

---

## Laboratório Virtual de Eficiência Energética: Um Componente de Metodologia Ativa de Apoio ao Ensino da Engenharia na UEA<sup>1</sup>

DANIEL GUZMÁN DEL RÍO

Doctor, Professor of Electrical Engineering  
Amazonas State University, Brazil

ISRAEL GONDRES TORNE

Doctor, Professor of Electrical Engineering  
Amazonas State University, Brazil

ANTONIO CLAUDIO KIELING

Doctor, Professor of Mechanical Engineering  
Amazonas State University, Brazil

### Abstract

*In this article, the authors present a proposal for the implementation of an active methodology using the virtual laboratory tool to support engineering teaching at Amazonas State University located in Manaus, Amazonas, Brazil. From the formulation of the learning problem, formulation of the task and following a previously designed methodological guide, the analysis of variables and selection or obtaining the mathematical models of system or equipment to be researched is started, which will allow to conform the simulation schemes to be used. The objective is to demonstrate that, for example, when selecting the energy efficiency parameter, it is feasible to create a tool, employing computer resources, to help students increase knowledge of the contents that involve this term through the practical tools of simulation.*

**Keywords:** Active Methodologies, Energy Efficiency, Simulation, Mathematical Modeling, MATLAB.

---

<sup>1</sup> *Virtual Energy Efficiency Laboratory: a component of active methodology to support engineering education at UEA*

## 1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento acelerado das tecnologias conectadas ao mundo digital, tem-se tornado muito diversas a capacidade de processamento dos computadores, segundo o site Tecnologia[17]“[...] a Lei de Moorecunhada em 1970 afirmava que a velocidade ou capacidade de processamento de computadores dobra a cada dois anos”. Isto tem permitido nos últimos tempos que se empreguem de maneira intensiva os computadores na simulação de diferentes eventos do mundo real, obtendo um resultado preciso das principais características e comportamentos dos sistemas ou objetos pesquisados. Na educação superior moderna se torna elevado o custo de adquirir e dar manutenção a sistemas e equipamentos que se empregam nas práticas reais de laboratório, sobretudo nos cursos de engenharia. Isto também afeta à indústria e centros de pesquisas, onde a preocupação por obter um produto de alto valor agregado e capaz de estar ao nível dos padrões internacionais é uma realidade diária.

A partir da Resolução N° 1 de 26 de março de 2021 do MEC/CNE/CES [15],que atualizou as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, em seu artigo 6º, parágrafo § 5º, seção II, fala que:“[...] os núcleos de conteúdos poderão ser dispostos, em termos de carga horária e de planos de estudo, em atividades práticas e teóricas, individuais ou em equipe, tais como: [...] experimentação em laboratórios, elaboração de modelos, utilização de computadores, consulta a bibliotecas e a bancos de dados”.

Conjuntamente a resolução tem-se a pandemia do Covid-19, o que levou as instituições a desenvolver aulas virtuais a partir de diferentes plataformas informáticas nas universidades e centros de ensino, este fato tem sido uma oportunidade para a utilização em massa das tecnologias digitais e assim aprimorar a aquisição de conhecimentos. Segundo Thuinie e Fragelli[9], argumenta-se que:“[...] com as aulas presenciais suspensas, em virtude da pandemia, tornaram-se uma realidade essencial. Afinal, as metodologias ativas constituem uma alternativa pedagógica capaz de desenvolver competências e habilidades almeçadas em uma sociedade em intensa transformação. [...] quando se oferta uma educação que prioriza a aprendizagem ativa, valoriza-se a experiência prática e experimentação”.

Neste contexto, como se tem demonstrado em épocas anteriores quando começaram a ser utilizados no ensino os laboratórios virtuais, (Guzmán e Cavalcante, [7]), permitiu-se misturar o ensino teórico e prático através do uso das novas tecnologias, fornecendo conhecimentos aos estudantes de forma segura, o que tem sido diversificado nesta época de pandemia por muitas universidades, com um mínimo de custo sem colocar em risco a saúde.

Os laboratórios virtuais podem ser componentes importantes das metodologias ativas. Segundo Dinis [19], “[...] o uso da tecnologia como meio de aprendizagem vai fazer com que os alunos produzam conhecimento de maneira mais autônoma”. Este fato permite que estes possam estar direcionados ao ensino ou a pesquisa, onde a seleção de qualquer sistema ou processo do mundo real pode ser analisado e caracterizado de forma teórica e prática. Neste cenário, um dos parâmetros mais seguidos nos cursos de engenharia é o parâmetro da Eficiência Energética, por sua importância na economia e proteção do meio ambiente, que envolve componentes dos sistemas elétricos e térmicos das instituições e indústrias, afirma-se que: [...] “eficiência energética é toda e qualquer atividade que visa melhorar o uso das fontes de energia, sendo essas eólica, térmica, solar, hídrica etc. Ou seja, compreende a forma com que um serviço ou atividade é desempenhado utilizando a menor quantidade de energia possível; o que também reduz o impacto ao meio ambiente”. (Aldo[1]).

No Brasil, tem-se prestado atenção ao desenvolvimento de programas para o setor industrial e residencial que hierarquizam este parâmetro da Eficiência Energética, tal como o caso do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL: [...] criado em 1985, pela Portaria Interministerial nº 1.877, para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. Desde então, as ações do PROCEL contribuem para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia. (Ministério das Minas e Energia[14]).

Neste sentido, os autores apresentam neste artigo uma proposta metodológica de como utilizar o parâmetro da Eficiência Energética como parte de metodologias ativas de apoio ao ensino da engenharia na Universidade do Estado do Amazonas-UEA, localizada em Manaus, Amazonas, Brasil, através de um laboratório virtual

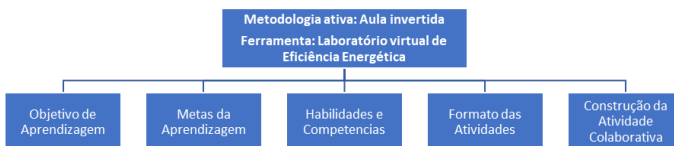
utilizando-se como estudo de caso um programa simulador desenvolvido por Guzmán[8], que se fundamenta em modelos matemáticos de sistemas reais complementados com um guia metodológico de realização.

O objetivo geral é demonstrar que, a partir da teoria, é viável criar um desenho prático de laboratório, neste caso virtual, que pode ser parte importante de uma metodologia ativa e servir de apoio ao ensino de disciplinas da Engenharia Elétrica ou Mecânica na Universidade do Estado do Amazonas, UEA, por meio de modelos matemáticos de sistemas e equipamentos, empregando-se ferramentas de simulação, com o intuito de aumentar os conhecimentos práticos e teóricos dos estudantes, aprofundando-os nos conteúdos que envolvem, por exemplo, a Eficiência Energética e o conhecimento dos processos envolvidos.

## 2. MATERIAIS E METODOS

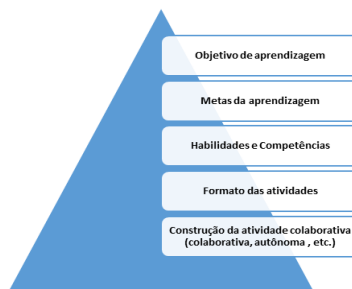
### 2.1 Descrição metodológica das etapas da metodologia ativa a utilizar

As metodologias ativas, nestas novas etapas de desenvolvimento das tecnologias informáticas, têm desempenhado um papel fundamental na elevação do nível de conhecimentos dos alunos. Isto permite utilizar conteúdos técnicos que são fundamentais na formação profissionalizante do engenheiro, como é o caso da Eficiência Energética, como parte de metodologia ativas utilizando a ferramenta do laboratório virtual. Neste contexto, se escolhe a metodologia ativa de aula invertida que se apresenta na seguinte sequência de execução, como se mostra na Figura 1, assim como o planejamento da tarefa ou problema a resolver.



**Figura 1-** Organograma de execução para a implementação da metodologia ativa utilizando a ferramenta de laboratório virtual de Eficiência Energética. Fonte:Autores.

O objetivo de aprendizagem do problema de Eficiência Energética proposto, como se mostra na Figura 2, seria: Analisar, a partir da seleção de variáveis, modelagem e desenho em um programa de simulação a Eficiência Energética de um sistema de resfriamento (troca de calor) de uma indústria do Polo Industrial de Manaus, por meio de práticas de laboratórios virtuais, as metas da aprendizagem: a partir do desenho em um programa de simulação conformado em forma de blocos (utilizando elementos de conhecimentos teóricos e resultados de medições de variáveis reais, realizar sua seleção e modelar), ir explicando os elementos que constituem cada bloco, os balanços de energia, analisando seu funcionamento e características. As habilidades desenvolvidas aos alunos seriam a de selecionar, analisar, escolher variáveis para avaliar a eficiência energética, modelar e simular; as competências estariam marcadas em interpretar, refletir, fazer e raciocinar.



**Figura 2-** Organograma de atividades para a implementação da metodologia ativa na tarefa de Eficiência Energética.

Fonte: Autores.

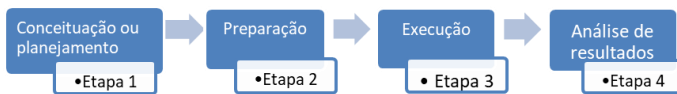
O formato das atividades: concluído o laboratório virtual, seguindo o guia metodológico proposto por Guzman et al [9] apresentadona Tabela 1, é necessário apresentar de forma individual um relatório que inclua o desenho do esquema no programa simulador, apresentando todas as análises dos gráficos de respostas das variáveis ou parâmetros energéticos do sistema, como a temperatura e o consumo de energia elétrica dos motores que movimentam as bombas, explicando e demonstrando através dos resultados que o laboratório desenvolvido forneceu conhecimentos teóricos e práticos e que o

desenho feito apresenta robustez para ser implementado. A construção da atividade é autônoma.

### **2.1.1. Descrição metodológica das etapas principais para a realização de um laboratório virtual como ferramenta da metodologia ativa**

Segundo Guzmán et al [9], “é fundamental para a execução satisfatória de um laboratório virtual em qualquer área do conhecimento, como é o caso das engenharias, o planejamento metodológico de todas suas etapas, para poder atingir o resultado desejado”.

A seguir na Figura 3, apresenta-se uma descrição destas etapas.



**Figura 3-** Descrição metodológica das etapas principais para a realização de um laboratório virtual.

Fonte: Guzmán et al [9].

Na etapa de Conceituação ou Planejamento (Etapa 1), necessita-se a partir da seleção do objeto a ser pesquisado, realizar um estudo dos elementos teóricos necessários que abrangem todos seus parâmetros e características, completando-se com o traçado de objetivos e planejamento das próximas etapas.

Na etapa de Preparação (Etapa 2), resulta a necessidade de seleção dos parâmetros ou variáveis, a seguir realiza-se a seleção do bloco do sistema ou objeto a ser pesquisado, direto da biblioteca virtual disponível previamente elaborada, ou realiza-se a modelagem matemática por um dos métodos existentes. Para a obtenção dos modelos pode-se utilizar métodos de identificação de sistemas (Ljung, [11]). Na sequência realiza-se a seleção do programa de simulação que se ajuste a análise a ser realizada, projetando-se o esquema de simulação de forma gráfica ou através de programas editados com códigos fontes, concluindo-se com os ajustes e testes necessários que validem o modelo e simulador selecionados.

Na etapa de execução (Etapa 3), a partir de um guia teórico metodológico de apoio ao estudante, executa-se a atividade prática de laboratório virtual projetada, sendo que esta diretriz pode variar segundo as especialidades, mas de forma geral deve conter os itens apresentados na Tabela 1.

Na etapa de análise, (Etapa 4), é necessário fazer um relatório com os resultados obtidos e formular as conclusões da prática virtual, que corresponde a apresentação dos resultados obtidos em todas as etapas realizadas em forma de relatório técnico para apresentação e avaliação perante o professor ou banca avaliadora, argumentando assim as diferentes etapas da metodologia ativa de aula invertida utilizada.

**Tabela 1** – Guia teórico-metodológico de apoio ao estudante para a execução da prática de laboratório virtual, no contexto geral da engenharia. Adaptado de [9].

Itens da guia	Atividades a serem implementadas na guia.
1	Título e número da prática de laboratório a ser realizada.
2	Introdução, contextualização do problema da pesquisa.
3	Fundamentação teórica do tema ou conteúdo a ser tratado no laboratório virtual.
4	Traçado dos objetivos, que devem ser alcançáveis com os meios de simulação a escolher disponíveis.
5	Apresentação do software ou programa de simulação, incluindo uma fundamentação sobre a plataforma virtual escolhida de hospedagem e seu desempenho.
6	Análise de variáveis e apresentação do modelo do objeto ou sistema a ser pesquisado, podendo ser a partir do modelo próprio ou de uma biblioteca virtual sugerida em forma de blocos previamente elaborada.
7	Indicar a tarefa de desenho do esquema de simulação, que deve compreender os requisitos da tarefa proposta e conter todos os elementos necessários.
8	Indicar a montagem do modelo no simulador, ajustes do esquema de simulação (escolha do tempo de simulação e outros parâmetros como o método numérico de integração, tempo de amostragem etc.), escolha de valores para os parâmetros do modelo (que podem ser reais) a serem considerados no esquema de simulação. Ajustes de todo o conjunto para iniciar a prática através da simulação.
9	Incluir as tarefas para o passo-a-passo ser completada na simulação, que pode ser: a partir das mudanças manuais de parâmetros, obtenção de gráficos de dependências, valores, observação de comportamentos etc. Podem ser apresentadas tabelas para o acúmulo de dados ou indicar como podem ser salvos no simulador.
10	Análise dos resultados obtidos. Formular as conclusões técnicas da prática realizada.

## 2.2 Escolha do programa de simulação para a execução do laboratório virtual

A seleção do método de simulação, para a realização do laboratório virtual, vai depender do objetivo que se deseja, podendo ser uma pesquisa de otimização, eficiência de um sistema ou equipamento, também acadêmico formando parte de uma metodologia ativa como é o caso da prática de laboratório virtual num determinado curso de engenharia. O desenho do programa simulador vai depender de sua escolha, que pode estar fundamentado em sua disponibilidade ao ser um programa de código aberto ou não, na utilização dos métodos numéricos para determinar a solução e até nas capacidades de processamento dos computadores disponíveis. Hoje no setor acadêmico, existem vários programas livres e privados, tais como o GNU Octave, Matlab e Scilab, Figura 4, que apresentam ferramentas que atendem as expectativas e geralmente podem ser escolhidos como o programa simulador.

Estes programas apresentam uma ampla biblioteca que utiliza centenas de funções predefinidas, para criar modelos em diagrama de blocos de sistema lineares, não lineares, de tempo discreto, tempo contínuo, híbrido, SISO, MIMO e sistemas multitarefas, permitindo a cada usuário criar seus próprios sistemas, baseados nos modelos matemáticos obtidos, como mostra Meerschaert[13], ou incorporando os códigos fontes dos programas.



**Figura 4** - Programa de simulação de código aberto Scilab.

Fonte: Software [www.scilab.org](http://www.scilab.org).

Uma das vantagens destes simuladores é que as operações de modelagem e simulação são controladas interativamente por menus ou usando linhas de comando para simulações em lote. Os parâmetros

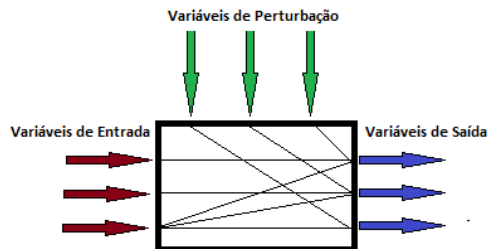


do bloco são inseridos em caixas de diálogo como vetores ou matrizes escalares, usando valores numéricos ou variáveis e expressões, por exemplo, o Matlab, que segundo Chapman [10] transformou-se em um sistema computacional flexível capaz de resolver essencialmente qualquer problema técnico com uma ampla biblioteca de funções predefinidas, para que a programação técnica se torne mais fácil e eficiente. Neste programa, os gráficos oferecem escala automaticamente para a amplitude do sinal e o tempo de simulação escolhido, esses valores podem ser impressos diretamente ou salvos em uma ampla gama de formatos de arquivos gráficos, para incorporação posterior nos relatórios.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para aplicar a metodologia ativa selecionada de aula invertida, apresenta-se um exemplo de laboratório virtual que pode ser realizado a partir da modelagem e simulação de processos industriais. Trata-se do estudo de caso em questão, da análise da Eficiência Energética de um processo industrial que envolve um tanque e um trocador de calor. Para realizar o estudo dos processos, é demonstrado que o uso da metodologia de modelagem e simulação permite representar de forma simples a interação entre as diferentes variáveis de importância prática para o sistema, permitindo seguir sua dinâmica de comportamento.

Por exemplo, num processo industrial que envolve um tanque e um trocador de calor, a classificação das variáveis de forma geral pode se apresentar como na Figura 5.



**Figura 5-** Classificação e interação entre as variáveis de um sistema para a modelagem e simulação.

Fonte: Autores.

Esta interação das variáveis permite definir a dinâmica do modelo matemático que, por exemplo, a partir das equações diferenciais vai representar o sistema, de acordo aos interesses da pesquisa a ser realizada no laboratório virtual, podendo ser variáveis mensuráveis tais como frequência, velocidade, vazão, nível, temperatura, densidade, pressão, pH etc.

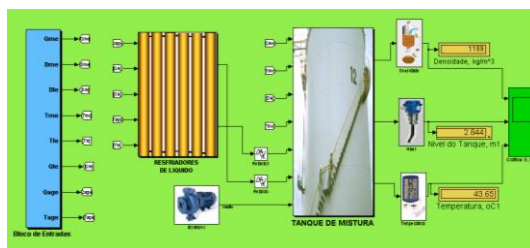
É recomendável a criação de uma biblioteca virtual com modelos básicos de processos, sistemas e demais agregados, isto permite uma rápida seleção e desenho dos esquemas de simulação do laboratório virtual pelos estudantes e assim poder trocar elementos do fluxo tecnológico, no caso das indústrias ou outros sistemas reais, permitindo flexibilidade e rapidez no projeto dos esquemas de simulação e a análise de suas dinâmicas.

A biblioteca virtual deve estar conformada por modelos de equipamentos e processos comumente utilizados, como por exemplo, os energéticos, químicos, mecânicos, elétricos etc., como os analisados por Seborg, Edgar e Mellichamp[5] e Smith e Corripio [3]. Cada modelo e conteúdo no bloco pode ser obtido das mais diferentes formas entre as quais destacam-se os compostos por equações diferenciais obtidas a partir dos balanços de massa, de componentes ou energia dos processos reais (Lucenko,[2]).

A partir dos blocos selecionados e desenhados é conformado o esquema de simulação para que o laboratório virtual do sistema proposto seja desenvolvido, conforme o roteiro no Quadro 1. O simulador, por exemplo apresentado a continuação na Figura 6, é montado numa base semelhante a desenvolvida por Delgado e Pichardo[12], sendo facilmente acessível e operada pelo usuário. Conforme apresentado, trata-se de um sistema energético industrial multivariável, com entradas acopladas a bombas acionadas por motores, elemento avaliado no setor industrial como de alto consumo de energia elétrica pela presença de elementos reativos indutivos. Este simulador permite um estudo energético de todo o sistema incluindo todos os parâmetros do sistema trocador de calor.

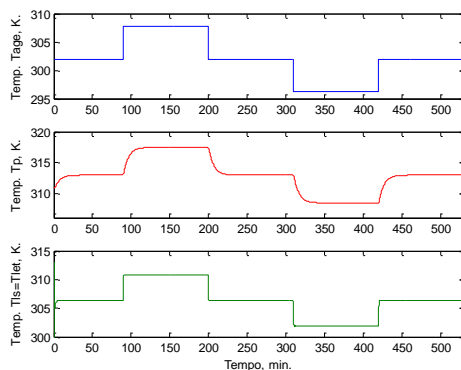
Este simulador permite num ambiente virtual demonstrar ao aluno que, ao acionar o sistema elétrico dos motores, pode-se alterar a vazão de água a partir do controle da velocidade dos motores acoplados as bombas que alimentam a vazão de água de resfriamento que circula na contracorrente pelo trocador de calor. Aqui pode-se

mudar as temperaturas do líquido que irá se misturar com o sólido no tanque, como apresentado na Figura 7, o que permite realizar um estudo e avaliar economicamente o consumo de energia, por exemplo, quando acontecem as mudanças de velocidade a partir da frequência elétrica da tensão de alimentação do acionamento motor-bomba e também avaliar as mudanças das temperaturas na mistura, que influenciam na próxima etapa do processo onde acontecem reações químicas e assim chega-se a obtenção do produto final.



**Figura 6** - Esquema de simulação a partir do modelo matemático, utilizado como laboratório virtual para avaliar a Eficiência Energética de um sistema de mistura.

Fonte: Guzmán[8].



**Figura 7**- Influência da temperatura da água sobre a temperatura do líquido que se vai misturar com o sólido no tanque.

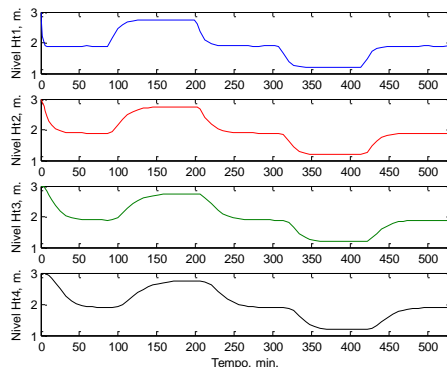
Fonte: Guzmán[8].

Se o sistema apresentar mais de um tanque de mistura, por exemplo 4 (quatro) tanques, a velocidade da vazão de entrada do líquido influenciará no nível de líquido,  $H_{t1}$ ,  $H_{t2}$ ,  $H_{t3}$ ,  $H_{t4}$  dos tanques do

sistema, o que permite avaliar questões de operação para evitar o transbordamento e influências no meio ambiente (Figura 8).

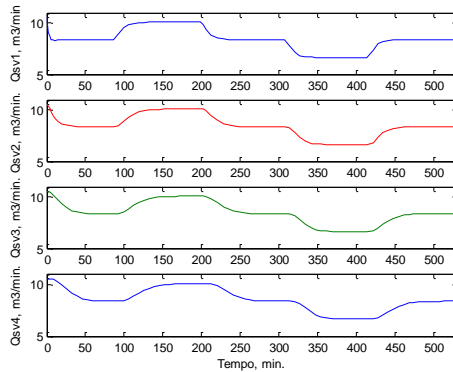
Ao mesmo tempo também é possível realizar uma análise econômica do sistema pesquisado, porque programas feitos em códigos fontes com processamento de outras informações podem ser acoplados ao simulador do laboratório virtual.

Assim, também neste estudo de Eficiência Energética, pode-se analisar o desempenho do sistema de controle das válvulas, para a tomada de decisões operacionais ou otimização do sistema, o que pode estar abonado por minimizar o consumo de energia e tempo nas operações, por exemplo, na Figura 9, mostra-se como ao mudar a vazão de entrada do líquido  $Q_{le}$ , o graficador de saída permite obter as vazões de saída do líquido dos tanques  $Q_{sv1}$ ,  $Q_{sv2}$ ,  $Q_{sv3}$ ,  $Q_{sv4}$ , acoplados a válvulas controladas.



**Figura 8-** Mudanças na frequência do acionamento da velocidade da vazão de entrada do líquido, influencia no nível de líquido, Ht1, Ht2, Ht3, Ht4 dos tanques do sistema.

Fonte: Guzmán [8].



**Figura 9-** Mudanças na frequência do acionamento da velocidade da vazão de entrada do líquido Qle, influência nas vazões,  $Q_{sv1}$ ,  $Q_{sv2}$ ,  $Q_{sv3}$ ,  $Q_{sv4}$  dos tanques do sistema.

Fonte: Guzmán [8].

A partir dos resultados obtidos é possível a realização de outras análises, não simplesmente as energéticas, mas também as operacionais e relacionadas aos impactos ao meio ambiente, quando se tratade análise de sistemas industriais ou residenciais.

## CONCLUSÃO

Este trabalho demonstra que aproveitando as facilidades de recursos apresentadas pelas novas tecnologias informáticas, como, por exemplo, os programas simuladores, é possível aplicar metodologias ativas de ensino através das ferramentas de laboratórios virtuais apoiados nos conceitos teóricos de modelagem e simulação de sistemas, permitindo o desenvolvimento de pesquisasque servem de apoio aos estudantes na obtenção de novos conhecimentos práticos no ensino da engenharia.

Para a execução correta dos objetivos de aprendizagem da metodologia ativa por meio destes laboratórios virtuais, foi apresentada uma proposta de roteiro metodológico para levar passo-a-passo o estudante atéa execução, permitindo-lhe integrar os conhecimentos teóricos com os práticos. Esta experiencia permite sistematizar este proceder para ser incorporado aos projetos integradores das engenharias como metodologia ativa de ensino.

Neste contexto é possível a análise de parâmetros tais como a Eficiência Energética, que tem um alto impacto nos prédios, estruturas e na indústria moderna ao se relacionar com a economia e cuidados ao meio ambiente.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao GPA-UEA, Projeto STEM da Escola Superior de Tecnologia e as agências de fomento como CNPq e FAPEAM.

## REFERÊNCIAS

- [1] Aldo Componentes Eletrônicos. O que é eficiência energética e como ela influencia o setor de TI?. Aldo.blog. 2018. Recuperado de: <https://www.aldo.com.br/blog/o-que-e-eficiencia-energetica-e-como-ela-influencia-o-setor-de-ti/>.
- [2] B. Lucenko. Modelación Matemática de los Procesos Tecnológicos Químicos en Máquinas Analógicas. Izdat. Moscú. 1984.
- [3] C. A. Smith, & A. B. Corripio. Principles and Practice of Automatic Process Control. John Wiley & Sons Inc. New York. 1997.
- [4] Centro Brasileiro de Informação da Eficiência Energética. PROCELINFO. Recuperado em: [O Programa \(procelinfo.com.br\)](http://O_Programa(procelinfo.com.br)). 2021.
- [5] D. E. Seborg, T. F. Edgar, & D. A. Mellichamp. Process Dynamics and Control. John Wiley & Sons. New York. 1989.
- [6] D. Guzmán, & C. Cavalcante. Laboratório virtual assistido com Matlab para un sistema multivariable industrial, Revista Ingeniería Energética, Vol. 28, No 3, La Habana, Cuba. 2007.
- [7] D. Guzmán, C. Cavalcante, J.L. Sansone & A. Kimura. SISTANVS V.1: Simulador para um processo industrial de mistura. Revista Sodebras, Vol. 2, No 20. Brasil. 2007.
- [8] D. Guzmán. Relatório Técnico Final do Projeto DCR-AM CNPq - FAPEAM: Modelagem e Simulação de Sistemas Multivariáveis de Emprego Industrial e Docente. Escola Superior de Tecnologia – UEA. Manaus. 2006.
- [9] D. Guzmán, I. Gondres, E. Garcia, Alves E., Simulação da eficiência energética: Uma ferramenta prática de uso como laboratório virtual de apoio ao ensino da engenharia. Anais do 1 Latin American Congress of Education. Curitiba. Brasil, 2021. Disponível em: <https://latinamericanpublicacoes.com.br/lace2021/anais/index.php?t=TC2021051397214>. Acesso: 6 de julho 2021.
- [9] D. Thuinie & R. Fragelli. Como promover a aprendizagem ativa em uma sala de aula virtual. 2020. Disponível em: <https://desafiosdaeducacao.grupo.com.br/aprendizagem-ativa-aulas-virtuais/>. Acessado: 20 de maio 2021.
- [10] J. Stephen Chapman. Programação em Matlab para engenheiros. Pioneira Thomson Learning Ltda, São Paulo, Brasil. 2003.
- [11] L. Ljung. System Identification - Theory for the User. 2nd Edition, Prentice Hall, EnglewoodCliffs, N.J. 1998.

- [12] M. Delgado, & C. Pichardo. Use of MATLAB and 20-sim to simulate a flash separator. *Simulation Practice and Theory* 7. pp 515-530. 1999.
- [13] M. M. Meerschaert. *Mathematical Modeling*. 3rd edition. Elsevier Academic Press. 2007.
- [14] Ministério de Minas e Energia. PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 1985. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/planejamento-e-desenvolvimento-energetico/procel-programa-nacional-de-conservacao-de-energia-eletrica-1>. Acessado: 20 maio 2021.
- [15] SEMESP. Ministério da Educação/Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior. RESOLUÇÃO Nº 1, DE 26 DE MARÇO DE 2021. Publicado: 29/03/21. Disponível em: <https://www.semesp.org.br/legislacao/resolucao-no-1-de-26-de-marco-de-2021/>. Acessado: 30 de set. 2021.
- [16] R. Bishop & Dorf. *Sistemas de controle moderno*. LTC. São Paulo, Brasil. 2003.
- [17] Tecnologia. Lei de Moore: capacidade de processamento de PCS dobra a cada dois anos. 29 maio 2015. Disponível em: <https://www.psaf.com/blog/lei-de-moore-capacidade-de-processamento-de-pcs-dobra-a-cada-dois-anos/>. Acessado em: 23 de jun. 2021.
- [18] Using Simulink, V-3. Simulink. Dynamic system simulation for Matlab. The Math Works Inc. USA. 1999.
- [19] Y. Dinis. Entenda o que são e como trabalhar as metodologias ativas. 19 maio 2021. Disponível em: <https://educacao.imagine.com.br/metodologias-ativas/>. Acessado em: 21 de jun. 2021.

#### **ABOUT THE AUTHORS**

**Name:** Daniel Guzmán del Río

**Affiliation:** Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)

**Contact Information:** [drio@uea.edu.br](mailto:drio@uea.edu.br)

Bachelor's degree in Electrical Engineering from the Electrotechnical Faculty of the Institute for Cinema Engineers of Leningrad, today (St. Petersburg State University of Cinema and Television, <http://www.gukit.ru/ftkt>), Russia (1985), Master's degree in Electrical Engineering, area of Systems Engineering from the Polytechnic School of the University of São Paulo (1999) and PhD in Automation and Control Engineering from the Higher Polytechnic Institute José Antonio Echeverría, Habana (2001), revalidated by the Federal University of Pará (UFPA), Brazil, 2017. Has experience in the area of Electrical Engineering, with emphasis on Electric Circuits, Industrial Process Automation, acting mainly in the following topics: electric circuits, electronics, control, modeling, simulation and multivariable processes, power generation and energy efficiency. Has 34 years as Professor in Higher Education in Electrical Engineering, Electronics and Automation and Control. Professor and Researcher at EST/UEA Manaus from 2004 to 2006 and from 2011 to 2013, Volunteer Professor at EST/UEA from 2014 to 2015. He is currently an Adjunct A Career Professor at the Amazonas State University.

#### **Most relevant publications:**

- *Author of the paper: Pesquisa sobre eficiência energética: Um estudo de desenho teórico-metodológico para prédios e indústrias da Amazônia.* DEL RIO, D. G., SOUSA D., TORNE, I. G., GADELHA, I. S. F., GARCIA, C. E. A., SANTOS, P. A. ISSN: 2525-8761. *Brazilian Journal of Development*. v.7, p.69238 - 69259, 2021.
- *Participant as co-author of the paper: Projeto de um piloto automático para um veículo aéreo não tripulado em fase de voo de cruzeiro.* VILAÇA, N. L., DEL RIO, D. G., KIELING, A. C., DOS SANTOS M. D.; ISSN 2286-4822, ISSN-L 2286-4822. *European*

Daniel Guzmán del Río, Israel Gondres Torne, Antonio Claudio Kieling– **Laboratório Virtual de Eficiência Energética: Um Componente de Metodologia Ativa de Apoio ao Ensino da Engenharia na UEA**

---

Academic Research, International Multidisciplinary Research Journal. v.IX, p.3428 - 3451, 2021.

- *Author of the paper: Modelación y simulación del tanque de contacto y los enfriadores de licor en el proceso de lixiviación carbonato-amoniaco con minerales lateríticos cubanos* DEL RÍO, D. G.; GARCIA, C., MISA, R. LL., COLUMBIE, A. O.; ISSN 1993-8012. Revista Minería y Geología, Cuba, v. 17, N<sup>o</sup>2, p. 61 - 71, 2000.

**Name:** Israel Gondres Torné

**Affiliation:** Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)

**Contact Information:** itorne@uea.edu.br

PhD in Electrical Engineering from the Federal University of Ceará UFC (Revalidation 2019). PhD in Technical Sciences, in the field of Electrical Engineering from the University of Camaguey (2015). Master's Degree in Electrical Engineering (1998) and Graduation in Electrical Engineering (1995) from the University of Camaguey and recognized by the University of the State of Amazonas (2018). He is currently an Adjunct Professor, Coordinator and President of the Structuring Teaching Nucleus of the Electrical Engineering Course at the Superior School of Technology at the State University of Amazonas. He has experience in the field of Electrical Engineering, with an emphasis on Electrical Power Systems and Energy Efficiency. He develops the lines of research: Energy Efficiency; Maintenance of electrical substations and Operation of Electrical Power Systems. Advisor of several Final Papers, Course Projects and Master's Degrees, participated in national and international events, published several articles on maintenance in power circuit breakers. Visiting professor at several universities in different countries such as Ethiopia, Venezuela, Ecuador and Mexico; taught different disciplines in undergraduate and graduate courses in the Master's in Electrical Engineering and Master's in Energy Efficiency programs, registered two software related to circuit breaker maintenance and failure calculation. He currently belongs to the Embedded Systems Development Team (ESDT) Research Group, Embedded Systems Laboratory of the HUB-Technology and Innovation, at the State University of Amazonas, Brazil.

**Most relevant publications:**

*Author of the paper: Modelo de gestión de mantenimiento parcial a interruptores de potencia mediante inteligencia artificial.* GONDRES T., I.; LAJES CHOY, S.; DEL CASTILLO S., A. Revista Chilena de Ingeniería, v. 26, p. 391-397, 2018.

- *Author of the chapter: Model Business Rules for Control Load through Electrical Parameters.* TORNÉ, I. G.; TEIXEIRA, R. C. M.; MESTRINHO, G. S. P.; DA COSTA, I. V. B.; DE ALMEIDA, A. S.; DOS SANTOS C., EVALDO P., Smart Innovation, Systems and Technologies. 1ed.: Springer International Publishing, v. 1, p. 249-257. 2021.
- *Participant as co-author of the chapter: Automatic Balancing System of Single-Phase Consumer Units Connected to the Low-Voltage Distribution Network.* DIAS, ALEX SANDER LEOCÁDIO; TORNÉ, ISRAEL GONDRES. Smart Innovation, Systems and Technologies. 1ed. Switzerland: Springer International Publishing, v., p. 97-111. 2021.

**Name:** Antonio Claudio Kieling

**Affiliation:** Universidade do Estado do Amazonas (Amazonas State University)

**Contact Information:** akieling@uea.edu.br

Bachelor's Degree in Mechanical Engineering from the University of Caxias do Sul - UCS (1985) and in Administration from the Leonardo da Vinci University Center - Uniasselvi (2015), Specialization in Politics and Strategy from the Association of Diplomates of the War College - ADESG (1992) and Total Quality and Productivity from the University of PlanaltoCatarinense - UNIPLAC (1997), Master in Industrial Economics from the Federal University of Santa Catarina (2000), PhD in Business Administration from the Universidad de la Empresa - UDE of Montevideo - Uruguay (2013), PhD in Biotechnology from the Federal University of Amazonas - UFAM (2018) and Post-Doctoral degree in Materials Engineering – USP University of São Paulo (2021). Currently, is an Adjunct Professor at the Amazonas State University - UEA, coordinator of the Mechanical



Daniel Guzmán del Río, Israel Gondres Torne, Antonio Claudio Kieling– **Laboratório Virtual de Eficiência Energética: Um Componente de Metodologia Ativa de Apoio ao Ensino da Engenharia na UEA**

---

Engineering Course and permanent professor of the StrictoSensu Postgraduate Program in Intellectual Property and Technology Transfer for Innovation (PROFNIT) focal point UEA. He has experience in the areas of Engineering, Biotechnology, Economics, Administration and Accounting.

**Most relevant publications:**

- Author of the paper *Priorização de Projetos Utilizando o Modelo de Pontuação/Scoring: um Estudo de Caso* (KIELING, A. C.; BENTES T. K.; LIMA R. P.; SILVA E. S. R.; BARBOZA R. S.; OLIVEIRA R. C.; LINS R. D., ISSN 2286-4822, ISSN-L 2286-4822. European Academic Research, International Multidisciplinary Research Journal).
- Participant as co-author of the paper *Algoritmo Matemático para Predefinir a Mudança da Extensão Linhal do Tamanho do Stent Convencional e Triplo Stent em Termos de Sua Acomodação na Artéria Aórtica com Aneurisma, in Silico* (TORRES A. R.; COSTA, N.; PINO, G. G.; KIELING A. C.; CABRAL D. B.; PITTA G. B. B.; COSTA C. A., ISSN 2286-4822, ISSN-L 2286-4822. European Academic Research, International Multidisciplinary Research Journal).