

## PROJETO E MONTAGEM DE BANCADA DIDÁTICA PARA SIMULAÇÃO DE TRAÇÃO DA LOCOMOTIVA DE CORRENTE ALTERNADA

### DESIGN AND ASSEMBLY OF DIDACTIC WORKBENCH FOR TRACTION SIMULATION OF AC LOCOMOTIVE

Sérgio Garcia Duarte<sup>1</sup>

Alex Franco Ferreira<sup>2</sup>

**RESUMO:** O setor ferroviário é muito específico, mesmo as simbologias utilizadas em seus diagramas elétricos se diferem das simbologias utilizadas na indústria, e não se encontra nada no mercado que aproxime o aluno a executar, com segurança, prática desse setor dentro de uma unidade escolar. Com isso este trabalho teve como objetivo reformar e modernizar uma bancada didática que permitiu incorporar maior conhecimento prático ao ensino de Elétrica de Locomotivas e, também, para formação de Operadores Ferroviários. Tendo o aluno o papel de protagonista de sua formação. Para tal a bancada com seus componentes utilizados em locomotivas, com todos os comandos de operação, foi reformada e atualizada para permite entregar ao mercado profissionais com uma formação mais próxima a um cenário profissional real. O contato com controlador mestre, conversor de frequência, controle e sentido de rotação do motor de tração e as situações de aprendizagem que serão desenvolvidas, deram as competências necessárias para atuar nos equipamentos ferroviários.

**Palavras-chave:** Bancada didática. Locomotivas. Controlador mestre. Conversor de frequência.

**ABSTRACT:** The railway sector is very specific, even the symbologies used in its electrical diagrams differ from the symbologies used in the industry, and nothing is found on the market that brings the student closer to performing, safely, practice in this sector within a school unit. Thus, this work aimed to reform and modernize a didactic workbench that allowed the incorporation of greater practical knowledge to the teaching of Locomotive Electricity and, also, to the training of Railway Operators. Having the student as the protagonist of his/her training. For this purpose, the workbench with its components used in locomotives, with all operating controls, was renovated and updated to allow delivering professionals to the market with training closer to a real professional scenario. The contact with the master controller, frequency converter, control and direction of rotation of the traction motor and the learning situations that will be developed, provided the necessary skills to work on railway equipment.

**Keywords:** Didactic workbench. Locomotives. Master controller. Frequency converter.

---

<sup>1</sup>Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ, Brasil.

## INTRODUÇÃO

Em qualquer unidade de ensino técnico e profissionalizante, que tenha curso voltados para o modal ferroviário, faz-se necessário a utilização de bancada didática como ferramenta de ensino eficaz para a formação completa de alunos nos cursos de operação e manutenção ferroviária. O uso deste meio de aprendizagem, como complemento à teoria repassada em sala de aula, oferece ao aluno a oportunidade de buscar sua autonomia na construção de seu próprio conhecimento. Sendo a área foco deste trabalho o exercício de ensino de elétrica de locomotivas, a bancada aqui desenvolvida busca reproduzir condições em que o estudante se depare com situações nas quais ele pode desenvolver uma análise crítica acerca da teoria aplicada e conseqüentemente resolva problemas de forma rápida e eficiente. Com a chegada das locomotivas Diesel Elétrica com tração através de motores elétricos de corrente alternada o advento da automação se tornou ainda maior.

Para agregar conhecimento ao aluno e alcançar o ensino com qualidade, este trabalho objetivou a reforma e modernização de uma bancada que possui o controlador mestre, com as alavancas de aceleração, reversão e de frenagem dinâmica; sinaleiros com as diversas indicações como pontos de aceleração do motor Diesel, circuito de carga de baterias, circuitos de tração e outros tipos de comandos da locomotiva; um motor CA com velocidade controlada por um conversor de frequência.

Através dessa bancada o aluno pôde acionar e simular todos os comandos da operação de um trem, observar a relação da aceleração com a velocidade desenvolvida, RPM (rotações por minuto), do motor de tração trifásico assíncrono AC. Bem como pôde acionar o comando da alavanca reversora fazendo com que o motor de tração inverta sua rotação e todos os outros comandos necessários para colocar a locomotiva em tração com as lógicas necessárias para uma condução segura.

Foi necessário para atender a esta proposta um controlador mestre, como apresenta-se na Figura 1. A partir das alavancas de frenagem dinâmica, aceleração e reversão, o aluno fez a operação de tração e outras necessárias à operação da locomotiva.

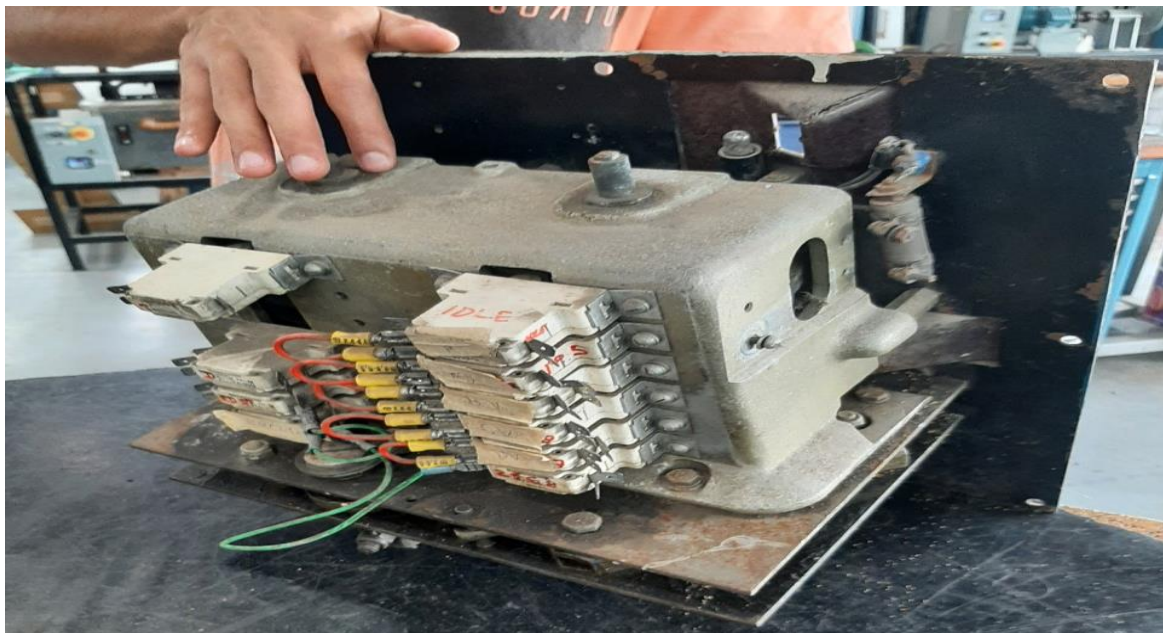
**Figura 1:** Controlador mestre da locomotiva GE C30-7MP



**Fonte:** GE Transportation Systems, 2002

Na Figura 2 pode-se observar a parte traseira de chave

**Figura 2:** Vista traseira do controlador mestre da locomotiva GE C30-7MP



**Fonte:** Do Autor, 2022

Utilizou-se um motor elétrico trifásico – 0,25 cv, conforme Figura 3. Esse motor será a representação do motor de tração da locomotiva.

**Figura 3:** Motor 3F 4P 220/380V 0,25Cv 63 B34D 12218729 – Weg



**Fonte:** WEG, 2011

Para controle do motor apresentado na Figura 3, utilizou-se um conversor de frequência, conforme Figura 4. O conversor foi parametrizado para executar as rotações do motor de tração, *multispeed* 8 velocidades, conforme a solicitação feita pela alavanca de aceleração do controlador mestre.

**Figura 4:** Conversor de frequência CFW10 0,25Cv trifásico



**Fonte:** WEG, 2011

Conforme Figura 5, observa-se o Contator auxiliar, tais componentes são necessários para que o aluno possa simular a aceleração com o motor e tração parado, chamado aceleração em vazio, e também outras operações que se fizerem necessárias.

**Figura 5:** Contator auxiliar 2na+2nf 220vca



**Fonte:** Schneider Eletric, 2012

### A bancada a ser reformada

Na Figura 6, apresenta-se a bancada temos a bancada onde simula-se locomotiva com motor de tração de corrente contínua e nessa mesma bancada foi realizado a adaptação para motor de tração de corrente alternada.

**Figura 6:** Bancada didática simuladora de tração com motor de corrente contínua



**Fonte:** Do Autor, 2022

Segundo Borba (2010), os esforços contínuos de se usar o motor de indução como motor de tração se baseiam principalmente no fato de:

- Ser o mais largamente utilizado na indústria;
- Apresentar custo reduzido e vida útil longa;
- Possuir uma construção excepcionalmente simples e robusta;
- Operar em situações severas de trabalho;
- Não possuir comutador ou escovas;
- Apresentar menores desgastes mecânicos;
- Demandar uma menor manutenção;
- Sofrer uma menor sobrecarga térmica na partida;
- Apresentar melhor comportamento em frenagem dinâmica;
- Proporcionar maior capacidade de potência e maior força de tração com igual volume e igual peso de construção de um motor de corrente contínua. (BORBA, 2010).

No entanto, a sua popularização vem sendo dificultada por:

- Aumentar a eletrônica embarcada;
- Demandar pessoal especializado para manutenção do seu sistema de controle, com conhecimentos de eletrônica analógica, digital e de potência;
- Haver possibilidade do seu sistema de controle produzir interferências elétricas nos sistemas de sinalização;
- O custo inicial de uma locomotiva dotada de motores de corrente alternada é mais elevado do que uma locomotiva impulsionada por motores de corrente contínua. (BORBA, 2010).

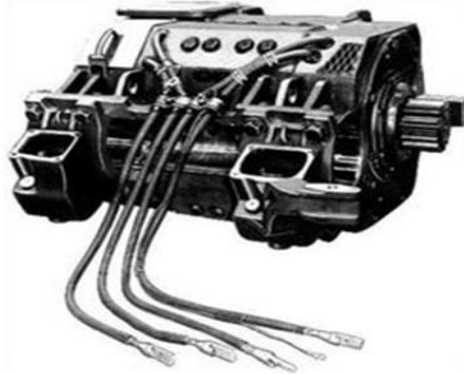
Para Borba (2010), as excepcionais características associadas à utilização de microprocessadores e da Eletrônica de Potência nos sistemas de controle dos motores de indução de corrente alternada, fizeram do seu emprego como motor de tração de locomotivas elétricas e diesel-elétricas, um caminho sem volta.

Pode-se afirmar que chegará o dia em que todos os motores de tração serão de corrente alternada. (BORBA, 2010).

No entanto, a novidade da tecnologia e a desconfiança de alguns, dificultam a aquisição de locomotivas com tecnologia AC para rodarem nas ferrovias brasileiras.

O motor de tração CC pode ser observado nas Figuras 7 e 8

Figura 7: Motor de tração em CC



Fonte: GE, 2002

Figura 8: Motor de tração em CC

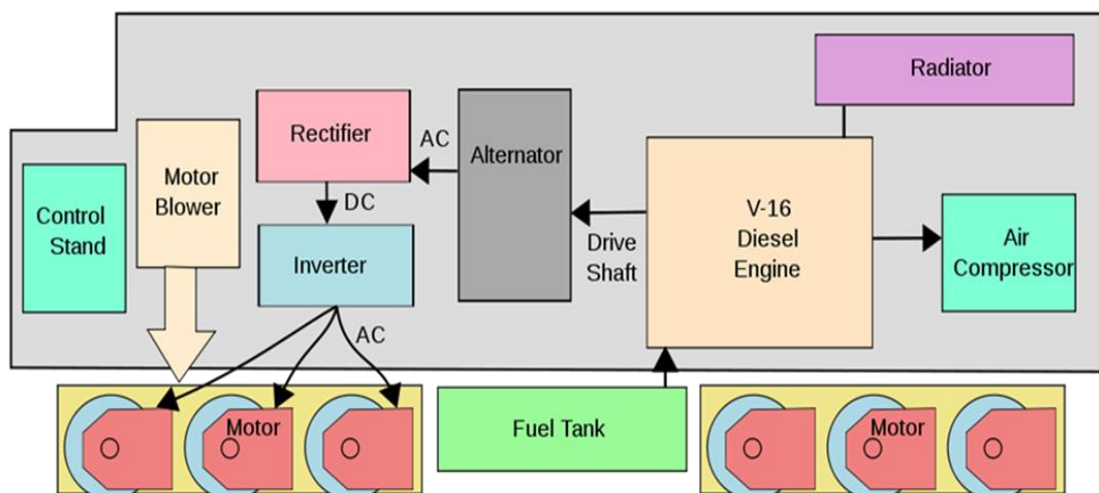


Fonte: GE, 2002

### A adaptação da bancada

Conforme Nabais (2015) em uma locomotiva diesel-elétrica, Figura 9, o motor primário (motor diesel) aciona um gerador elétrico que irá transmitir a potência para os motores de tração. Não existe conexão mecânica entre o motor primário e as rodas de tração. Algumas vezes, este tipo de locomotiva é classificado como um veículo híbrido do tipo série. Classificá-la como híbrida é um erro, pois, o gerador/alternador e os motores elétricos de tração compõem o sistema transmissão de potência, não fonte de potência, sendo este, apenas o motor diesel.

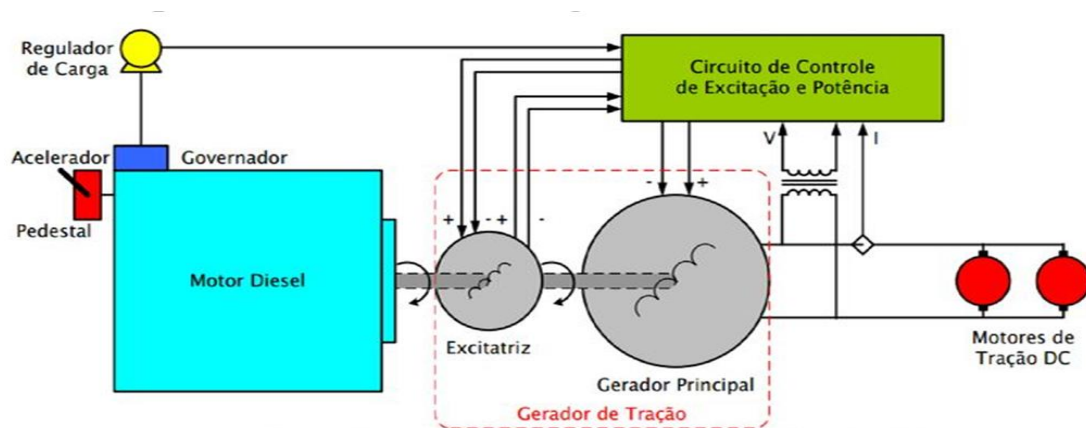
Figura 9: Diagrama de uma locomotiva AC - AC



Fonte: GE, 2011

Originalmente os motores de tração e o gerador principal são máquinas CC (corrente contínua), Figura 10. Seguindo o desenvolvimento de retificadores de alta capacidade nos anos 60, o gerador CC foi substituído por um alternador usando ponte de diodo para retificar a saída para CC. Isto aumentou a confiabilidade das locomotivas e minimizou os custos de manutenção pela eliminação do comutador e escovas. A eliminação das escovas e comutador, por sua vez, resolveu um tipo de evento particularmente destrutivo relacionado a faiscamento, que comumente causa falha imediata do gerador e, em alguns casos, início de incêndio.

**Figura 10:** Diagrama de uma locomotiva CC - CC



**Fonte:** GE, 2011

De acordo com Nabais (2015) a evolução da eletrônica digital tornou possível o emprego de microprocessadores, Figura 11, no circuito de controle de excitação e potência, que proporciona à saída do alternador de tração uma regulação mais suave, mais exata, mais estável e de melhor resposta, produzindo um aumento na aderência para até 28%.

Esse tipo de circuito é utilizado nas locomotivas microprocessadas.

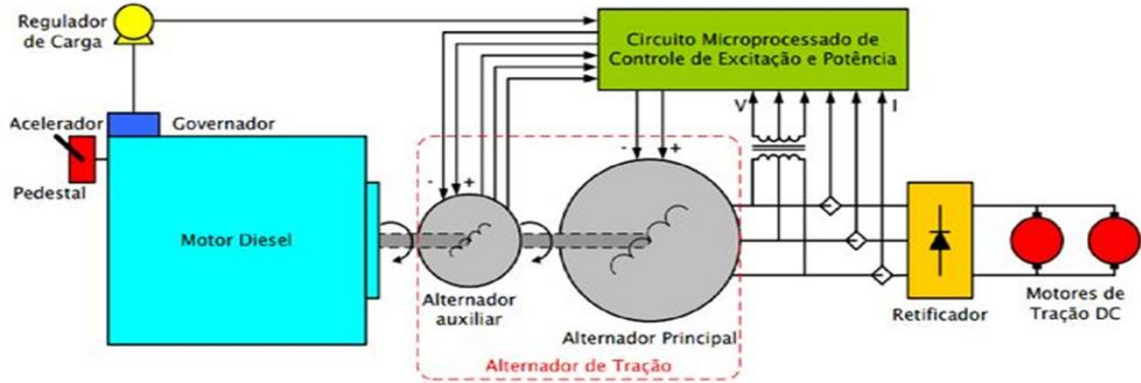
Para Ferreira (1998), o microprocessador é um componente de uso geral de um microcomputador programado para uma aplicação específica.

Sendo um dispositivo controlado por programa, o microprocessador executa uma série de instruções seguindo um programa. (FERREIRA, 1998)

Ainda segundo Ferreira (2008), os microcomputadores e seus periféricos monitoram e regulam continuamente a operação da locomotiva, fazendo ajustes automáticos com base nas demandas operacionais e nas condições da locomotiva.



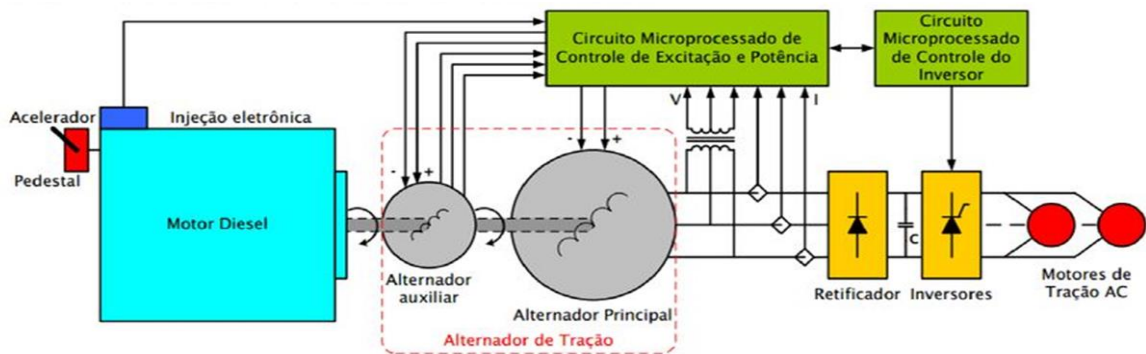
**Figura 11:** Diagrama de uma locomotiva AC - DC



**Fonte:** GE, 2011

A bancada reformulada elétrica e eletronicamente foi baseada na Figura 12, onde tem-se o conversor de frequência no circuito entre o alternador de tração e os motores de tração.

**Figura 12:** Diagrama de uma locomotiva AC -AC



**Fonte:** GE, 2011

De acordo com MASSON (2008), as principais características do aprender mediante o fazer são:

- O aluno é o centro do processo;
- Desenvolve-se em grupos;
- O processo de aprendizado se torna ativo, cooperativo, integrado e interdisciplinar.
- Os professores participam ativamente do processo, mas não como transmissores do saber e sim um estimulador da descoberta do conhecimento. (MASSON, 2008)

Eles auxiliam na solução dos problemas sempre que necessário, evitando, assim

frustrações acerta do projeto.

Muito provavelmente tal método exige dedicação bem maior, tanto do professor quanto do aluno. Porém, satisfaz a ideia de que a aprendizagem é algo que só acontece quando o aluno é ativo e está interessado no que faz. Tal afirmação significa dizer que o aluno só aprende quando realiza e não com demonstrações, ou quando alguém faz por ele.

## CONCLUSÃO

O Projeto e modernização da bancada didática para simulação de tração da locomotiva de corrente alternada permitiu que o aluno seja protagonista da própria formação, trabalhando de forma cooperativa, aplicada e multidisciplinar. A manipulação na bancada fez com que os alunos encontrassem a solução de problemas práticos, próximos a problemas reais.

Os benefícios são muitos:

- Para a unidade de ensino trata-se de uma bancada de baixo custo, onde houve o encantamento do aluno e, conseqüentemente, redução de evasão e atração de novos alunos.
- Para o aluno observou-se o encantamento de botar a mão na massa, através da simulação dos circuitos, executando operações, medições e correção de falhas.
- Para o instrutor obteve-se a facilidade de aplicar a teoria na prática, visto que esse circuito representa tração da locomotiva, ou seja, locomotiva em movimento, não sendo possível a demonstração na locomotiva;
- A Utilização da bancada reduziu número de visitas técnicas às dependências da empresa ferroviária;
- Tornou-se possível simular ocorrências, falhas, para avaliar o nível da aprendizagem.
- Facilitou-se a criação de situações problema, bem como estudos de casos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORBA, José L. (2010) Locomotivas. Apostila do Curso de especialização em engenharia ferroviária da Unidade de Ensino Superior Dom Bosco. São Luís, MA.

FERREIRA, José Manuel Martins. *Introdução ao projecto com sistemas digitais e microcontroladores*. Porto: FEUP, 1998. 371 p

MANUAL de Treinamento em Sistemas Elétricos de Locomotivasl GE Transportation Systems – South america (2002)

MANUAL de Treinamento de locomotivas GE AC44 (2011)

MASSON, T. J., MIRANDA, L. F., MUNHOS JR, A. H., Castanheira, A. M. P.,

*Metodologia de ensino: Aprendizagem baseada em Projetos (PBL)*. Anais Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012.