chamar a atenção dos congressistas para o seu trabalho, destacando sua importância e suas contribuições principais, de maneira sucinta.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barreto, G. ; Manera, L. T. ; Castro Jr., Carlos Alberto ; Attux ; José Cândido Silveira Santos Filho . Tópicos Gerais Em Engenharia Elétrica e de Computação: Uma Nova Abordagem Didática. COBENGE 2012 - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Belém - PA. v. 1. p. 1-9, 2012.

Brittain, J.E. Electrical Engineering Hall of Fame: Nikola Tesla. Proceedings of the IEEE, Volume: 93 , Issue: 5 , Page(s): 1057 - 1059, 2005.

Gleick, James. The Information: A History, A Theory, A Flood. Pantheon Books, 2011.

PEA, R.; LINDGREN, R.. Video Collaboratories for Research and Education: An Analysis of Collaboration Design Patterns. IEEE Transactions on Learning Technologies, v. 1 , Issue: 4, p.235-247 , 2008.

Vujic, J. ; Marincic, A. ; Ercegovac, M. ; Milovanovic, B. Nikola Tesla: 145 years of visionary ideas

TELSIKS - 5th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Service, 2001, Volume: 1, Pag(s): 323 - 326 vol.1, 2001.

TELEDUC – Disponível em:

<http://ggte.unicamp.br/~teleduc/pagina_inicial/estrutura.php > Acesso em: 6 junho de 2013.



HISTORY AND PHILOSOPHY IN ELECTRICAL ENGINEERING: MULTIDISCIPLINARITY IN ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *This paper presents an experience at the University of Campinas in offering a course named “History and Philosophy in Electrical Engineering” whose main objective is to provide students with an intellectual immersion in philosophy and critical theory in the area of Electrical and Computer Engineering, as an advanced and innovative experience by discussing movies and videos on topics from the area. Some aspects related to structure and the dynamic of the course, as well as some remarking points and data collected over the last three year are presented. In addition, it is possible to come up with a reflection about the experience and the evolution of the methodology since from the beginning. Moreover, the three minute videos prepared by the students, intend to develop their synthesis ability and argumentation regarding the defense of their research work.*

Key-words: Electrical and Computer Engineering, History, Philosophy